

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
им. А.А. Трофимука
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи

ФИЛИППОВ ЮРИЙ ФЕДОРОВИЧ

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

25.00.12 - Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Новосибирск, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ: АНАЛИЗ ИСТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ДОМЕЗОЗОЙСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ЮГО-ВОСТОЧНЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	21
ГЛАВА 2 ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ...	48
2.1 Фактический материал, положенный в основу работы.....	48
2.1.1 Материалы бурения.....	48
2.1.2 Сейсмические материалы.....	51
2.1.3 Гравиметрические и магнитометрические данные.....	53
2.2 Методика исследований.....	55
2.2.1 Методика обработки геологических материалов из разрезов скважин и обнажений.....	56
2.2.2 Сейсмостратиграфический анализ. Методика структурных построе- ний.....	58
2.2.3 Методика интерпретации и анализ гравиметрических и магнитомет- рических данных.....	62
ГЛАВА 3 СТРАТИГРАФИЯ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ НЕОПРОТЕРО- ЗОЙСКИХ И ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ.....	67
3.1. Верхний неопротерозой.....	67
3.2. Кембрий.....	86
3.3. Ордовик-пермь.....	119
ГЛАВА 4 СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРОЕНИЯ ПРЕДЪЕНИ- СЕЙСКОГО ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА.....	134
4.1. Отражающие горизонты и их стратиграфическая привязка.....	134
4.2. Геологическая интерпретация сейсмических разрезов.....	136
4.2.1. Сейсмофациальные комплексы.....	136
4.2.2. Выделение и картирование интрузивных тел.....	157
4.2.3. Картирование разломов.....	163
4.3. Структурные построения.....	168

4.4. Геологическая карта доюрских комплексов.....	180
ГЛАВА 5 СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ.....	186
5.1. Строение фундамента.....	188
5.2. Структурно-тектоническое районирование верхнепротерозойско - палеозойского структурного яруса.....	198
5.3. Дизъюнктивная тектоника.....	206
5.4. Геодинамическая модель формирования современной структуры.....	211
ГЛАВА 6 КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ.....	232
6.1. Палеогеографические реконструкции.....	234
6.2. Потенциальные резервуары.....	247
6.3. Районирование резервуаров по степени перспективности.....	257
6.4. Тектонический режим. Возможные типы ловушек.....	259
6.5. Геохимические критерии прогноза нефтегазоносности, гидрогеологические и геотермические условия.....	269
6.6. Оценка перспектив нефтегазоносности.....	282
6.7. Рекомендации к направлениям дальнейших геологоразведочных работ.	294
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	303
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	308
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	309

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследований являются верхнепротерозойско-палеозойские комплексы на юго-востоке Западно-Сибирской плиты (ЗСП), формирующие Предъенисейский 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 Предъенисейского 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 Предъенисейский осадочный бассейн.

Проведенные в регионе в последние годы масштабные региональные 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 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. Запивалов, 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. Гурари, 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 профилями ОГТ в его западной части (северо-восток Томской области). С середины 80-х до начала 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 в восточной части 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 обнажений 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 струк-

турных 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 лично 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. Коровниковым разработана региональная стратиграфическая схема кембрийских отложений для юго-восточных районов Западной Сибири. 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 каче-

стве 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 нефть-допроизводящие 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 Предьенисейского 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 диа-

пазон 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 выполнявшийся 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 глубоких параметрических скважин (Тыйская-1, Вездеходная-4, Лемок-1, Аверинская-150, Восток-1, 3 и 4, Лекосская-27). Кроме этого, использовались фондовые и опубликованные материалы по 23 опорным, параметрическим и поисковым скважинам, пробуренным на этой территории в 50-70-е годы прошлого столетия.

В процессе работы был проведен сейсмостратиграфический анализ 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 кернового материала и флюидов глубоких скважин проводились в лабораториях ИНГГ СО РАН, Аналитического центра ИГМ СО РАН, СНИИГГиМС, Центральной лаборатории ОАО «Красноярскгеология», ТГУ и включали палеонтологические, литологические, петрологические, геохимические, изотопные, палеомагнитные исследования. Петрографические и седиментологические исследования проводились, главным образом, сотрудником ИНГГ СО РАН С.В. Сараевым (на разных этапах участвовали И.В. Вараксина и И.В. Тумашов). Палеонтологические определения вендской и кембрийской биоты выполнялись большим коллективом специалистов ИНГГ СО РАН (А.И. Варламов, Д.В. Гражданкин, Г.С. Карлова, И.В. Коровников, Б.Б. Кочнев, В.А. Лучинина, Н.В. Новожилова, А.А. Терлеев, А.В. Тимохин, Д.А. Токарев и др.), СНИИГГиМС (Т.В. Пегель, Ю.Я. Шабанов) и ТГУ (С.Н. Макаренко, Г.М. Татьяна). Анализ палеозойской биоты проводился в лаборатории стратиграфии палеозоя ИНГГ СО РАН (Е.А. Елкин, Н.К. Бахарев, Н.Г. Изох, А.Г. Клец, Н.В. Сенников, А.В. Тимохин, И.Г. Тимохина).

При комплексном анализе критериев нефтегазоносности использовались результаты геохимических анализов ОБ и нафтидов, полученные Е.А. Костыревой, гидрогеологических исследований С.Л. Шварцева и Д.А. Новикова, пиролиза В.Н. Меленевского, анализа степени катагенеза ОБ

А.Н. Фомина, проведенных в ИНГГ СО РАН под общим руководством академика А.Э. Конторовича.

Общие вопросы геологии и основные методические подходы к комплексному изучению осадочных бассейнов, которые использовались автором, рассмотрены в многочисленных работах отечественных и зарубежных специалистов [Литодинамика..., 1998; Геоисторический..., 1999; Осадочные..., 2004; Allen P.A., Allen J.R., 2013 и др.].

С учетом целевой направленности исследований (оценка нефтегазоносного 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 сменявшихся 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 нефтегазоносности бассейна использовались разработанные российскими специалистами системные подходы изучения генезиса и геодинамической истории осадочных бассейнов, критерии и методы оценки 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 (Weicir-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 Предъенисейский 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 ча-

сти на контрастных поднятиях – вендские. В наиболее погруженных зонах возможно наличие ордовикских и силурийских отложений.

3. С геодинамических позиций верхненеопротерозойско-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 плат-

форме.

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 нефтегазоносности Предъенисейского 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. Для окончательных выводов о нефтегазоносном потенциале требуется постановка дополнительных сейсморазведочных работ и параметрического бурения.

Достоверность научных результатов обеспечивается:

- использованием большого 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 Areas» 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, проходивших в:

- Томске («Перспективы нефтегазоносности слабоизученных комплексов отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты» 1995 г., «Вопросы геологии и палеонтологии Сибири» 1997 г., «Актуальные вопросы геологии и географии Сибири» 1998 г., «Региональная конференция геологов Сибири, Дальнего Востока и северо-востока России» 2000 г., «Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевого комплекса и производительных сил Томской области» 2004 г.);

- Тарко-Сале («1-я Пуровская геологическая конференция» 1995 г.);

- Тюмени («Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна» 2000 г., Региональное совещание в Тюменской областной Думе «О задачах по воспроизводству и рациональному использованию сырьевой базы нефти Западной Сибири» в рамках Международной академической конференции «Со-

стояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири» 2007 г., «Фундамент, структуры обрамления Западно-Сибирского мезозойско-кайнозойского осадочного бассейна, их геодинамическая эволюция и проблемы нефтегазоносности» 2008, 2010 и 2012 гг., «Состояние и использование ресурсной базы углеводородного сырья Западной Сибири» 2016 г.);

- Перми («Критерии оценки нефтегазоносности ниже промышленно освоенных глубин и определение приоритетных направлений геологоразведочных работ» 2000 г.);

- Ханты-Мансийске («Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО» 2000 г.);

- Москве («Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса» 2000 г., «Малоизученные нефтегазоносные регионы и комплексы России (прогноз нефтегазоносности и перспективы освоения)» 2001 г., «Актуальные проблемы поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа» 2004 г.);

- Казани («Прогноз нефтегазоносности фундамента молодых и древних платформ» 2001 г.);

- Новосибирске («Фундаментальные проблемы геологии и тектоники северной Евразии» 2001 г., «Эволюция тектонических процессов в истории земли» 2004 г., «1-й Сибирский энергетический конгресс» 2005 г., «Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории» 2013 г., «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология» в рамках X, XI и XII Международных научных конгрессов «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» 2014, 2015, 2016 и 2017 гг., «Трофимуковские чтения – 2017»);

- Иркутске («Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)» 2003 и 2004 гг.);

- Санкт-Петербурге («Нефтегазогеологический прогноз и перспективы развития нефтегазового комплекса Востока России» 2013 г., «Проблемы воспроизводства запасов нефти и газа в современных условиях» 2014 г.);

- Екатеринбурге («Виртуальные и реальные литологические модели»

2014 г.);

а также на заседаниях Ученых советов ИГНГ СО РАН, СНИИГГиМС и др.

Разработанные при участии автора региональные стратиграфические схемы кембрийских и палеозойских отложений Предъенисейского осадочного бассейна были представлены и одобрены для принятия Межведомственным Стратиграфическим Комитетом 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.

Отдельные результаты исследований докладывались автором на НТС и рабочих семинарах в ряде профильных организаций (Министерство природных ресурсов РФ, Комитеты природных ресурсов по Томской области и Красноярскому краю, Уральскому ФО, ОАО «Пурнефтегазгеология», ОАО «ВНК», ОАО «НК ЮКОС», ОАО «Славнефть-Мегионнефтегазгеология», ЗАО «Красноярскгеофизика», ОАО «НК «Роснефть», КрасноярскНИПИнефть, ФГУП «СНИИГГиМС», ФГУП «ЗапСибНИИГГ», ФГУП «ВНИГНИ», НАЦ РН им. В.И. Шпильмана и др.). Полученные результаты были положены в основу разработанных в ИГНГ 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 РФ («ДАН», «Геология и геофизика», «Геология нефти и газа», «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений», «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири»), еще 2 работы в сборниках научных трудов, 2 препринта ОИГГиМ 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 автор участвовал в написании крупного раздела (Глава 6 «Предъенисейский осадочный бассейн»).

Материалы диссертации вошли в 42 научных отчета ИНГГ СО РАН (ранее ОИГГиМ 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 ИНГГ 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 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.

Основная часть исследований проводилась 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 является 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. Без его квалифицированной и профессиональной помощи многие результаты вряд ли стали бы возможными.

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. Вараксиной, 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. Калининой, А.Ю. Калинин, 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 Присаянью 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.

Глава 1

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ: АНАЛИЗ ИСТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ДОМЕЗОЗОЙСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ЮГО-ВОСТОЧНЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Юго-восточная территория Западной Сибири в геологическом отношении являются частью ЗСП с типичным развитием мезозойско-кайнозойского чехла, перекрывающего гетерогенный комплекс основания, сложенный в разной степени дислоцированными и метаморфизованными доюрскими комплексами пород. При изучении геологии и нефтегазоносности доюрских образований ключевым моментом является решение проблемы их генезиса и истории развития. Несмотря на многие десятилетия попыток решения этих вопросов, дискуссии по ним не прекращаются, и они по-прежнему остаются в ряду нерешенных проблем региональной геологии. В истории исследований домезозойских образований ЗСП можно выделить несколько этапов.

Начальный этап связан с преимущественно гипотетическими представлениями, основанными на анализе тектонических структур, геологических карт складчатого обрамления и его возможного продолжения под мезозойским осадочным чехлом. Первые работы, посвященные проблеме строения глубокопогруженных комплексов ЗСП, относятся к концу XIX века – началу 30-х годов XX века. В некоторых иностранных работах того времени приводятся мелкомасштабные тектонические карты Евразии, на которых фундамент ЗСП представлен сооружениями либо герцинской (De Lennay), либо герцинско-каледонской (Stille, Эдельштейн), либо архейской (Kober), складчатости.

Огромный импульс последующим исследованиям в Западной Сибири придали работы И.М. Губкина [1932], в которых он отмечал особую роль историко-геологических условий развития платформ в формировании и размещении залежей нефти и газа. Доюрские комплексы ЗСП уже в 30-е годы рассматривались в качестве потенциально нефтегазоносных (на основании признаков нефтеносности в Минусинской впадине и в Кузбассе об этом говорили Р.С. Ильин,

М.К. Коровин, Н.А. Кудрявцев, М.А. Чарыгин и ряд других известных ученых). При этом различия в трактовках исследователей были связаны, в основном, с признанием главенствующей роли тех или иных тектонических структур обрамления в составе фундамента плиты.

Так, в работах М.М. Тетяева [1939] на всей территории ЗСП в докембрийское время предполагалось существование платформы, южная часть которой подверглась складкообразованию в каледонское время, а складчатые движения в герцинское время происходили уже на всей территории плиты от Урала до правобережья Енисея.

А.Д. Архангельский и Н.С. Шатский на тектонической схеме СССР [Архангельский, Шатский, 1933] (Рисунок 1.1) почти всю территорию ЗСП относили к герцинидам, причем узкую полосу ее, прилегающую с запада к СП, - возможно, к байкальским или каледонским сооружениям. Позднее А.Д. Архангельский уже всю предъенисейскую часть фундамента ЗСП включил, с некоторыми оговорками, в герцинскую складчатую зону, с различной степенью переработки отложенных геосинклинальными процессами.

А.Н. Мазарович [1933] предлагал восточную границу герцинид Урала проводить несколько западнее меридиана г. Тюмени, а остальная часть территории ЗСП до водораздела рек Оби и Енисея им относилась к области каледонской складчатости. Позже, в работах 1938 и 1951 годов, западную границу СП, погруженную под мезозойско-кайнозойским чехлом, он проводил параллельно р. Енисей, примерно в 300 км к западу от нее.

В пользу идеи доминирующего развития герцинид в пределах ЗСП, вслед за А.Д. Архангельским и Н.С. Шатским, высказывался В.В. Белоусов [1948]. На схеме строения Урало-Иртышской геосинклинали (Рисунок 1.2) им также показана западная граница СП, которая протягивается в субмеридиональном направлении в 400км западнее р. Енисей и только севернее г. Туруханска граница проходит уже по линии реки.

На тектонических схемах М.К. Коровина, занимавшегося вопросами геологии и нефтеносности Западной Сибири с 30-х годов, районы левобережья Енисея

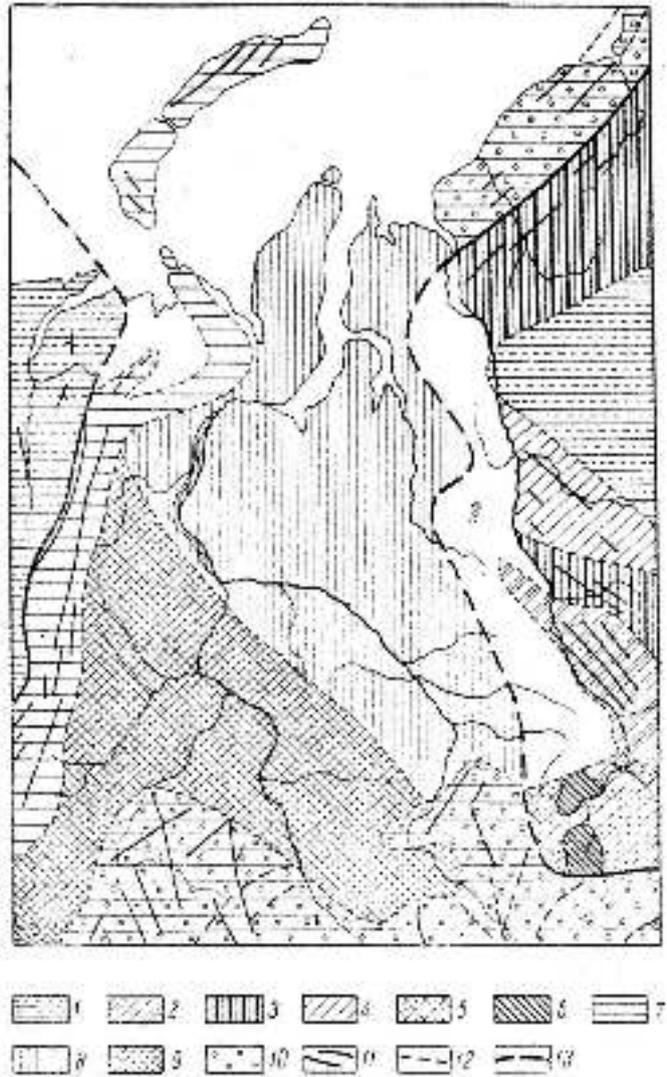


Рисунок 1.1 - Выкопировка из тектонической схемы СССР [Архангельский, Шатский, 1933].

Условные обозначения: докембрийские плиты: 1 - район с глубоким залеганием складчатого докембрийского фундамента (впадины); 2 - районы с выходом байкальских пород на поверхность; 3 - районы с неглубоким их залеганием; 4 - районы с глубоким залеганием байкальских пород; палеозойские плиты: 5 - районы с поверхностным залеганием каледонского фундамента; 6 - районы с глубоким залеганием каледонского фундамента; 7 - районы с поверхностным залеганием герцинского фундамента; 8 - районы с неглубоким залеганием его; 9 - районы с глубоким залеганием герцинского фундамента (впадины); 10 - каледонская складчатость, составляющая основание герцинских складок; 11 - простираения послекембрийских складчатых сооружений; 12 - простираения каледонской складчатости в Казахстане; 13 - граница интенсивной геосинклинальной складчатости различных тектонических периодов.

рассматривались как полигенетические образования (Рисунок 1.3). Южная часть (до широты р. Тым) в его трактовке представляла собой продолжение структур Кузбасса и Томь-Колыванской складчатой зоны, а севернее р. Тым находилась

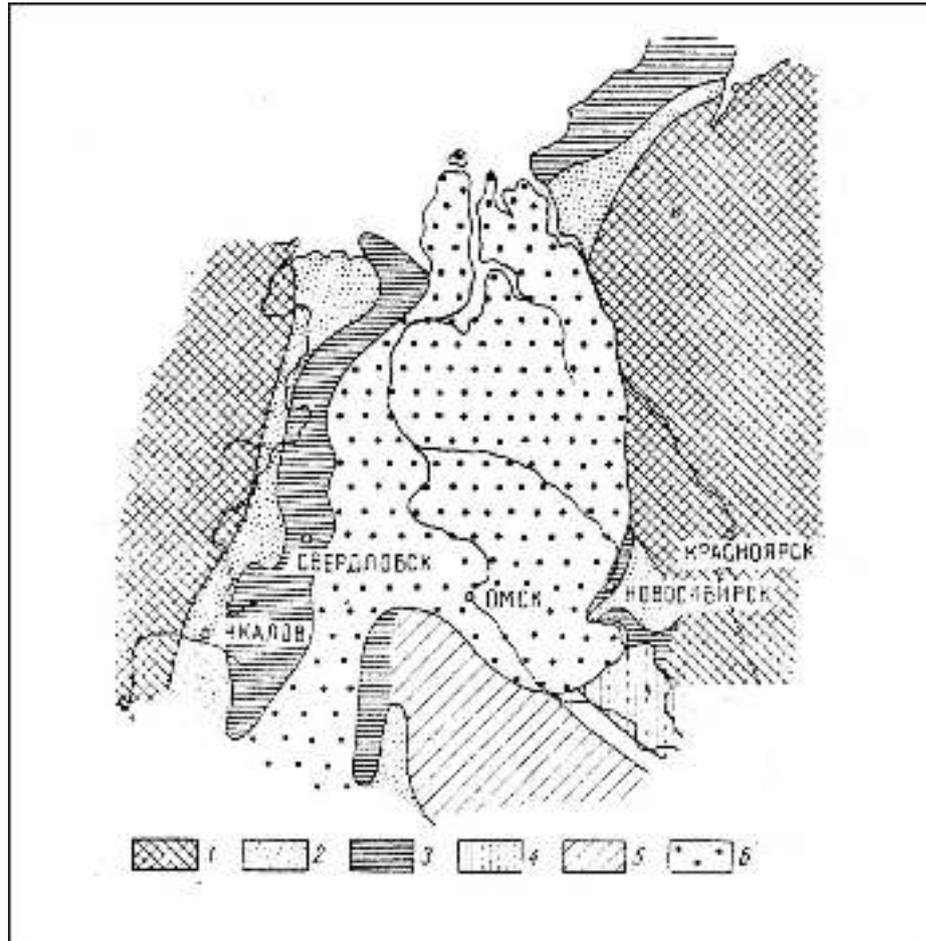


Рисунок 1.2 - Схема строения Урало-Иртышской геосинклинали в конце герцинского цикла [Белоусов, 1948].

Условные обозначения: 1 - платформы; 2 - передовые прогибы и межгорные прогибы; 3 - краевые поднятия; 4 - центральные поднятия; 5 - парагеосинклинали; 6 - внутренние впадины.

область «погребенного докембрия фундамента», как продолжение Енисейского кряжа [Коровин, 1945, 1954].

Иной подход к интерпретации геолого-геофизических материалов и строению фундамента ЗСП использовался Д.В. Наливкиным [1933] и В.Д. Фомичевым [1948]. Д.В. Наливкин считал, что есть «косвенные указания», которые позволяют продолжить далеко на запад структуры СП. На схематической карте геологических районов СССР под его редакцией эта граница простирается до меридиана г. Тюмени, но с севера (до широты гг. Салехарда и Игарки) и с юга (с широты гг. Новосибирска и Красноярска) Западно-Сибирский массив окружен палеозойскими геосинклиналями (Рисунок 1.4).

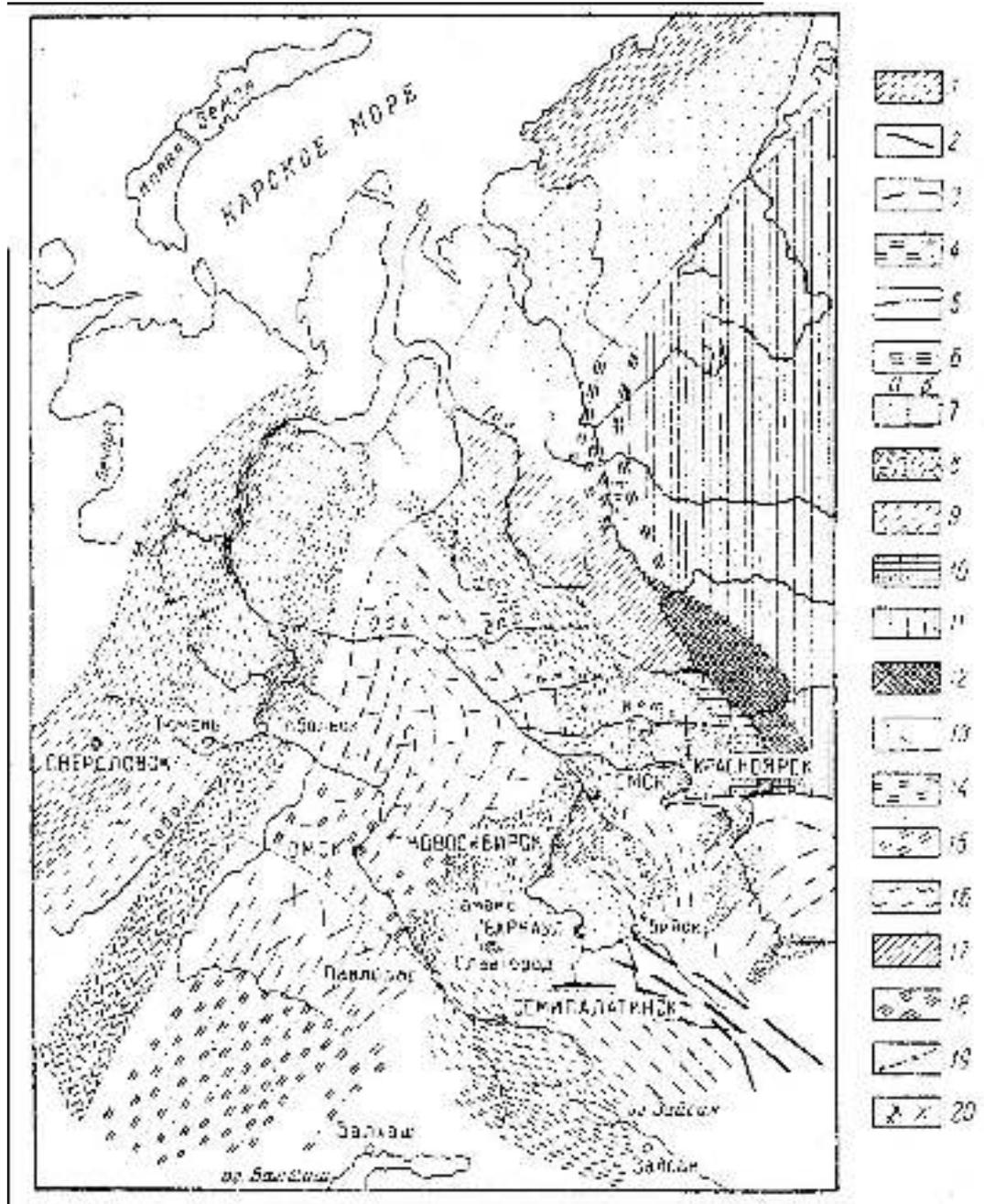


Рисунок 1.3 - Тектоническая схема Западно-Сибирской равнины [Коровин, 1954].

Условные обозначения: 1 - горные сооружения Урала, Таймыра и др. поздне-варисские складчатые дуги; 2 - ранне-варисские складчатые дуги; 3 - каледонские складчатые дуги; 4 - салаирско-каледонские складчатые дуги; 5 - салаирские складчатые дуги; 6 - раннесалаирские складчатые дуги; 7 - межгорные впадины: а) мезо-кайнозойские, б) палеозойские; 8 - краевые первичные впадины; 9 - Восточно-Уральская вторичная краевая впадина; 10 - структура северного продолжения Кузбасса в Анжеро-Судженском районе; 11 - Среднесибирская платформа; 12 - выступ докембрийского фундамента платформы (Енисейский кряж). Структуры древнего фундамента низменности: 13 - салаирские погребенные структуры; 14 - салаирско-каледонские погребенные структуры; 15 - каледонские и варисские погребенные структуры; 16 - области вероятных межгорных впадин фундамента; 17 - погребенный докембрий фундамента; 18 - раннесалаирские складчатые дуги; 19 - волнообразные структуры древнего фундамента Чулымо-Енисейской впадины; 20 - перекрещивающиеся структуры палеозоя Сев. Казахстана.

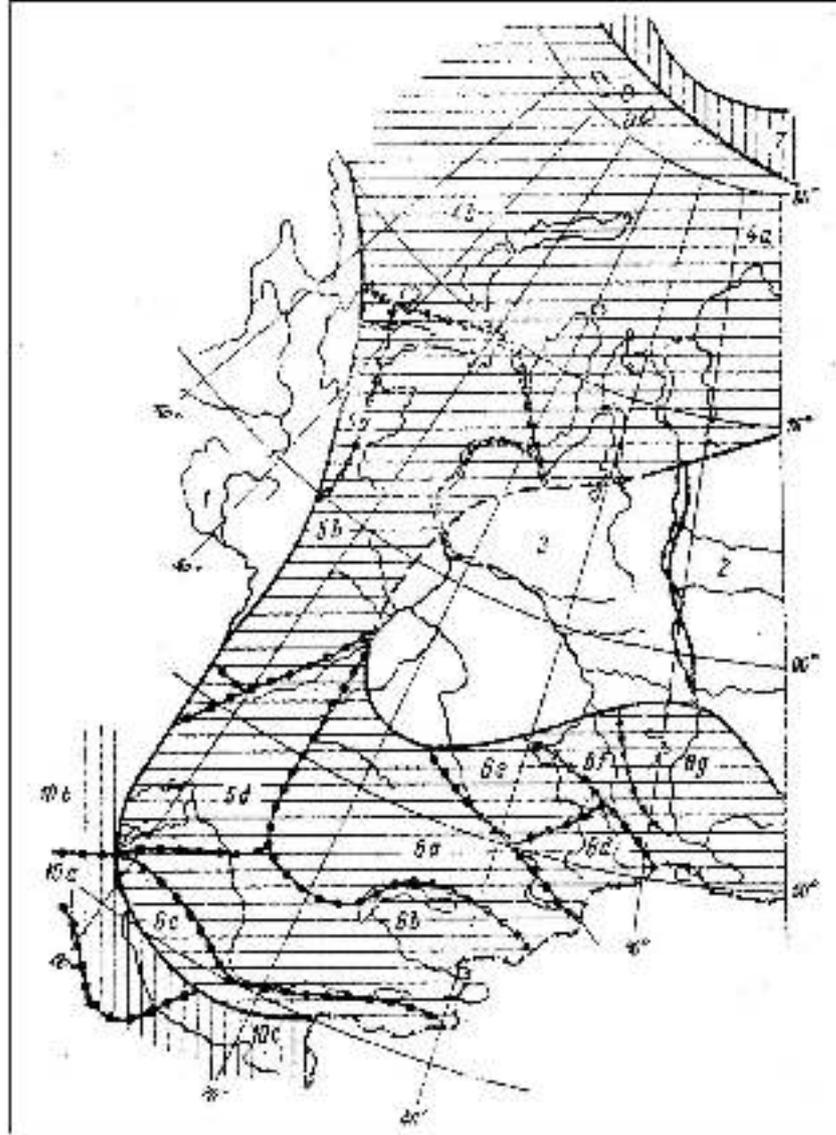


Рисунок 1.4 - Выкопировка из схематической карты геологических районов СССР [Наливкин, 1933].

Условные обозначения: 1 - Среднерусская платформа; 2 - Сибирский массив; 3 - Западно-Сибирский массив; 4-а - Таймыр и Северная Земля; 4-б - Новая Земля; 5-а - Тиман; 5-б - Урал; 5-с - Мугоджары; 5-д - Арало-Тургайская депрессия; 6-а - Казахская степь и Тарбагатай; 6-б - северные дуги Средней Азии; 6-с - центральные дуги Средней Азии; 6-д - Алтай; 6-е - Кулундинская степь; 6-ф - Кузнецкий бассейн; 6-г - Минусинская котловина; 7 - восточная часть Северной геосинклинали; 10-а - Каракумы; 10-б - Мангышлак; 10-с - южные дуги Средней Азии; черные линии-границы регионов; черные линии с точками - границы районов. Штриховкой показаны геосинклинали: архео-протерозойские (белое), палеозойские (горизонтальные линии), мезо-кайнозойские (вертикальные линии).

В.Д. Фомичев, как и Д.В. Наливкин, на своей схеме продолжал границы фундамента СП далеко на запад, но не обрывал ее на юге, а в виде узких полос продолжал в Казахстан и Кузбасс (Рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 - Общая схема тектоники Западной Сибири и Восточного Казахстана [Фомичев, 1948].

Условные обозначения: 1 - области выходов докембрия в пределах каледонских платформ; 2 - каледонские платформы; 3 - каледонские складчатые зоны; 4 - герцинские складчатые зоны; 5 - мезозойские складчатые зоны; 6 - альпийские складчатые зоны; 7 - общее направление движения масс и опрокидывание складок; 8 - направления простираения складок.

Основным доводом существования докембрийского массива в Западной Сибири он считал «виргации каледонских и варисских складчатых дуг».

Что касается оценки перспектив поисков углеводородного сырья в этих

районах, то осторожную оценку возможности распространения древних структур, аналогичных на СП, в Минусинской впадине или Кузнецком бассейне, и их нефтегазоносности в восточных районах ЗСП высказывал Н.С. Шатский [1932]. Он выделял эти районы в качестве потенциально нефтеносных, в отличие от бесперспективных западных и центральных территорий.

В послевоенные годы (1945-1947) по рекомендации Н.А. Кудрявцева, М.К. Коровина и других геологов [Нефть и газ..., 1971] для получения нового фактического материала в целях исследования перспектив их нефтегазоносности впервые были разработаны соответствующие государственные планы. Они предусматривавшие проведение опорного бурения и комплекса геофизических работ на Западно-Сибирской равнине, в Минусинской котловине и Кузнецком бассейне. С этих решений начинается новый этап в изучении территории Западно-Сибирской равнины: были проведены аэромагнитные (1949-1960гг.) и гравиметрические (мелкомасштабная в конце 50-х-начале 60-х, среднемасштабная - с середины 70-х) съемки, опорное бурение (с 1952 г.) глубоких скважин, которые стали основным источником информации при создании новых моделей геологического строения и разработке тектонических схем фундамента.

Первые подобные схемы были построены Н.С. Шатским и Н.Н. Ростовцевым в 50-х годах прошлого столетия [Ростовцев, 1956; Шатский, Богданов, 1957], а наиболее известная - в 1961 г. В Предъенисейской части на этих схемах показана область каледонид, как продолжение Алтае-Саянских структур, примерно до широты 62°с.ш. Анализ магнитных аномалий севернее этой широты позволил авторам предположить здесь существование Обско-Тазовского кристаллического массива, простирающегося до р. Васюган на юге и до р. Енисей на востоке. Это, в свою очередь, дало основание предполагать продолжение докембрийского фундамента СП, опущенного вдоль большого глубинного разлома, проходящего вдоль Енисея, в сторону ЗСП.

В других своих работах Н.Н. Ростовцев [Геологическое..., 1958, 1965] подтверждал эти выводы, предполагая, что вокруг всех выделенных площадей, сложенных докембрийскими отложениями, определенными поясами последователь-

но развивались каледонские и герцинские геосинклинали. По его мнению, к началу формирования последних каледонские геосинклинали с площадями докембрийской складчатости «играли роль неустойчивых платформенных участков». Надо отметить, что в этих работах Н.Н. Ростовцев не разделял взглядов М.К. Коровина на существование в Чулымо-Енисейском районе единой впадины среднепалеозойского возраста, а предполагал наличие здесь ряда более мелких впадин «минусинского» типа (Тюхтетская, Чулымская, Тымская, Касская), окаймленных байкалидами и салаиридами.

В этот период по результатам интерпретации аэромагнитных и гравиметрических исследований в пределах ЗСП специалистами выполнялись и другие тектонические построения. Это схемы И.В. Дербикова, Л.Я. Проводникова, А.М. Загородного и М.И. Залипухина, В.Н. Соколова, В.Д. Накарякова.

Так, И.В. Дербиковым в 1956 году на основе геофизических материалов, главным образом аэромагнитных карт П.А. Кукина и З.А. Макаровой, была построена тектоническая схема фундамента, на которой намечены поперечные и продольные краевые прогибы, и межгорные впадины. В более поздних работах эта схема существенно изменялась. Автор отмечал, что докембрийская СП к западу от р. Енисей не распространяется, и считал возможным развитие лишь небольших участков древних образований в ядрах антиклинорий более молодой (чем докембрийская) складчатости. Вдоль западного края СП он предполагал простирающиеся салаирские складчатые сооружения на север, примерно параллельно границе СП, до широты 62° . Севернее им выделялась позднегерцинская Вахская зона поперечных дислокаций.

В основу тектонических построений Л.Я. Проводникова [1956] было положено различие в характере и напряженности геофизических полей с учетом глубин залегания до возмущающих образований, а также ориентированность осей положительных магнитных аномалий.

Следует выделить также работу А.М. Загородного и М.И. Залипухина [1960], в которой на основе анализа характера магнитного поля Предъенисейской зоны, были сделаны выводы об ограниченном влиянии байкальской складчатости

в средней части зоны и, следовательно, невозможности существования единой байкальской системы вдоль всего западного края СП. Западнее Предъенисейской зоны авторами выделялась Раттско-Касская складчатая область архейского возраста, которая соединяется с фундаментом Усть-Енисейской впадины, образуя единую с ней зону.

На схеме фундамента, составленной В.Н. Соколовым [1960], восточные районы плиты рассматривались как опущенные по разломам краевые участки СП, т.е. как районы докембрийской складчатости с палеозойским чехлом.

Точку зрения В.Н. Соколова поддерживали Л.Д. Мирошников [1961] и В.Д. Накаряков [1961]. Они также не разделяли мнение большинства исследователей о существовании палеозойских складчатых структур в районах, прилегающих к западным окраинам СП и выделяли на востоке ЗСП зону верхнепротерозойской складчатости, причем формирование венд-палеозойских толщ протекало, по их мнению, в переходных условиях - от геосинклинальных к платформенным. К западу от Енисея В.Д. Накаряков выделял крупный Приенисейский прогиб, где докембрийский фундамент в результате «позднепалеозойских складчатоглыбовых движений» погружен на глубину до 10 км. По мнению Л.Д. Мирошникова, в каледонское и герцинское время СП простиралась далеко на север и запад, возраст образования антиклинальных структур правобережья Енисея новокиммерийский, и деформации не геосинклинального, а платформенного типа.

После проведенного в 1964 г. в г. Тюмени крупного совещания, посвященного вопросам тектоники ЗСП и методике интерпретации материалов гравиметрических и аэромагнитных съемок, была разработана новая схема под редакцией Н.Н. Ростовцева (Рисунок 1.6).

В восточной части на этой схеме показана Енисейско-Восточно-Саянская зона «раннебайкальской складчатости», окаймляющая с запада архейские сооружения СП и обнажающаяся в пределах Енисейского кряжа и Туруханского поднятия. Эти выводы, как и предыдущие, базировались на характере магнитных аномалий и материалах колонкового (реже - опорного) бурения вдоль русла и левых притоков Енисея. На юго-востоке ЗСП авторами выделялись области поздне-

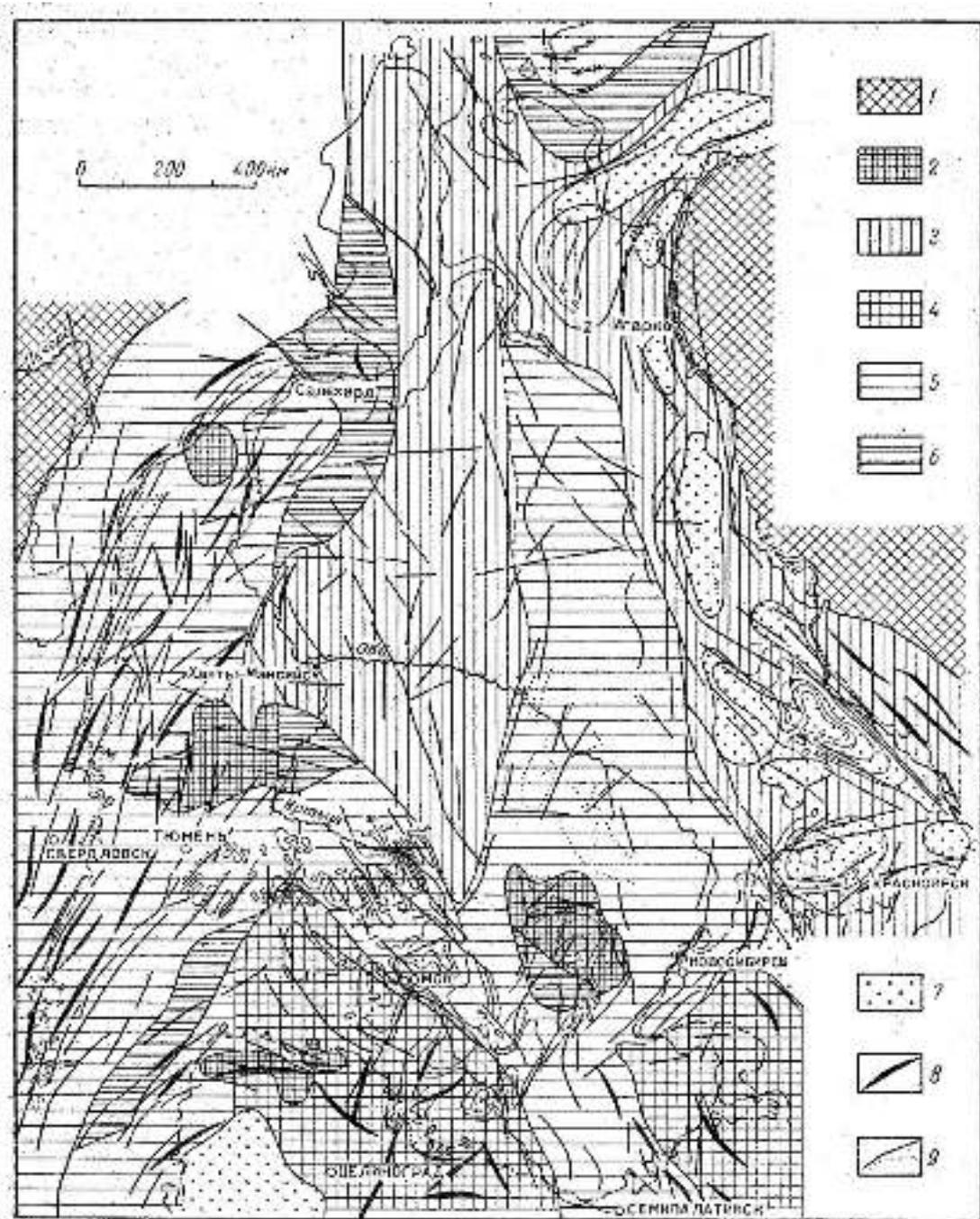


Рисунок 1.6 - Тектоническая схема фундамента ЗСП (Ред. Н.Н. Ростовцев [Геологическое..., 1965]).

Условные обозначения: 1 - Русская и Сибирская платформы; 2 - докембрийские жесткие массивы; 3 - байкальская и салаирская складчатости; 4 - каледонская складчатость; 5 - герцинская складчатость; 6 - зоны переработки герцинскими движениями; 7 - палеозойские наложенные впадины; 8 - антиклинории; 9 - разломы.

байкальского и салаирского циклов консолидации (погруженных Алтае-Саянских и Алтае-Салаирских складчатых зон). В этой же работе в составе фундамента ЗСП

они вычленяли второй структурный этаж, который образовался в постгеосинклинальные стадии развития различных районов и в настоящее время характеризуется относительно слабой дислоцированностью и метаморфизмом. Помимо прочего, эти объекты в составе фундамента рассматривались в качестве основных в нефтегазоносном отношении.

В Предъенисейской части к таким типам структур отнесены Усть-Енисейская, Касская, Кемская, Казачинская, Тегульдетская и другие впадины. Отмечалось, что палеозойские платформенные или полуплатформенные покровы получили развитие на ранних байкалидах Енисейско-Восточно-Саянской зоны. К ним относились отложения, вскрытые колонковыми скважинами по рекам Кас и Сым, а также в Елогуйской и Касской опорных скважинах.

В работах А.Л. Яншина тех лет [Яншин, 1962, 1965 и др.], результатом которых стало создание тектонической карты Евразии масштаба 1:5000000 под его редакцией [Тектоника..., 1966], аргументируется продолжение древних платформенных структур СП к западу от Енисея под чехлом ЗСП примерно до меридиана р. Таз, что нашло свое отражение на вышеупомянутой карте.

К.В. Боголепов в работах по тектонике области сопряжения СП и ЗСП [Боголепов, Шевцов 1962; Боголепов 1963 и др.] также высказывался в пользу продолжения палеозойских платформенных структур СП далеко на запад под мезозойским чехлом ЗСП. К западу от байкалид Енисейского кряжа им выделялась глубинная шовная зона, которая, в основном, и определяла развитие Чулымской синеклизы, расположенной в восточных районах ЗСП.

Следует иметь в виду, что в этих работах в структуры фундамента СП, наряду с дорифейскими комплексами, включались и складчатые рифейские (примерно до границы венда и кембрия) образования (байкалиды), перекрытые палеозойским чехлом, что тогда формально соответствовало «классическому» определению древней платформы (с докембрийским основанием) А.Д. Архангельского и Н.С. Шатского.

В 1964 году была опубликована работа Э.Э. Фотиади и Ф.С. Моисеенко [1964], в которой на основе комплексного анализа геолого-геофизических данных

составлена схема тектоники Сибири и Дальнего Востока. На этой схеме основание в восточной части ЗСП отнесено к позднеархейским (юг) и докембрийским (север) «протогеосинклинальным» структурам, на которых развивались позднепротерозойско-палеозойские платформенные осадочные комплексы, аналогичные таковым на СП.

В том же году В.С. Сурковым с коллегами [1964] была составлена схема, базирующаяся на иных методологических подходах. По мнению авторов, анализируя гравитационное поле в тесной связи с геологическими материалами, можно выяснить генетические особенности, как отдельных структурных элементов, так и в целом фундамента плиты, и даже произвести некоторые палеотектонические реконструкции. Кроме того, в этом случае представлялось возможным предсказать и вещественный состав пород. Анализ тектоники прилегающих к ЗСП геосинклинальных областей и выявленные соотношения параметров складчатых структур и гравимагнитных полей позволил специалистам СНИИГГиМС выделить в фундаменте плиты области с различными типами тектонического развития и провести соответствующее районирование складчатого фундамента.

Несколько особняком в общем ряду стоят работы В.П. Маркевича, в которых возраст фундамента подавляющей части ЗСП рассматривался как древний - дорифейский или докембрийский [Маркевич, 1966 и др.], что большинством исследователей не поддерживалось. Позднее, в продолжение этих мыслей, была высказана идея [Апლოнов, 1989 и др.], что древние кристаллические массивы могут соответствовать отдельным блокам, ранее являвшимся частями крупных материков, отторгнутых в результате рифтогенеза и продолживших затем свое развитие в качестве микроконтинентов, испытавших значительные латеральные перемещения в составе преимущественно океанических плит.

Несмотря на то, что еще на первых этапах изучения этого региона некоторыми исследователями (И.М. Губкин, М.К. Коровин, Н.А. Кудрявцев и др.) предполагались определенные перспективы нефтегазоносности осадочных образований фундамента ЗСП (а некоторые [Шатский, 1932] относили к перспективным на нефть только палеозойские отложения), в дальнейшем интерес к доюрскому

комплексу снизился. В связи с открытием промышленной нефтегазоносности, основное внимание было обращено на мезозойско-кайнозойский нефтегазоносный этаж, как основной по ресурсам углеводородов, а проблемы дальнейшего изучения палеозойского этажа остались второстепенными. Тем не менее, в конце 50-х - 60-х годах попытки организации исследований доюрских образований в Западной Сибири предпринимались не раз.

Н.Н. Ростовцев [Геологическое..., 1958], который скептически оценивал возможности нефтегазоносного потенциала палеозойских толщ, ограничивал их перспективы только слабо дислоцированными и относительно неглубокими впадинами и прогибами умеренно метаморфизованных осадочных толщ с высокой концентрацией ОВ, способных генерировать нефть.

На возможно палеозойский возраст нефти, полученной в 1954 году из базальных горизонтов юры на колпашевской площади, указывали В.А. Успенский, исследовавший состав нефти в 1956 году, и Ф.Г. Гурари [Гурари, 1959]. Результаты последующих открытий нефтяных проявлений и изучения их состава из тюменской свиты показали (материалы А.Э. Конторовича, Г.Н. Перозио, В.И. Юшина и др.), что своеобразный состав и измененность нефтей в базальных горизонтах чехла можно объяснить и без привлечения гипотезы ее палеозойского генезиса [Конторович и др., 1964].

В опубликованной в 1961 г. программной статье большого коллектива (Ф.Г. Гурари, В.П. Казаринов, М.В. Касьянов, Ю.К. Миронов, И.И. Нестеров, Н.Н. Ростовцев, Л.И. Ровнин, М.Я. Рудкевич, А.А. Трофимук, Ю.Г. Эрвье) [Гурари и др., 1961] подчеркивалось, что осадочные породы фундамента следует рассматривать в качестве дополнительного резерва прироста запасов нефти и газа. В качестве «вероятно перспективных» авторы оценивали породы «верхнего» этажа фундамента. После обнаружения нефти в палеозое на медведевской площади в Западной Сибири, специалистами была обоснована необходимость изучения и оценки верхних горизонтов палеозоя (в частности, выступов фундамента, сложенных трещиноватыми и кавернозными известняками) [Геология и нефтегазоносность..., 1963].

В 1964 году А.А. Трофимуком была сформулирована задача по изучению палеозойского комплекса отложений, как нового и слабо изученного перспективного нефтегазоносного этажа [Трофимук, 1964]. Позднее, в начале 70-х, Министерством геологии СССР был создан специальный научный Совет по изучению этой проблемы (председатель - А.А. Трофимук), а научно-исследовательские работы с этого времени были сконцентрированы, главным образом, в СНИИГГиМС и ИГиГ СО АН СССР.

Тогда же начались более детальные геологические исследования доюрского комплекса на юго-востоке ЗСП, в частности, на территории Новосибирской, Томской областей, левобережья Енисея (Красноярский край). С 1972 по 1976 гг. только в предъенисейской зоне ЗСП на 10 площадях были пробурены скважины, вскрывшие палеозойские отложения. Кроме того, были развернуты маршрутные сейсмические исследования КМПВ, площадные сейморазведочные работы МОВ, площадные исследования ЗПВ. Немного позднее проведены сейморазведочные работы ОГТ, выполнено бурение ряда скважин, вскрывших на различную (обычно небольшую) глубину докембрийские образования, получены новые данные о глубинном строении земной коры методом ГСЗ [Крылов и др., 1966; Крылов 1970, 1971; Пузырев, Крылов, 1971; Фотиади и др., 1965; Фотиади, 1967; Геологическое..., 1971; Строение..., 1974 и др.]. В это же время были получены новые притоки нефти из палеозойских отложений, преимущественно из зоны контакта с мезозойским чехлом. Были изучены условия залегания углеводородных залежей, литологический состав и петрофизические характеристики продуктивных горизонтов палеозоя, геохимические характеристики и генезис нефти [Запивалов, 1974, 1979; Запивалов и др., 1975; Геология нефти..., 1975; Трофимук, Вышемирский, 1975; Иванов и др., 1975; Жеро и др., 1977; Вышемирский, Запивалов, 1981 и др.]. Большой научный вклад в эти исследовательские работы внесли А.А. Трофимук, В.С. Вышемирский, А.Э. Конторович, В.С. Сурков, В.С. Бочкарев, О.Г. Жеро, Н.П. Запивалов, И.А. Иванов, Л.В. Смирнов, З.Я. Сердюк, О.Ф. Стасова, С.А. Степанов, и многие другие. Полученная информация позволила существенно уточнить существующие концепции о геологиче-

ском строении фундамента плиты и оценке его нефтегазоносного потенциала.

На базе новых материалов в конце 60-х и начале 70-х появились первые обобщающие работы по глубинному строению ЗСП и тектоническому районированию фундамента. Основные из них принадлежат коллективу СНИИГГиМС под руководством В.С. Суркова [Сурков, 1968; Схематическая..., 1971; Смирнов, 1977; Сурков, Жеро, 1981 и др.]. В результате этих работ были составлены геологические, геофизические и тектонические карты, базирующиеся на новом фактическом материале. На тектонических схемах докембрийские комплексы на территории предъенисейской части ЗСП отнесены к байкалидам Енисейской складчатой системы, окаймляющей западный борт СП (Рисунок 1.7).

В работе А.А. Булынниковой [Геологическое..., 1968], в которой были проанализированы материалы бурения и геофизических работ на восточной окраине ЗСП, подтверждался вывод о том, что докембрийские складчатые структуры СП продолжают далеко на запад от р. Енисей под покровом мезозойских отложений. Западная граница СП проводилась примерно по р. Б.Хета, верхнему течению р. Турухан, далее по истокам р. Кас и вдоль р. Кеть на юг. При этом с запада складчатые структуры СП ограничены зоной глубинного разлома, по которой они сопряжены с более молодыми геосинклинальными образованиями, слагающими фундамент ЗСП. Эти выводы полностью согласовывались с представлениями Ю.А. Косыгина и И.В. Лучицкого [Косыгин, Лучицкий, 1960; Лучицкий, 1963], считавших байкалиды Енисейского кряжа частью СП, ограничивая последнюю на юго-западе салаиридами Восточного Саяна. При этом перспективы нефтегазоносности палеозоя Чулымо-Енисейского района А.А. Булынниковой оценивались низко. Основанием для этого служило отсутствие каких-либо прямых или косвенных признаков нефтеносности, неблагоприятные условия осадконакопления, отсутствие нефтематеринских толщ.

В.С. Бочкарев с коллегами [Бочкарев, Погорелов, 1968; Бочкарев, 1975 и др.] отмечали такие особенности тектонического строения байкалид в восточной части ЗСП, как чередование блоков с горизонтальным залеганием палеозойских толщ и блоков, сложенных дислоцированными девонскими отложениями. Они

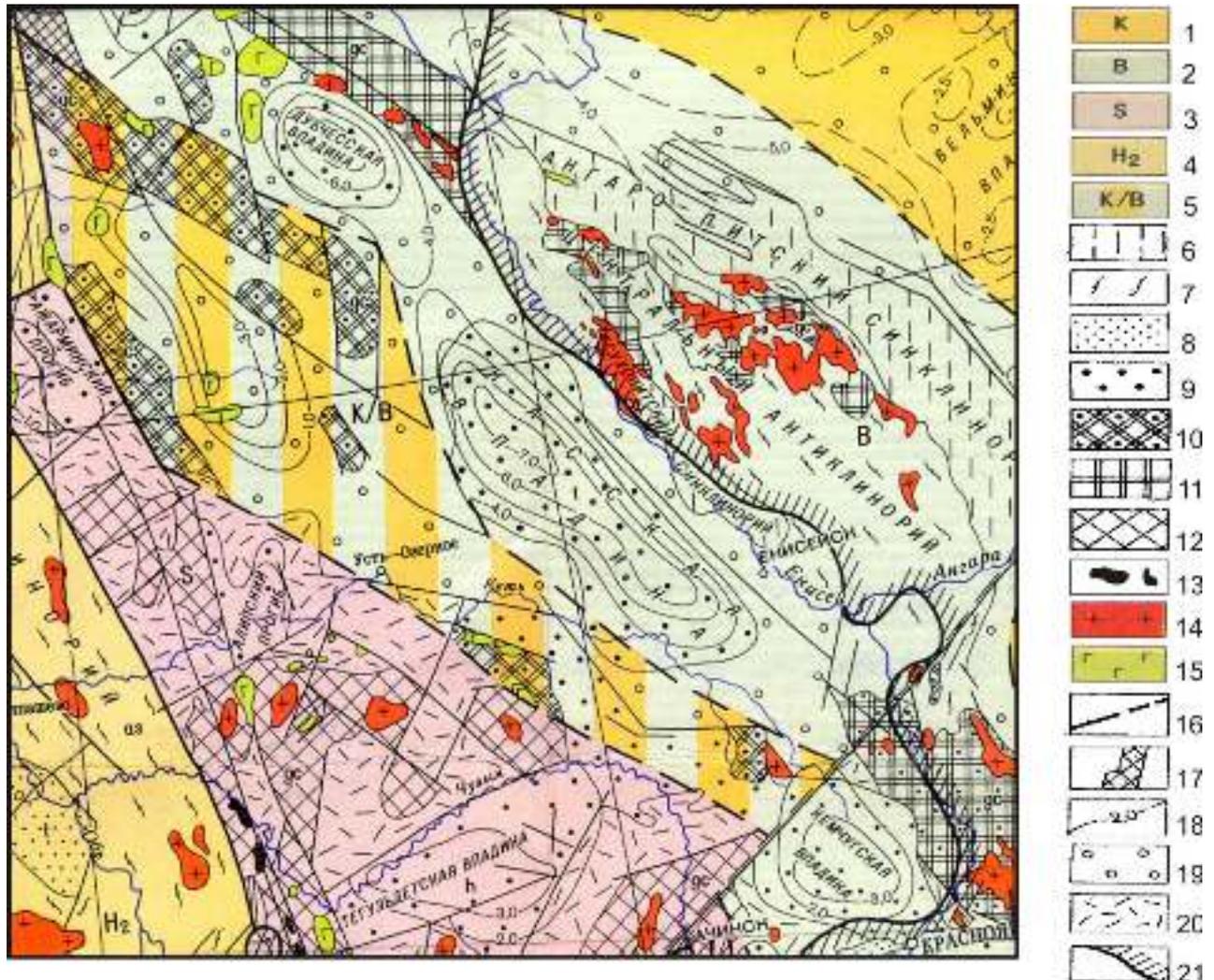


Рисунок 1.7 - Выкопировка из тектонической карты фундамента ЗСП [Сурков, Жеро, 1981].

Условные обозначения: возраст стабилизации: 1 - докарелиды и карелиды; 2 - байкалиды; 3 - салириды; 4 - поздние герциниды; 5 - докарелиды и карелиды, переработанные байкальским тектогенезом; структуры геосинклинального этапа: 6 - основания межгорных прогибов; 7 - антиклинорные зоны инверсионного типа; структуры протоорогенного этапа: 8 - межгорные прогибы и внутренние впадины; структуры дейтероорогенного этапа: 9 - унаследованно-наложенные впадины и прогибы; 10 - выступы докарелид и карелид; 11 - выступы байкалид; 12 - выступы салаирид и каледонид; интрузивные комплексы: 13 - ультрабазиты; 14 - гранитоиды; 15 - базиты; 16 - разломы; 17 - раннемезозойские грабен-рифты; прочие обозначения: 18 - изопакиты отложений осадочных бассейнов в км.; 19 - палеозойский платформенный чехол в пределах областей докембрийской складчатости; 20 - покровы эффузивов разного состава; 21 - граница мезозойско-кайнозойского платформенного чехла ЗСП; геосинклинальные формации: gc-кремнисто-сланцевая, as-аспидная; формации протоорогенные и переходные: tc - терригенно-карбонатная, t - терригенная, h - угленосная.

рассматривали их в составе эпибайкальской Енисей-Туруханской платформы и представляющей собой широкую палеозойскую миогеосинклиналь с рядом срединных массивов. При этом авторы отмечали, что «...использование широкого

комплекса методов позволяет выделить область развития палеозойского чехла, вероятно, эпибайкальской платформы, на территории, охватывающей большую часть Гыдана, Тазовский полуостров, Енисей-Тазовское междуречье, где палеозой вскрыт рядом скважин». Близкие взгляды высказывал и П.К. Куликов [Куликов, 1968].

В 1970 году Н.Н. Дашкевичем было выполнено обобщение геолого-геофизических материалов по всей территории Красноярского края, включая ее левобережную часть [Дашкевич, 1970; Глубинное..., 1970ф]. В его работах представлена схема строения фундамента, на которой вдоль Енисея показан пояс байкалид, включающий структуры Енисейского кряжа. Западнее его, в южной части выделяются каледониды, а в северной - архейско-нижнепротерозойский кристаллический фундамент (Рисунок 1.8).

В обобщающей работе по геологии нефти и газа Западной Сибири [Геология нефти..., 1975] территория к западу от р. Енисей рассматривалась авторами как зона складчатых байкалид, сформировавшаяся в результате дробления краевых частей древней платформы на коре континентального типа. На схематической карте прогноза нефтегазоносности доюрского фундамента в этой работе (редакторы А.Э. Конторович, В.С. Сурков, А.А. Трофимук) районы к западу от Енисейского кряжа отнесены к Южно-Енисейскому осадочному бассейну со средними плотностями геологических запасов УВ (при этом большая часть территории ЗСП оценивалась низкими плотностями).

На тектонической карте мира, выпущенной в 1982 году под редакцией Ю.Г. Леонова и В.Е. Хаина, на территории левобережья Енисея (до 200-400 км к западу от р. Енисей) показана зона развития фанерозойского чехла древней СП мощностью от 4 км на юге до 12 км на севере.

Новая сейсмическая информация, полученная в результате проведенных работ ТЗ МПВ и ОГТ в конце 70-х - начале 90-х годов на юго-востоке ЗСП (в левобережья Енисея с 1985 г.), позволила геофизикам Томского геофизического треста (В.А. Кондрашов, Г.И. Берлин, В.Н. Петров, А.С. Шатова), АО «Енисей-геофизика» (В.Г. Сибгатулин, Н.Н. Дашкевич, А.А. Евграфов, А.С. Ефимов,

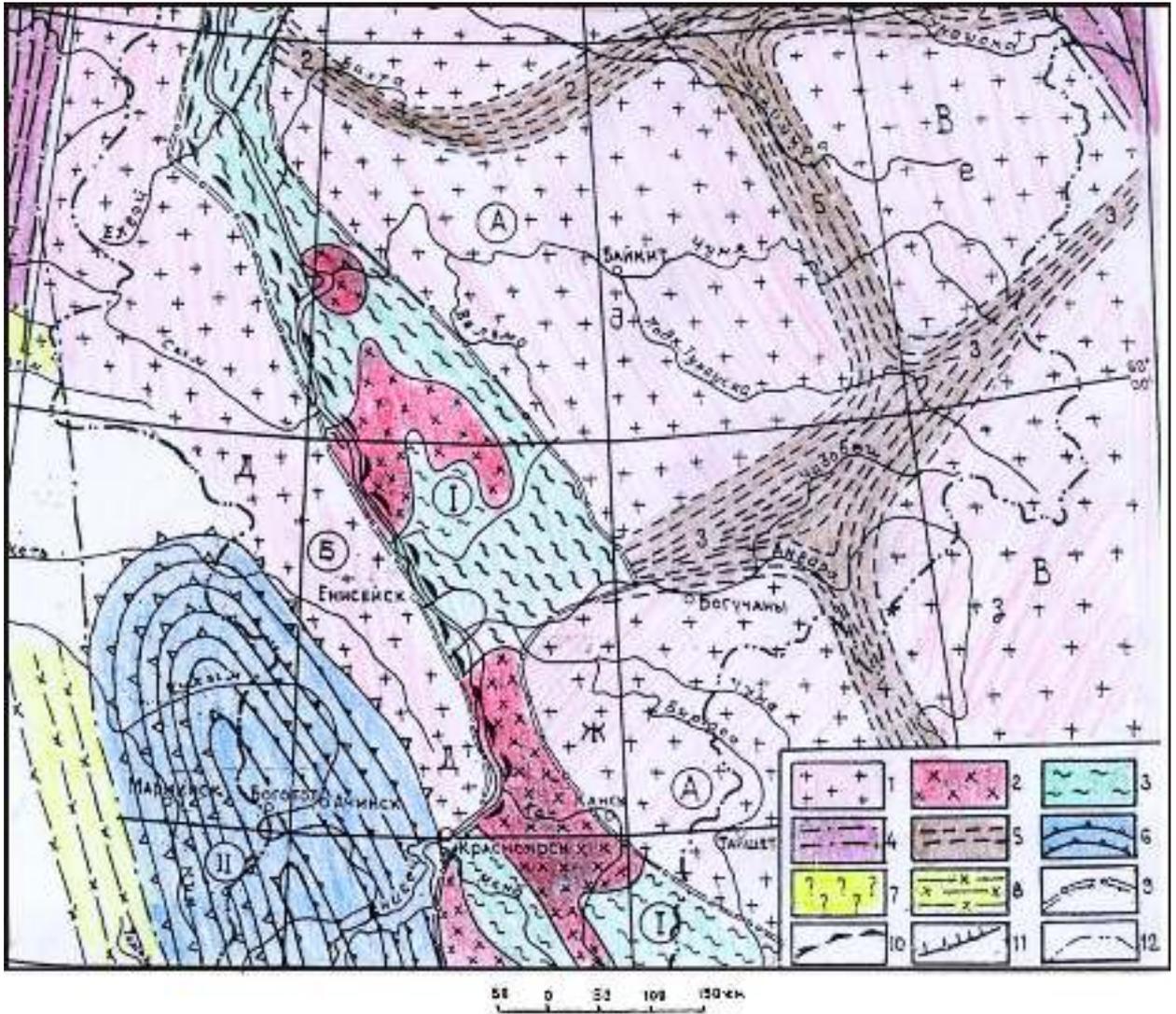


Рисунок 1.8 - Фрагмент схемы геодинамического районирования западной части Сибирской платформы и области ее сочленения с ЗСП [Глубинное..., 1970ф].

Условные обозначения: 1 - жесткие блоки земной коры (архейско-нижнепротерозойский кристаллический фундамент); 2 - блоки архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород в складчатых образованиях байкалид; 3 - байкальский тектонический пояс; 4 - тектонические зоны, сформировавшиеся между плитами 1 порядка; 5 - те же между плитами 2 порядка; 6 - каледонская складчатая область; 7 - возможно байкалиды; 8 - герцинские складчатые образования; 9 - границы байкальского тектонического пояса; 10 - офиолитовый пояс; 11 - восточная граница Турухано-Игарской надвиговой зоны; 12 - граница Красноярского края; мегаплиты: А - Сибирская, Б - Западно-Сибирская; плиты I порядка: В - Тунгусская, Д - Приенисейская; блоки (плиты) II порядка: д - Байкитский, е - Илимпейский, ж - Канско-Тасеевский, з - Непский. Надпорядковые тектонические зоны: I - Енисейский пояс, II - Алтае-Саянская область.

И.А. Крысова, С.В. Ляхов, Н.Г. Озерская, В.И. Вальчак) вместе со специалистами ИГиРГИ (В.А. Бененсон) и ОИГГиМ СО РАН (В.А. Каштанов, С.А. Степанов, Ю.Ф. Филиппов) [Бененсон, 1986, 1989; Бененсон и др., 1987; Дашкевич, 1985,

1987; Дашкевич, Каштанов, 1990; Дашкевич и др., 1992; Каштанов, Филиппов, 1994 и др.] наметить здесь широкое развитие умеренно преобразованных палеозойских и верхнедокембрийских комплексов платформенного типа. Наличие на значительной территории в левобережье Енисея под мезозойским чехлом ЗСП субгоризонтальных высокоамплитудных отражающих сейсмических границ, характер аномалий гравитационных и магнитных полей, по мнению специалистов, свидетельствовали о неправомерности выделения здесь домезозойских комплексов, в том числе и верхнерифейско-вендских, в качестве геосинклинальных. Из этого следовали и более оптимистичные оценки их нефтегазоносного потенциала.

Следует отметить, что с середины 80-х годов, с развитием новых идей в геологии и тектонике (в частности, тектоники плит, современной геодинамики и др.) и получением качественно нового фактического материала, начинают развиваться новые подходы к изучению строения и эволюции Западно-Сибирского бассейна в докембрии и палеозое.

Одной из первых работ, в которой история развития ЗСП в палеозое рассмотрена с современных геодинамических позиций, была статья Е.Г. Журавлева [1986].

С.В. Аплонov [1989] на схеме геодинамических типов фундамента выделяет палеоостроводужные системы, офиолитовые пояса, микроконтиненты, остаточные впадины, континентальные рифты и зоны спрединга. В восточной части плиты, в левобережье Енисея им показана Енисейская докембрийская островодужная система, включающая офиолитовые пояса субмеридионального простирания, к западу от которой выделен Верхнекетский микроконтинент, вытянутый своей длинной осью в северо-западном направлении и граничащий на западе с более молодыми (кембрийско-карбоновыми) островодужными системами.

Позднее, в работах Н.А. Берзина, Р.Г. Колмана, Н.Л. Добрецова, Л.П. Зоненшайна [Берзин и др., 1994], А.М.Дж. Шенгёра, Б.А. Натальина, В.С. Буртмана [Шенгёр и др., 1994], А.Н. Диденко, А.А. Моссаковского, Д.М. Пещерского [Диденко и др., 1994], проведенных в рамках Международного Проекта МПГК 283 «Геодинамика и эволюция Палеоазиатского океана», с раз-

личных позиций рассмотрена история геологического развития палеозойских океанов Центральной и Северной Азии.

Так, на схематической геодинамической карте Центральной и Северной Азии [Берзин и др., 1994] в пределах Западной Сибири выделены системы с океанической корой, причем вдоль западных границ Сибирского кратона в левобережье Енисея показана аккреционно-коллизийная система с комплексами океанической коры, островных дуг и микроконтинентов верхнепротерозойско-кембрийского возраста (Рисунок 1.9).

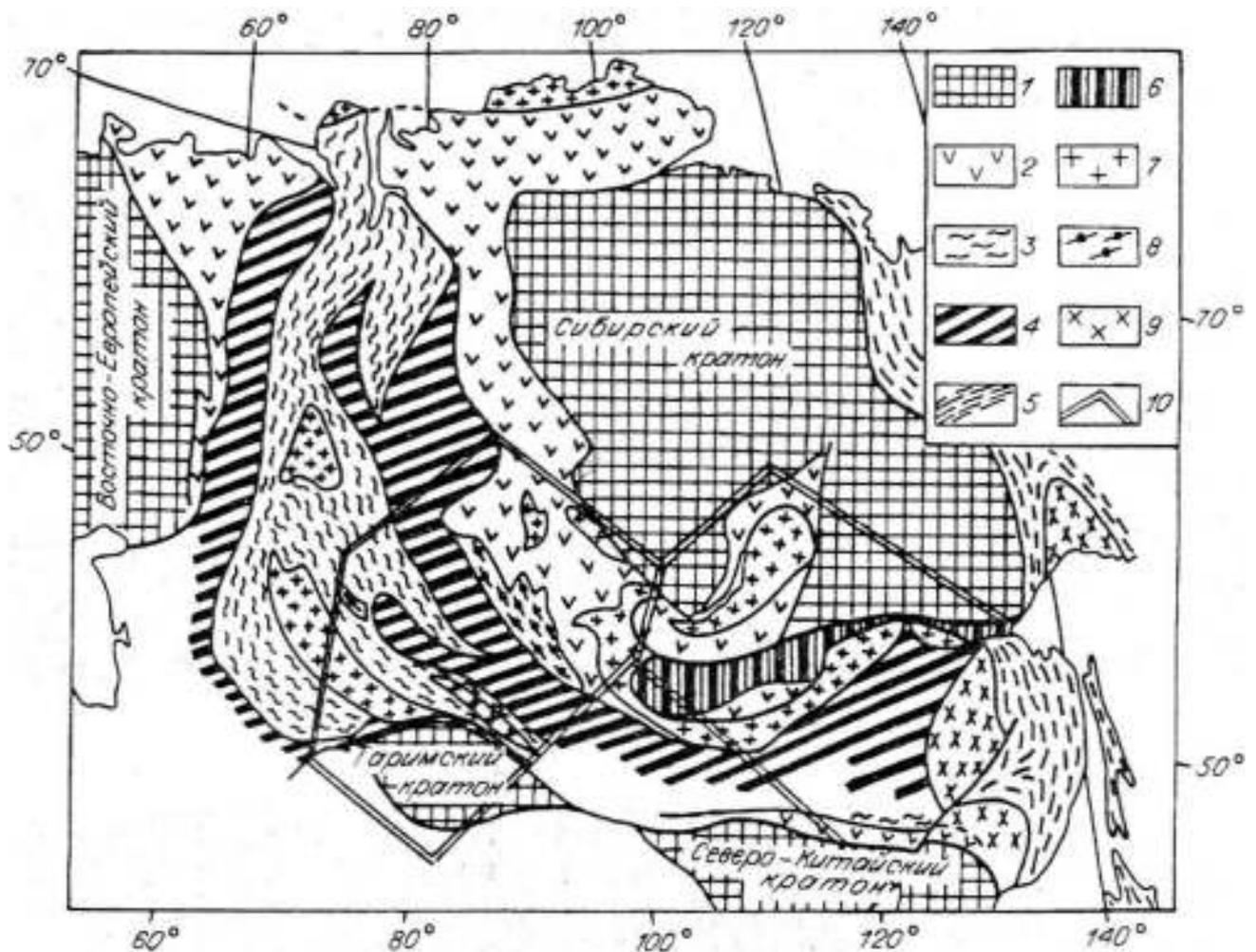


Рисунок 1.9 – Основные тектонические зоны геодинамических карт [Берзин и др., 1994].

Условные обозначения: 1 - кратоны; 2-6 – аккреционно-коллизийные системы с комплексами океанической коры, островных дуг и микроконтинентов: 2 - Pr₃-Є, 3 - Є-S, 4 - O-C₁ (на юго-востоке до P-T), 5 - Pz₃, 6 - нерасчлененные Pz-Mz; 7-9 - микроконтиненты и докембрийские сиалические блоки: 7 - лавразийской группы, 8 - гондванской группы, 9 -- прочие; 10 – контуры геодинамических карт.

С точки зрения А.М. Шенгёра [Шенгёр и др., 1994] в венде Восточно-Европейский и Сибирский кратоны были соединены между собой вдоль их современных северных окраин. Восточная часть этого суперконтинента, по видимому, представляла собой активную континентальную окраину. Уже в венде от этого суперконтинента стали отчленяться фрагменты «байкальского краевого орогена», в результате чего от него отделилась узкая полоса континентальной коры, которую авторы называли дугой Кипчак (Рисунок 1.10). В результате дрифтинга Восточно-Европейского и Сибирского кратонов и дуги Кипчак открылся Ханты-Мансийский океан, который существовал с кембрия до среднего карбона и замкнулся в позднем карбоне и перми.

Согласно реконструкции А.Н. Диденко [Диденко и др., 1994], Палеоазиатский океан, располагавшийся между Сибирским и Восточно-Гондванским континентами, в позднем ордовике замкнулся путем аккреции Сибирского кратона со структурами Алтая, Монголии, Северного Тянь-Шаня и Казахстана, и начала формироваться океаническая структура новой генерации, включавшая Уральский океан, располагавшийся между Восточно-Европейским и Сибирским кратонами и существовавший до конца среднего карбона.

Тогда же появились работы, в которых предлагались различные модели эволюции докембрийских структур юго-восточной части ЗСП и Енисейского кряжа. Они базировались на результатах проведенных исследований рифейского офиолитового комплекса (Исаковский пояс) Енисейского кряжа [Кузьмичев, 1987, Волобуев, 1993; Верниковский и др., 1994] и интерпретации материалов ГСЗ, полученных в результате работ по программе «Батолит» и переинтерпретированных методом двухмерной сейсмической томографии [Сурков и др., 1996]. В работе М.И. Волобуева [Волобуев, 1993] показывается, что в течение позднего рифея первоначально пассивная окраина Сибирского континента была преобразована в активную, возможно, с возникновением системы островных дуг. В конце позднего рифея - позднего венда произошла коллизия последних с Сибирским континентом. Сходные выводы сделаны и в работе В.А. Верниковского и его коллег [Верниковский и др., 1994].

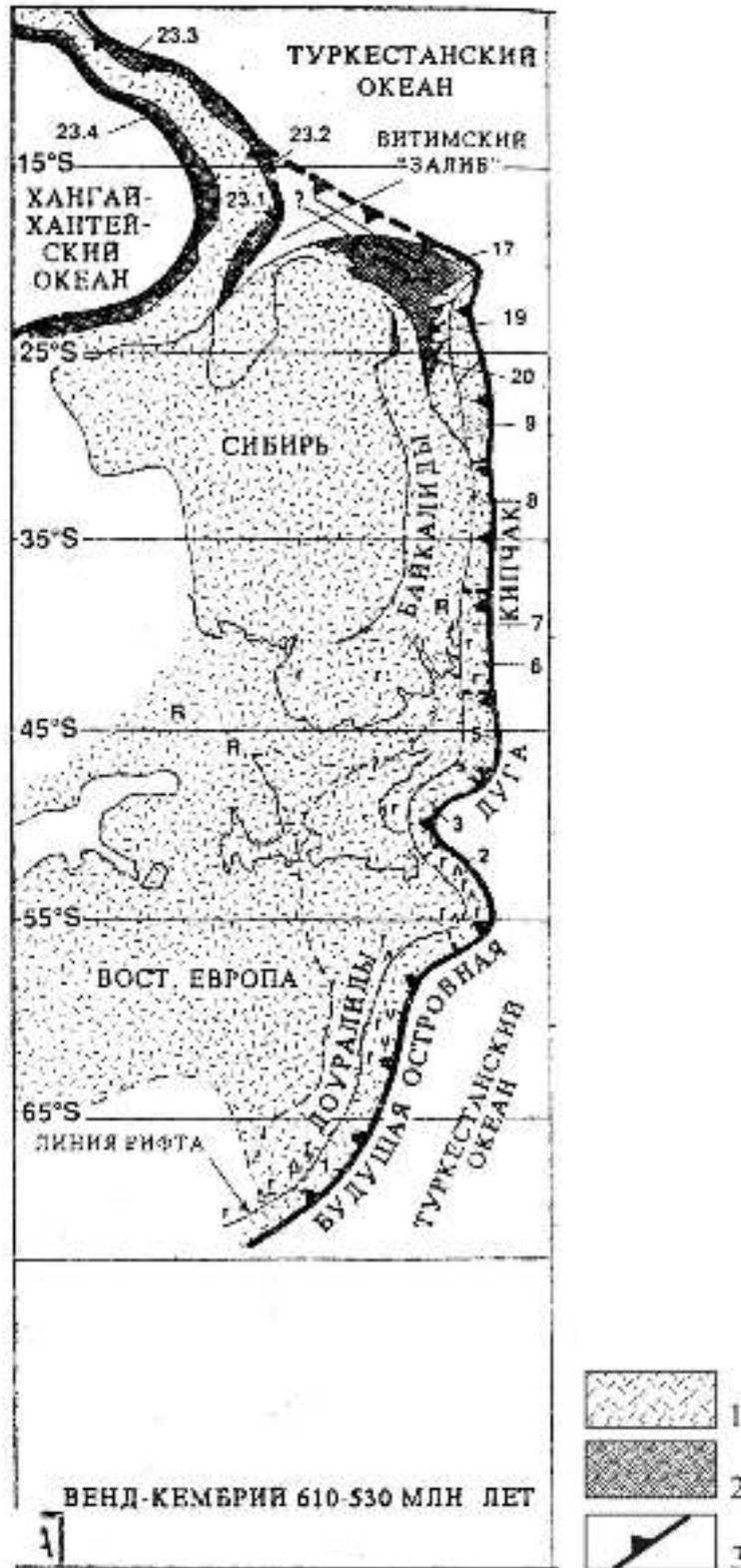


Рисунок 1.10 - Палеотектоническая схема эволюции алтаид на период венд-кембрия [Шенгёр и др., 1994].

Условные обозначения: 1 - докембрийская континентальная кора; 2 - венд-раннекембрийские субдукционно-аккреционные комплексы; 3-зоны субдукции. Цифрами на схеме показаны тектонические единицы: 9 - Ишимская; 17 - Барнаульская; 19 - Томская; 20 - Батеневская.

В.С. Сурков с соавторами [Сурков и др., 1996] пришли к заключению о возникновении в раннем рифее рифтовой системы на западной окраине Сибирского палеоконтинента, последующим развитием рифтогенно-спредингового бассейна (эвгеоклинали) и формированием на континентальном склоне мощной призмы осадков. Во время гренвильских и, главным образом, байкальских тектономагматических событий последние были превращены в покровную складчатую систему. Сделан вывод, что в Предъенисейском прогибе могли сохраняться благоприятные условия для формирования залежей нефти и газа в рифейских отложениях.

В 1990-2001 годах на юго-востоке Западной Сибири (северо-восточная часть Томской области, предъенисейские районы Красноярского края и восток ХМАО) был проведен новый комплекс геолого-геофизических работ, а научно-исследовательские работы по анализу и обобщению полученного материала с этого времени были сконцентрированы преимущественно в ИГНГ СО РАН (ранее ОИГГиМ), главным образом, в лаборатории сейсмогеологического и математического моделирования нефтегазоносных систем под руководством чл.-корр. РАН В.А. Конторовича. Материалы сеймопрофилирования ОГТ с высокой кратностью и современные методы их обработки на ЭВМ, материалы глубокого бурения ряда новых скважин, пробуренных по инициативе красноярских (В.А. Кринин, В.Г. Сибгатулин) и томских (А.В. Комаров, В.П. Мангазеев) геологов, (Тыйская-1 [Геологическое..., 1995], Вездеходная-4 [Конторович и др., 1999], Лемок-1 [Кринин, 1998], Аверинская-150 [Сараев и др., 2004]), позволили коллективу сотрудников ИГНГ СО РАН (с 1990 года при непосредственном участии автора, а с 1996 г. в качестве ответственного исполнителя работ) под научным руководством академика А.Э. Конторовича провести комплексные геофизические, литологические, петролого-геохимические исследования кернового материала и результатов ГИС, включая палеомагнитные и изотопные методы определения абсолютного возраста. Кроме этого, автором были рассмотрены и проанализированы опубликованные и фондовые материалы по всем ранее пробуренным скважинам в этом районе, выполнен сеймостратиграфический анализ новых ма-

териалов ОГТ, рассмотрены перспективы нефтегазоносности выделенного в этом районе верхнепротерозойско-палеозойского Предъенисейского осадочного бассейна. Результаты обобщения исследований, проведенных на тот момент, помимо публикаций, были отражены в диссертации, защищенной автором в 2001 г.

Помимо исследовательской группы ИГНГ СО РАН, этой проблемой занимались специалисты и других производственных и научных организаций. В 1998 году в Красноярске были опубликованы материалы научно-практической конференции «Геология и полезные ископаемые Красноярского края», где нашли свое отражение работы красноярских геологов и геофизиков по Предъенисейской зоне [Дашкевич, 1998; Кринин, 1998; Евграфов и др., 1998]. В 2003 году опубликована работа Г.Д. Исаева о геологическом строении и стратиграфии Кеть-Тымского междуречья [Геологическое..., 2003], в 2001 – статья в сборнике [Забияка, 2001], а 2004 - монография под редакцией А.И. Забияки [Тектоника..., 2004], касающаяся вопросов геологии и минерализации Енисейского края. Среди прочего в ней уделено внимание предъенисейской зоне («Приенисейский мегаблок» по классификации автора). По мнению А.И. Забияки, в левобережье Енисея под мезозойскими осадками располагается обширная зона развития эпибайкальской платформы с развитием слабодислоцированного байкальского (вороговская и чапская осадочные серии) и каледонского (аналоги лебяжинской и верхоленской формаций) чехла. Эта точка зрения практически полностью согласовывалась с моделью соискателя, представленной в кандидатской диссертации 2001 г.

В 2004 году в печати вышла обзорная монография по проблеме нефтегазоносности палеозоя ЗСП (Клещев, Шеин, 2004). В 2010 г коллективом СНИИГ-ГиМС (под руководством А.С. Ефимова и В.С. Старосельцева) по заказу МПР России была закончена большая тематическая работа по разработке геологической модели строения зоны сочленения ЗСП и СП и оценке перспектив нефтегазоносности [Разработать..., 2010ф]. Анализу катагенеза органического вещества разновозрастных комплексов ЗСП посвящена монография А.Н. Фомина, вышедшая в 2011 г. [Фомин, 2011].

В ИГМ и ИНГГ СО РАН продолжаются работы по изучению рифейских

офиолитовых ассоциаций и гранитоидов на Енисейском кряже, а также палеогеодинамическим реконструкциям аккреционно-коллизийных событий [Верниковский и др., 2009, 2016; Vernikovskiy et al., 2003; Верниковский, Верниковская, 2006; Метелкин и др., 2005, 2007, 2012; Ножкин и др., 2007, 2008, 2011, 2013, 2015; Ножкин, 2009; Лиханов и др., 2007, 2008, 2011, 2014 и др.]. Аналогичные исследования уже много лет проводятся в Геологическом институте РАН, в частности, А.Б. Кузьмичевым [Kuzmichev, Sklyarov, 2016; Кузьмичев и др., 2017 и др.], Т.Н. Херасковой [Хераскова и др., 2010, 2013], И.В. Гордиенко [Гордиенко, 2006, Гордиенко, Метелкин, 2016]. Глобальным палеогеодинамическим реконструкциям древних суперконтинентов в неопротерозое, в частности Родинии и структурному положению Сибирского кратона, как его составной части, посвящен ряд международных работ [Smethurst et al., 1998; Pisarevskiy, Natapov, 2003; Li et al., 2008 и др.]. Практически все работы, ввиду отсутствия данных, не касались детальных реконструкций погруженных под мезозойским осадочным чехлом докембрийских и палеозойских комплексов на востоке ЗСП.

В начале 2000-х годов по заказу МПР России в ИНГГ СО РАН совместно с другими научными организациями и территориальными органами недропользования (руководитель А.Э. Конторович, отв. исполнитель Ю.Ф. Филиппов [Разработать..., 2006ф]) была разработана федеральная программа региональных ГРР в Западной Сибири. Среди прочего, она предусматривала комплекс геолого-геофизических исследований на территории Предъенисейского осадочного бассейна (программа «Восток»), выделенного А.Э. Конторовичем в качестве самостоятельной потенциально нефтегазоносной субпровинции. В результате реализации этой программы был получен большой объем новых сейсмических материалов ОГТ - работы ЗАО «ТГТ» (г. Колпашево) (отв.исп. В.Н. Петров), ОАО «ЦГЭ» (г. Новосибирск) (отв.исп. - С.В. Стрельникова), ОАО «Енисейгеофизика» (г. Енисейск) (отв.исп. – В.И. Вальчак), были пробурены 4 глубокие параметрических скважины (научное сопровождение ИНГГ СО РАН и СНИИГГиМС), а также проведен цикл экспедиционных полевых работ в западных районах Енисейского кряжа.

В 2004-2015 годах в рамках реализации программы «Восток», фундаментальных проектов НИР и интеграционных проектов РАН специалистами ИНГГ СО РАН была проделана большая работа по комплексному изучению и обобщению результатов бурения параметрических скважин Восток-1, Восток-3 и Восток-4 (отв. исп. – А.Г. Клец и Ю.Ф. Филиппов, ИНГГ СО РАН), Лекосская-27 (отв. исп. - Л.В. Смирнов и др., СНИИГГиМС), а также анализу и обобщению результатов региональных сейсмических работ (отв. исп. – В.А. Конторович и Ю.Ф. Филиппов). Основной целью исследований было создание геологической модели строения осадочного бассейна и оценка его нефтегазоносного потенциала. Помимо публикаций полученные результаты были зафиксированы в ряде отчетов о научно-исследовательских работах, проводимых в рамках государственных контрактов с Федеральным агентством по недропользованию, его территориальными департаментами и НИИ, нефтяными компаниями [Оценка..., 2004ф, 2013ф; Научный..., 2011ф; Разработать..., 2013ф и др.]. Анализ материалов и обобщение всех результатов послужили основой для настоящей диссертации.

Глава 2.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Фактический материал, положенный в основу работы

Фактический материал, использованный в работе, составляют материалы глубокого бурения, проведенного в разные годы на территории бассейна, данные сейсмического профилирования ОГТ, а также гравиметрических и магнитометрических съемок. Как уже отмечалось, основная масса качественно нового геолого-геофизического материала была получена в результате реализации федеральной программы региональных ГРР в Западной Сибири «Восток», предусматривающая проведение параметрического бурения на глубину более 5 км и сейсмопрофилирования ОГТ повышенной кратности на территории Предъенисейского осадочного бассейна.

2.1.1 Материалы бурения

В пределах изучаемой части Предъенисейского осадочного бассейна (южнее широты устья р. Елогуй) и в непосредственной близости его границ, кроме колонковых скважин (Касский, Дубчесский и Елогуйский профили), всего пробурено 31 скважина (параметрические, опорные, поисковые и структурно-поисковые). 14 из них расположены на территории Томской области, 12 - в Красноярском крае, 5 – на территории ХМАО (Рисунок 2.1). Вскрытая мощность доюрских отложений составляет от 26 до 4002 м (Таблица 2.1).

Суммарная мощность вскрытых бурением доюрских комплексов составляет 26165 м. Из них 17600 м приходится на 8 глубоких скважин, пробуренных с 1992 по 2009 год (пробуренные в 2005 г. две скважины на Тынъярской площади ХМАО, где вскрыты преимущественно магматические комплексы пермо-триаса, здесь не учтены). Всего по домезозойской части поднято 3100 м керна, из них 2300 м приходится на 8 вышеупомянутых скважин. Средний выход керна по всем скважинам составляет 12%.

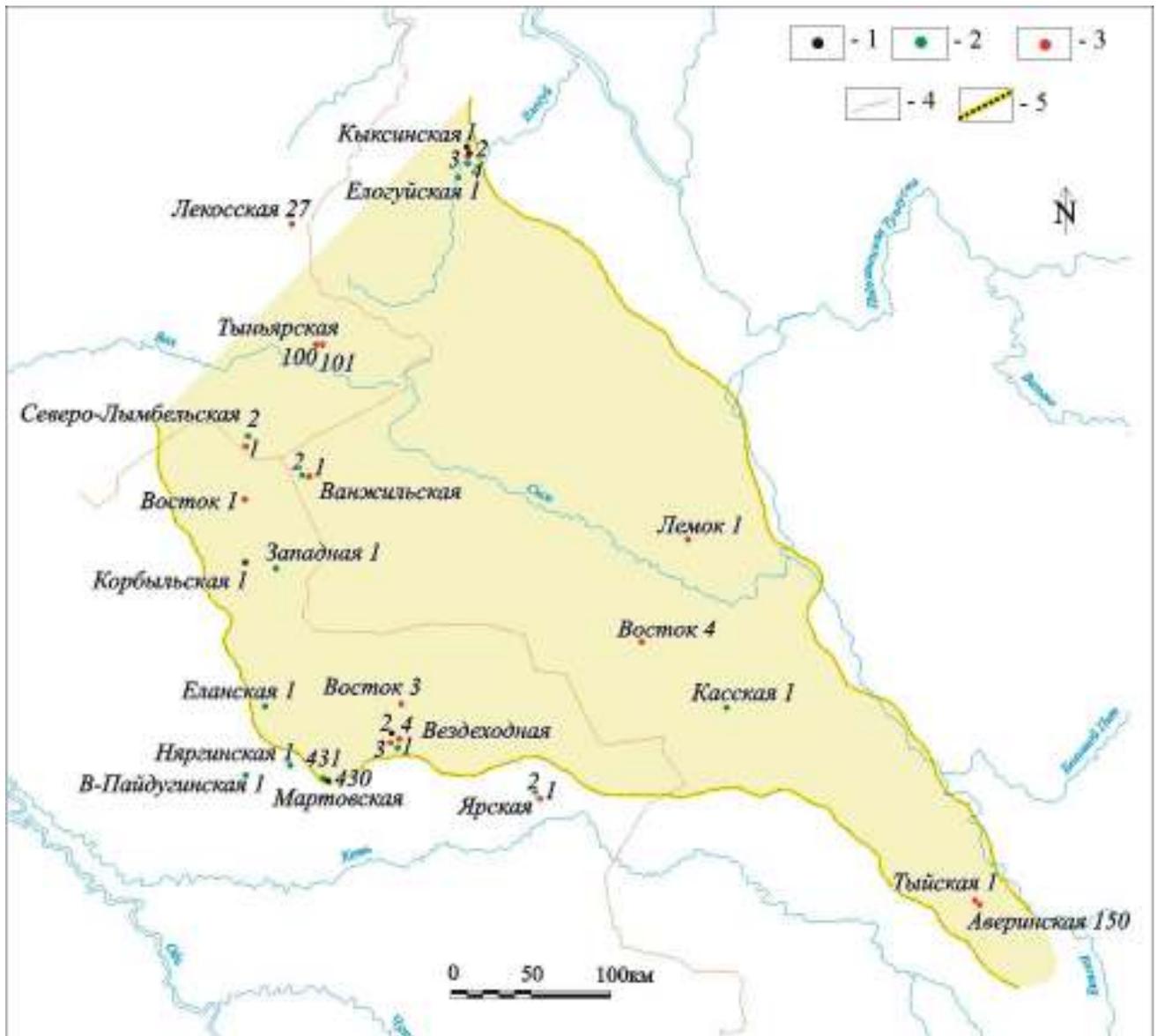


Рисунок 2.1 - Карта изученности Предъенисейского бассейна глубоким бурением.

Условные обозначения: 1 - скважины, вскрывшие домезозойские отложения на глубину до 100 м; 2 - скважины, вскрывшие домезозойские отложения на глубину от 100 до 500 м; 3 - скважины, вскрывшие домезозойские отложения на глубину свыше 500 м; 4 - административные границы; 5 - граница Предъенисейского бассейна.

Параметрические скважины, вскрывшие доюрские комплексы на большую глубину (4-5 км) (Лемок-1, Аверинская-150, Вездеходная-4, Лекоская-27, Восток-1, Восток-3 и Восток-4), впервые для восточных районов ЗСП предоставили уникальные материалы о глубинном строении, возрасте, особенностях седиментации и палеогеографических условиях верхнедокембрийских и палеозойских осадочных толщ, позволили изучить петрофизические свойства пород, геохимию

Таблица 2.1 - Изученность домезозойских комплексов Предъенисейского осадочного бассейна бурением

Скважина	Альтитуда, м	Кровля Рз, м	Забой, м	Год окон.
<i>Томская область (восток)</i>				
Ярская-1	112.7	2528	3112	1972
Ярская-2	117.2	2768	3175	1973
Мартовская-430	130.3	2892	2937	1972
Мартовская-431	134	2898	3001	1974
Еланская-1	144.1	3014	3187	1976
Западная-1	130.2	2981	3200	1973
Корбыльская-1	124	2829	2915	1974
Няргинская-1	111.3	2667	3017	1975
Вездеходная-1	144.7	3102	3211	1973
Вездеходная-2	143.4	3160	3204	1974
Вездеходная-3	141.1	3085	3938	1976
Вездеходная-4	141	3106	5005	1997
Восток-1	125	2767	5010	2006
Восток-3	138.1	3393	5002	2006
<i>ХМАО (восток)</i>				
С-Лымбельская-1	148.4	2189	3041	1975
С-Лымбельская-2	145.9	2229	2341	1976
Тыньярская-100	140.7	1786	2226	2005
Тыньярская-101	140	2052	2630	2005
Лекоская-27	155.8	3160	4020	2009
<i>Красноярский край (левобережье р. Енисей)</i>				
Касская-1	113	1665	2505	1957
Елогуйская Р-1	70	1467	1884	1957
Кыксинская-1Р	48	1164	1246	1958
Кыксинская-2Р	50	1142	1168	1958
Кыксинская-3Р	48	1129	1812	1958
Кыксинская-4Р	75	1233	1506	1958
Ванжилъская-1	150.7	1945	3100	1977
Ванжилъская-2	143.4	2224	2365	1978
Тыйская-1	120	697	1286	1992
Лемок-1	124.8	750	4298	1996
Аверинская-150	122	770	4772	1999
Восток-4	167	2262	5105	2008

ОВ, гидрологический и термический режимы. При этом необходимо отметить, что в силу разных обстоятельств (направленные на изучение полного геологического разреза параметрические задачи, напрямую не связанные с поисковыми, неблагоприятные структурные позиции, финансово-экономические рамки, невыполнение требований нормативов и др.) испытания пластов не всегда проводились в надлежащей форме и требуют осторожной оценки их результатов.

Керновый материал остальных скважин, пробуренных главным образом в 50-е и 70-е годы, к настоящему времени не сохранился: имеются лишь результаты, зафиксированные в делах скважин, хранящихся в фондах. Кроме макроскопического описания керна, они в разной степени информативности включают петрографическое изучение в шлифах, единичные палеонтологические определения, результаты испытаний, определения коллекторских свойств, данные ГИС. В редких случаях фондовые материалы, которые также использовались в работе, представлены отчетами о проведенных научно-исследовательских работах по материалам бурения [Сводный..., 1958ф; Геологический..., 1977ф и др.]. Следует иметь в виду, что практически во всех «старых» скважинах (за исключением единичных случаев) нет достоверных палеонтологических определений, в связи с чем их ценность в плане стратиграфии не велика.

Кроме материалов, полученных в скважинах, в целях корреляции вскрытых осадочных комплексов с их одновозрастными аналогами в ближайших обнажениях и уточнения палеогеографических построений использовались результаты, полученные С.В. Сараевым и автором в течение нескольких полевых сезонов в период 2000-2008 гг. в западных районах Енисейского кряжа. Сюда относятся изученные разрезы верхнего докембрия и кембрия, как непосредственно на правом берегу Енисея (р-н р. Верхняя Сурниха, р. Нижняя Сурниха и р. Столбовой, р-он ниже устья р. Вороговка), так и в устьях правых притоков Енисея – р. Кия, р. Вятка, р. Исаковка, р. Столбовая, р. Нижняя Сурниха.

2.1.2 Сейсмические материалы

Сейсмопрофилирование ОГТ на территории бассейна проводилось с 1976 г., но наиболее массовый и качественный материал был получен, начиная с середины 80-х годов прошлого столетия. Так, первый основной объем сейсмической информации по Предъенисейскому бассейну на территории Томской области был получен в 1989-1996 гг., когда здесь силами сейсмопартий «Томского геофизического треста» (ТГТ) было отработано более 4000 км сейсмических профилей ОГТ. После почти 10-летнего перерыва этой же организацией уже в

рамках реализации федеральной подпрограммы ГРР «Восток» были получены новые результаты в объеме 6000 км. Кроме того, силами «Енисейгеофизики» в 2003-2006 годах отработан региональный профиль «ЮжСибГеоСейс-1» (около 150 км которого находятся в пределах Предъенисейского бассейна). Небольшой объем (570 км) работ был проведен «ТГТ» в прилегающих восточных районах ХМАО в начале 2000-х годов – до этого домезозойские комплексы на этой территории сейсмическими работами были практически не изучены. Там же в 2005 г. были проведены региональные работы ОГТ по линии профиля Восток-7 (западный фрагмент), а чуть ранее - площадные работы на Тыньярской площади.

На территории левобережья Енисея в Красноярском крае силами «Енисейгеофизики» основной объем сейсмических профилей был отработан с 1985 по 1995 года. Кроме того, в рамках реализации подпрограммы ГРР «Восток» в 2008 году там были проведены дополнительные региональные работы (3 профиля) силами ЦГЭ (г. Новосибирск). Следует отметить, что значительная часть ранних результатов работ (около 3,5 тыс. км) на магнитных носителях была утеряна при архивации и осталась только на бумажных носителях. В лаборатории сейсмического моделирования нефтегазоносных систем ИНГГ СО РАН вся эта информация была оцифрована и в виде графического образа переведена в формат «псевдо» SEG-Y, что позволило использовать ее для уточнения структурных построений в слабоизученных районах бассейна.

Всего в пределах изучаемой территории выполнено и использовано в работе 20 тыс. км региональных сейсмических профилей ОГТ (8 тыс. км на территории Красноярского края, около 11 тыс. км в Томской области) (Рисунок 2.2). При этом плотность сейсмопрофилирования ОГТ не превышает 0,08 км/км².

Следует отметить, что вследствие проведения работ многими организациями в разные годы с использованием различной аппаратуры и систем наблюдения, имеющийся сейсмический материал в большинстве случаев очень неоднороден и отличается по качеству (Таблица 2.2), что создавало дополнительные трудности в процессе интерпретации и построений. Тем не менее, возможности современных программных комплексов позволили в той или иной степени их разрешить.

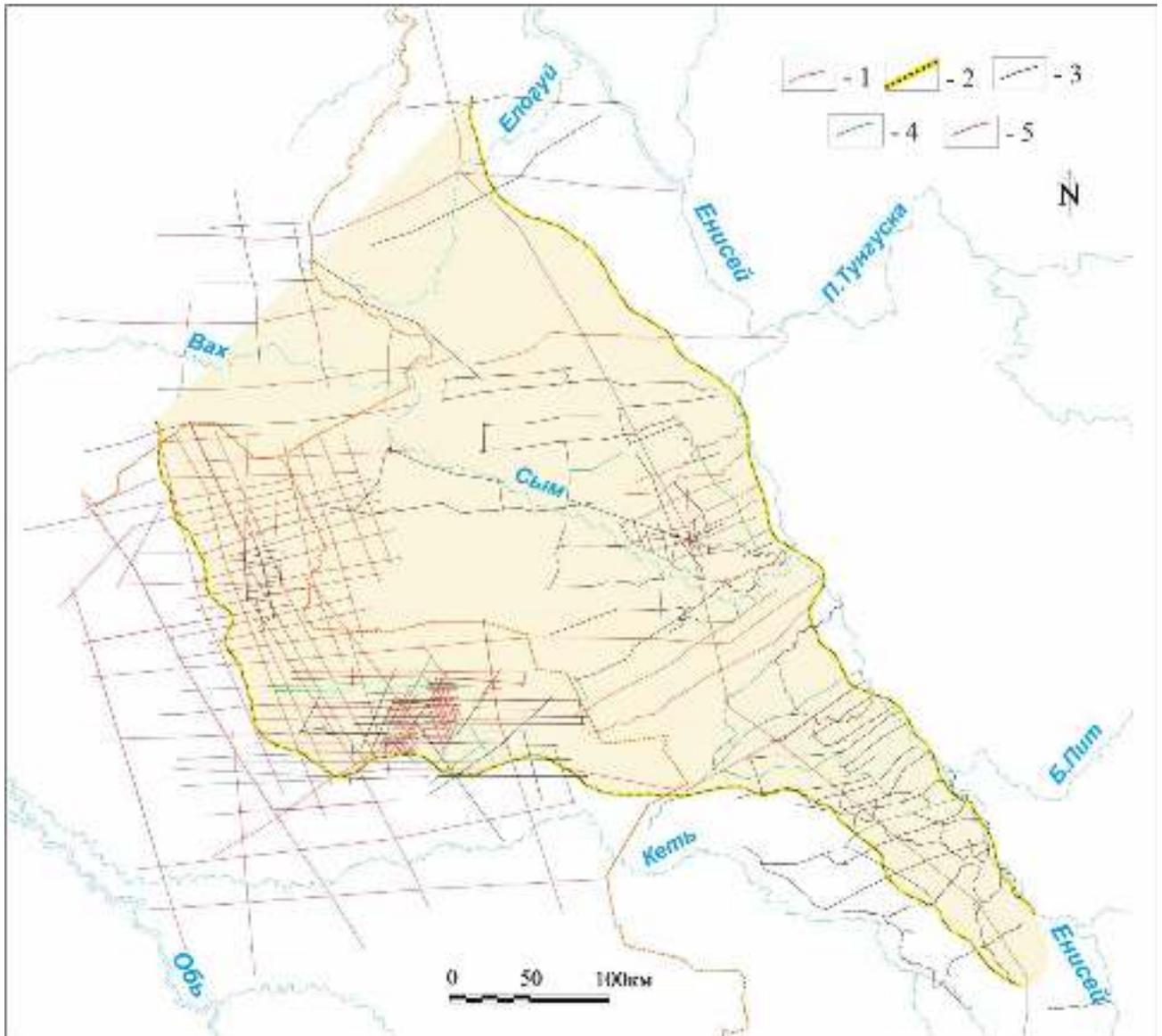


Рисунок 2.2 - Карта изученности Предъенисейского бассейна сейсмическими работами ОГТ.

Условные обозначения: 1 - административные границы областей; 2 - граница Предъенисейского бассейна; 3 - сеймопрофили неудовлетворительного качества или с отсутствием первичного материала в цифровом формате; 4 - сеймопрофили с удовлетворительным качеством записи; 5 - сеймопрофили с хорошим качеством записи.

2.1.3 Гравиметрические и магнитометрические данные

К настоящему времени вся территория исследований в пределах Предъенисейского бассейна, как и прилегающие к ней территории, покрыта кондиционными среднemasштабными гравиметрической и магнитометрической съемками масштаба 1:200000, которые проводились длительное время с конца 50-х годов и многократно уточнялись детальными крупномасштабными съемками.

Таблица 2.2 - Изученность территории Предъенисейского осадочного бассейна сейсмическими работами ОГТ

Период (годы)	Кол-во профилей	Длина (км)	Наличие формата (км)	Качество	Переобработка (км)
Томская область (восток)					
1976-1985	7	290	SEG-Y	Неудовл.	290
1986-1990	19	1120	SEG-Y	Неудовл.	1120
1991-1999	96	3825	SEG-Y	Неудовл.-10%	3825
2000-2010	34	5430	SEG-Y	Хорошее	0
Всего	156	10665	SEG-Y	Неудовл.-15%	5235
ХМАО (восток)					
1976-1985	3	190	SEG-Y	Неудовл.	0
1986-1990	5	350	SEG-Y	Неудовл.	0
2000-2010	8	570	SEG-Y	Удовл.	0
Всего	16	1110	SEG-Y	Неудовл.-50%	0
Красноярский край (левобережье р. Енисей)					
1986-1990	54	2710	SEG-Y-1470 Бум.нос.-1240	SEG-Y: неудовл.- 50% Бум.нос: не- удовл.-70%	300
1991-1999	80	3980	SEG-Y-1770 Бум.нос.-2210	SEG-Y:неудовл. - 60% Бум.нос.: не- удовл.- 70%	400
2000-2010	5	1600	SEG-Y	Хорошее	0
Всего	139	8290	SEG-Y-4840 Бум.нос.-3450	Неудовл.-65%	700
Итого	311	20065	SEG-Y-16615 Бум.нос.-3450	SEG-Y:неуд.-25% Бум.нос.-70%	5935

Кроме этого, проводились и более крупномасштабные съемки (1:100000 и 1:50000), но в плане регионального изучения глубокопогруженного домезозойского этажа они добавили незначительный объем информации. В результате обобщений магнитометрических съемок этого масштаба разными специалистами и организациями (ОАО «ЦГЭ», г. Новосибирск (А.М. Антонович), и Гравиметрическая экспедиция № 3, г. Красноярск (Г.А. Витязь и З.Н. Мельник)) были получены результирующие карты (ΔT)_a различного масштаба, в частности сводные в масштабе 1:500000. Позднее, эти карты с аналоговых бумажных носителей были оцифрованы во многих геологических организациях (в частности, в ИНГГ СО РАН) и представлены в матричном виде. В настоящей работе в качестве основных источников использовались именно эти данные в виде grd-файлов с шагом 1 x 1 км.

Материалы государственных гравиметрических съемок были обобщены в организациях, выполнявших эти работы (карты гравитационного поля масштаба 1:200 000: на территорию Томской области составлены Ю.В. Павловым (ОАО «ЦГЭ»), на левобережную часть Красноярского края – Н.П. Четверговым ОАО «ГЭ № 3»).

В 2003 -2006 годах силами «ГЭ № 3» и ООО ГП «Сибирьгеофизика» в полосе 10 км были отработаны опорный геофизический профиль «Батолит» с рассечкой и региональный профиль «Восток-16» с рассечками «Восток-10» и «Восток-12», по результатам которого было проведено моделирование с использованием программ ADM2win и «КОСКАД 3D».

Кроме того, в период с 2006 по 2008 гг. ООО ГП «Сибирьгеофизика» выполняла площадную комплексную (аэрогеофизическую и аэрогеохимическую) съемку на «красноярской» части территории Предъенисейского бассейна, в интерпретации которой принимал участие и автор [Комплексная..., 2009ф].

И, наконец, в 2012-2013 гг. в рамках заказа МПР России по обобщению геолого-геофизических материалов и прогноза нефтегазоносности юго-востока ЗСП проводилась работа той же ООО ГП «Сибирьгеофизика» (в другом персональном составе под руководством В.С. Емельяновой, совместно с СНИИГГиМС и ИГНГ СО РАН) по созданию цифровых моделей магнитного и гравитационного полей. Предполагалось построение сводных карт исходных полей и их трансформант, а также их комплексная интерпретация, в которой автор также принимал участие [Разработать..., 2013ф]. В результате работ были получены кондиционные карты аномального гравитационного и магнитного поля масштаба 1:1 000 000, которые также использовались в диссертационной работе.

2.2 Методика исследований

Важной чертой проведенных исследований является их комплексность. Большинство предшествующих работ по доюрским комплексам на территории Предъенисейского бассейна касались либо отдельных аспектов геологического строения, либо отдельных локальных участков, что было обусловлено имеющи-

мися геолого-геофизическими материалами. Так, при геологической интерпретации потенциальных полей и соответствующих тектонических построениях, выполненных до 80-х годов прошлого столетия в СНИИГГиМС, не могли быть учтены многочисленные сейсмические материалы ОГТ и возрастные датировки глубокопогруженных осадочных комплексов, полученные в последующие годы. Стратиграфические исследования разрезов в отдельных скважинах, пробуренных в 50-е и 70-е годы и вскрывших доюрские комплексы на небольшую глубину, также не могли быть сопровождаемы сейсмическими материалами для региональной корреляции, и, в силу своей неоднозначности возрастных оценок, носили предварительный, часто недостоверный характер. В свою очередь, интерпретация сейсмических материалов, полученных в конце 70-х – начале 90-х годов по отдельным участкам, проводилась дифференцированно в томских и красноярских геофизических организациях. В силу отсутствия надежных стратиграфических привязок отражающих горизонтов, результаты носили предварительный, во многом гипотетичный, характер.

Относительно оценки нефтегазоносного потенциала территории бассейна следует сказать, что во вскрытых скважинами доюрских разрезах практически отсутствовали детальные геохимические исследования ОВ (за исключением скв. Вездеходная-3) и нефтидов, а петрофизическими данными была частично охарактеризована лишь приповерхностная зона палеозойского разреза, отсутствовали возрастные привязки.

В этом смысле комплексные работы, проведенные в ИНГГ СО РАН, в которых на всех этапах принимал участие автор, впервые охватывают большой спектр исследований, учитывают, согласуют и дополняют друг друга все полученные на сегодняшний день геолого-геофизические материалы.

2.2.1 Методика обработки геологических материалов из разрезов скважин и обнажений

Как уже отмечалось выше, помимо опубликованных и фондовых материалов по ранее (50-70-е годы) пробуренным скважинам для непосредственного

комплексного изучения скважинных данных в качестве основных использовались материалы по 8 скважинам, пробуренным с 1992 по 2009 гг. Комплекс методов включал интерпретацию материалов ГИС, полевое описание керна, петрографическое изучение в шлифах, палеонтологические исследования, химический, флюоресцентный, рентгеноструктурный, термический, спектральный, атомно-абсорбционный, гамма-спектрометрический и нейтронно-активационный анализы, радиологические и палеомагнитные измерения, анализ петрофизических свойств пород. Основная масса аналитических работ проводилась в лаборатории седиментологии ИНГГ СО РАН, а также в Аналитическом центре ИГМ СО РАН и в небольшом объеме – в Центральной лаборатории ПГО «Красноярскгеология».

В этих скважинах специалистами ИНГГ СО РАН под руководством А.Э. Конторовича был проведен большой объем комплексных геохимических анализов битумоидов, нафтидов и пластовых вод.

Палеонтологические исследования керна скважин, проводились в ИНГГ СО РАН (в лабораториях палеонтологии и стратиграфии палеозоя и докембрия) и включали анализ микро- и макрофауны, в том числе и проводимые с использованием оригинальных методик химического препарирования. На базе полученных палеонтологических определений и датировок, материалов ГИС, комплексного изучения керна скважин и разрезов в обнажениях проводилось стратиграфическое расчленение вскрытых разрезов, составлялись стратиграфические и корреляционные схемы отложений, изучались палеогеографические условия седиментации. Кроме стандартных петрофизических исследований керна, коллекторские свойства пород в разрезах некоторых скважин изучались геофизическими методами по данным каротажа в лаборатории В.Н. Глинских (ИНГГ СО РАН).

Литологическое описание карбонатных и глинисто-карбонатных пород в данной работе проводилось с использованием схемы С.Г. Вишнякова (1933), градация зернистости при этом велась в соответствии с таблицей В.Б. Татарского (1959) [Киркинская, Смехов, 1981]. При характеристике и оценке качества карбонатных коллекторов учитывались известные методики, в частности, К.И. Багринцевой [Багринцева, 1977; Багринцева и др., 2003], В.Н. Киркинской и

Е.М. Смехова [Киркинская, Смехов, 1981]. При палеогеографических реконструкциях использовались широко известные методики и рекомендации, опубликованные в ряде работ, посвященных проблемам карбонатного осадконакопления [Уилсон, 1980; Лидер, 1986; Селли, 1989; Фортунатова, 1990; Седиментологическое..., 2000; Рифовые..., 2015 и др.].

2.2.2 Сейсмостратиграфический анализ. Методика структурных построений

Весь первичный сейсмический материал был получен на протяжении 3-х десятилетий с использованием различных систем полевых наблюдений и различной аппаратуры, что, безусловно, наложило отпечаток на однородность использованных в работе материалов. Еще большее негативное влияние на однородность сейсмической записи оказало использование различных графов и процедур при обработке данных и формировании результирующих временных разрезов, которые были реализованы в разных организациях. Так, обработка сейсмических материалов ОГТ по северо-восточной части территории Томской области осуществлялась в «Томском геофизическом тресте» (г. Колпашево), который являлся хранителем основного объема материалов ОГТ в рассматриваемом районе. Обработка основного количества материалов была выполнена на базе программного комплекса SDS-PC. Стандартная обработка полевого сейсмического материала, полученного в 2000-2002 гг. этой же организацией, на территории восточной части ХМАО проводилась в специализированном обрабатывающем комплексе FOCUS (фирмы Paradigm Geophysical, Израиль-США-Англия) на сервере SGI ORIGIN 200. Кроме этого, здесь использовалась специальная обработка (post-stack-processing) временных разрезов ОГТ. Анализ волнового поля, спецобработка, оформление временных и глубинных разрезов производились на рабочих станциях АРМ-геофизика на базе компьютеров Pentium-III и с использованием программного комплекса X-STAR (ТГТ). Весь процесс спецобработки производился в полном динамическом диапазоне (R4). Окончательные временные мигрированные разрезы ОГТ (в широкой полосе частот), глубинные разрезы ОГТ, пер-

вичный материал с присвоением геометрии архивированы в формате SEG-Y(R4). В формате ASCII архивированы статические поправки и скоростные законы, использованные при получении временных разрезов ОГТ.

Обработка сейсмических материалов, полученных в 90-е годы по территории Красноярского края, проводилась в Центре геофизического маркетинга АООТ «Енисейгеофизика» на вычислительном комплексе Sun SPARC server 670 MP и вычислительной системой Sun SPARC station 20 с применением системы INSIGHT.

Как следствие разнородности, эти материалы по динамическим характеристикам сейсмической записи (частотности, амплитудному диапазону) и по сейсмофациальным особенностям волновых полей иногда слабо сопоставимы между собой, что существенно затрудняло их совместное использование при решении интерпретационных и прогнозных задач. С целью нивелировки этих особенностей, с использованием разработанного в лаборатории математического и сейсмогеологического моделирования нефтегазоносных систем ИНГГ СО РАН программно-интерпретационного комплекса W-Seis (авторы В.А. Конторович, В.В. Лапковский), была выполнена дополнительная обработка временных разрезов. Она включала выравнивание амплитуды сейсмической записи, фазовую балансировку, устранение невязок на крестах по реперному отражающему горизонту, приуроченному к подошве баженовской (марьяновской) свиты, что позволило отчасти нивелировать динамическую неоднородность временных разрезов, однако, полной однородности сейсмической записи добиться не удалось.

Поскольку значительная часть (около 3,5 тыс. км.) сейсмических материалов ранних лет в электронной форме на территории левобережной части Красноярского края была утеряна при архивации (имелись только бумажные копии разрезов), важной частью работ в рамках исследований была оцифровка и перевод сейсмической информации с бумажных носителей в электронную форму и дальнейшая трансформация данных в псевдоформат SEG-Y. Для таких профилей были сформированы пустые файлы SEG-Y, содержащие информацию о геометрии таких профилей и сеточные модели волнового поля, полученные сканированием

его образа с бумажных носителей и пригодные для загрузки в интерпретационный проект данных по отражающим горизонтам. Это позволило более эффективно использовать утерянную сейсмическую информацию ОГТ и повысить достоверность структурных построений в восточной части территории.

Все разрезы были пересчитаны на единую линию приведения и осуществлен пересчет к шагу дискретизации 2 мс. Для удобства интерпретации некоторые профили были объединены в композитные. Кроме того, в проект была загружена информация по скважинам южной части Предъенисейской субпровинции (координаты, альтитуда, забой и результаты ВСП). В конечном итоге все полученные на сегодняшний день сейсмические материалы в виде SEG-Y-файлов, прошедшие предварительную дообработку, были увязаны между собой в единый сейсмический проект, созданный в интерпретационном программном пакете W-Seis для дальнейших интерпретационных задач и структурных построений.

Методика интерпретации сейсмических материалов. Многолетняя практика геофизических работ показала, что наиболее успешно применяющимся и информативным геофизическим методом при решении задач, поставленных в работе, оказывается ОГТ. Эффективность этого метода, особенно применительно к мезозойской части разреза, была впервые отчетливо проявлена именно на территории ЗСП. Для доюрских комплексов (фундамента плиты), в целом, информативность разрезов на большей части ЗСП была существенно ниже в силу значительной деформированности и метаморфизма пород. Как оказалось, иная ситуация характерна для юго-восточных районов, где в отличие от центральных частей плиты ниже мезозойского чехла хорошо прослеживается слоистый характер умеренно дислоцированных осадочных толщ с динамически выраженными и хорошо трассирующимися отражающими границами. Наряду с результатами глубокого бурения это позволяет эффективно использовать сейсмические материалы ОГТ для создания корректной геологической модели в этом районе ЗСП.

Методика геологической интерпретации сейсмических материалов МОВ уже давно выделилась в самостоятельную научную дисциплину - «сейсмическая стратиграфия», которая детально освещена в многочисленных работах отече-

ственных и зарубежных авторов [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.].

Традиционно метод сейсмической стратиграфии заключается в установлении принадлежности опорных отражающих сейсмических горизонтов к определенным возрастным интервалам региональной и местной стратиграфических шкал, в определении литологического состава выделенных комплексов, реконструкции условий осадконакопления, разработке моделей формирования и развития бассейна. Изучение стратиграфии и фациального состава осадочных пород посредством материалов сейсморазведки основывается на принципах расчленения разреза на ряд сейсмоформационных и сейсмофациальных подразделений по наличию, конфигурации и взаимоотношениям опорных региональных отражающих горизонтов и характеристикам волнового поля между ними.

После того как по сформированному набору композитных сейсмических профилей был выполнен сейсмофациальный анализ волновых полей, проведена корреляция ОГ, их сопоставление в западных и восточных частях бассейна, была выполнена увязка ОГ с результатами бурения. Для этого использовались материалы ВСП, ГИС и стратиграфические разбивки скважин. В результате уточнялась стратиграфическая приуроченность сейсмокомплексов и отражающих границ, а затем строились временные сейсмогеологические модели разрезов.

С использованием материалов ГИС и ВСП по скважинам Восток-1, Восток-3 и Восток-4 в целях уточнения распределений интервальных и пластовых скоростей были построены литолого-акустические модели (по АК), выполнено одномерное моделирование волновых полей.

Методика построения структурных карт включала в себя стандартный набор процедур - определения значений T_0 вдоль профилей, их коррекцию и устранение невязок, дальнейший экспорт данных в пакеты GridBilder (авторы

В.А. Конторович, В.А. Лапковский, ИНГГ СО РАН) и GS Surfer, где с использованием процедуры Kriging с радиусом 50 км осуществлялся расчет сеточных моделей изохрон с шагом 250×250 метров. Затем, с использованием построенной по скважинным материалам для мезозойского комплекса сеточной модели карты средних скоростей строилась структурная карта поверхности доюрского этажа (как результат произведения сеточных значений изохрон и средних скоростей).

Для расчета структурных карт по доюрским отражающим горизонтам были использованы интервальные скорости ($V_{\text{инт}}$), которые определялись по усредненным материалам ВСП для каждого сейсмокомплекса. В пакете Surfer вычитанием структурных поверхностей были получены карты толщин сейсмокомплексов. По расчётным сеточным моделям строились карты в изолиниях, экспортировались и окончательно оформлялись в графическом редакторе Corel Draw.

2.2.3 Методика интерпретации и анализ гравиметрических и магнитометрических данных

Применяемая при интерпретации потенциальных полей последовательность процедур, в целом, стандартна для подобных региональных задач и включает в себя разделение и последующий комплексный анализ полей с использованием частотных спектров с целью выделения региональной и локальной составляющих, создание различных трансформантов полей, анализ их градиентных характеристик, фильтрации и т.п. Все эти процедуры с использованием различных программных пакетов хорошо известны, описаны и широко используются. При этом в отношении доюрских объектов ЗСП необходимо отметить следующее.

Среди геологов существуют различные точки зрения на возможности и эффективность использования потенциальных полей в целях прогноза состава и строения глубокопогруженных горизонтов фундамента ЗСП. С одной стороны, многолетними работами группой специалистов СНИИГГиМС под руководством В.С. Суркова (см. Главу 1) доказывалась и реализовывалась возможность таким методом выделения областей по типу тектонического развития, генетических особенностей отдельных структурных элементов, и даже проведения некоторых

палеотектонических реконструкций.

Иной точки зрения, значительно ограничивающей применение этих методов, придерживается, в частности, В.С. Бочкарев [Методы тектонического..., 1980; Бочкарев, 1995 и др.]. Он отмечает, что приводимые в работах В.С. Суркова и его коллег признаки структурных элементов без дополнительных факторов (например, геологической информации) однозначно «...не позволяют выделять эти структурные элементы. Большинство исследователей не разделяют информацию по глубине, а группирование указанных структурных элементов по этапам доказывает, что каждый из этих этапов, внося свое изменение в гравитационные и магнитные поля, должен был соответственно менять характеристики предшествующих структур. Следовательно, объективная идентификация элементов практически невыполнима без специальных (основных?) исследований». По мнению В.С. Бочкарева гравимагнитные аномалии позволяют представить структуру основания в сильно генерализованном виде, что, несомненно, должно привести к значительному расхождению результатов геофизической интерпретации и результатов бурения. В доказательство этого им приводится множество примеров подобного несоответствия.

Остановимся на этом моменте немного подробнее. Опыт автора, связанный с интерпретацией гравимагнитных полей непосредственно на территории Предъенисейского бассейна, также свидетельствует о неоднозначности (часто существенной) интерпретационных возможностей, особенно в условиях недостаточно тщательного комплексного учета сейсмогеологических материалов. Односторонний, слишком формализованный подход к интерпретации результатов математических манипуляций с наблюдаемыми полями при отсутствии более надежных контролирующих факторов может привести, как правило, к большому числу неоправданных выводов и ошибочных заключений, а также внешне привлекательной, но по сути искусственной детальности, слабо коррелирующей с реальностью. Это можно увидеть на многих практических примерах.

Помимо обобщающих региональных построений «досейсмической» эпохи (выполненных специалистами ЦГЭ (Новосибирск), Гравиметрической партии №3

(Красноярск) и СНИИГГиМСа), со стороны производственных геофизических организаций в последнее время было предпринято несколько попыток проведения более корректных и детальных интерпретаций гравимагнитных аномалий $(\Delta T)_a$ и Δg на территории бассейна. Прежде всего, это работа ООО ГП «Сибирьгеофизика» в 2006-2008 гг. в рамках уже упоминавшихся площадных аэрогеофизических и аэрогеохимических исследований в левобережье р. Енисей, работа ОАО «ЦГЭ» в 2008 г. в рамках региональных сейсмических работ по линиям региональных профилей Восток-10, 12 и 16, а также недавняя работа той же ООО ГП «Сибирьгеофизика» в 2012-2013 гг. в рамках Государственного контракта по обобщению геолого-геофизических материалов и прогноза нефтегазоносности юго-востока ЗСП (Ген. подрядчик – СНИИГГиМС, соисполнитель – ИНГГ СО РАН) [Разработать..., 2013ф и др.]. Во всех упомянутых работах автор либо принимал личное участие, либо рецензировал и обсуждал результаты с исполнителями эти работы. В любом случае они все хорошо ему известны в деталях. Во всех этих исследованиях декларировалось использование сейсмических и геологических материалов, а сами они (с точки зрения логики трансформирующих аналитических процедур с матрицами потенциальных полей) были проведены вполне квалифицированно. Тем не менее, наряду с важными и интересными результатами, существенно дополняющими и уточняющими сейсмогеологическую модель, в итоговых результатах присутствовали моменты, которые противоречили более надежным фактам, в частности сейсмической информации. Это касалось и формального выделения разломов на базе градиентного анализа поля, и усредненной вертикальной локализации источников аномалий объектов по остаточному полю после его дифференциации, а также формальных попыток двумерного моделирования.

Сравнительный анализ распределения аномальных полей и их трансформантов, результатов формализованной интерпретации и сейсмогеологических данных для каждого конкретного участка убедил автора в том, что корректно в масштабах погруженного под мезозойские комплексы осадочного бассейна работает только региональная составляющая поля. Именно она связана с морфологией

поверхности крупных тектонических элементов, таких как осадочный чехол или выступы древних комплексов основания. Что касается анализа локальных аномалий и градиентного анализа, то они требуют обязательного индивидуального учета сейсмогеологических материалов в каждом отдельном случае, поскольку, как правило, даже на ограниченных участках существенно отличаются друг от друга и требуют дифференцированного подхода. В этом смысле часть выводов после совокупных математических манипуляций с наблюдаемыми полями теряет свой смысл, и вместо формальных алгоритмов программных пакетов оказывается наиболее эффективным «ручная» интерпретация и классификация аномальных эффектов. Это ни в коей мере не умаляет заслуг авторов упомянутых работ и пользы от собственно трансформирующих математических приемов, но заставляет более дифференцированно и избирательно подходить к их интерпретации.

По результатам ранее выполненных исследований на смежных территориях - в пределах обрамления Приенисейской части СП (материалы В.И. Вальчака, Н.Н. Дашкевича, Б.А. Жураковского, В.П. Ключко, С.Н. Шкварникова, Ю.М. Шульгина, А.П. Четвергова) все наиболее широко распространенные разновидности осадочных, метаморфических и вулканогенных пород были количественно дифференцированы по магнитным и плотностным свойствам. Это, в свою очередь, создало весомые предпосылки для первичной оценки вещественного состава древних комплексов. Было показано, что основными магнитовозмущающими объектами на этих территориях являются доюрские интрузивные породы основного и ультраосновного состава, а также метаморфические породы докембрия. В отличие от комплекса осадочных и осадочно-вулканогенных пород любого возрастного диапазона, которые являются практически немагнитными, за исключением эффузивных образований основного состава. При этом гранитоидные комплексы в целом также немагнитны или слабомагнитны. Что касается плотностных свойств, то наиболее плотными являются архейские и нижнепротерозойские метаморфические образования, далее с некоторым дефицитом плотности по отношению к ним обладают карбонатные и терригенные отложения верхнего протерозоя и кембрия, еще менее плотные породы среднего и верхнего па-

леозоя, наиболее легкие - кембрийские галогенно-карбонатные. Плотность пород магматических комплексов колеблется в зависимости от их состава - пониженная плотность характерна для гранитоидов и сиенитов, повышенная - для интрузий основного и ультраосновного состава.

В отличие от вещественного аномалиеобразующего фактора, оказывающего влияние в большей мере на локальном уровне (интрузивные тела), в региональном плане большую аномалиеобразующую роль играет структурно-тектонический фактор. В целом, основными объектами, создающими положительные гравитационные аномалии, являются положительные структуры с более древними (и более плотными) породами в ядрах, а обширные отрицательные аномалии соответствуют региональным прогибам и впадинам.

С учетом сказанного, соискатель в своей работе ограниченно использовал материалы съемок потенциальных полей для некоторых региональных и локальных задач. В частности, это - районирование довендского фундамента бассейна, корректировка структурных построений в местах отсутствия сейсмических исследований, прослеживание региональной границы выклинивания соленосных отложений, выделение и картирование магматических тел, выделение и трассировка дизъюнктивных нарушений. При этом результаты обязательно комплексировались и контролировались данными сейсморазведки.

Что касается методических подходов и критериев оценки перспектив нефтегазоносности, то ввиду их тесной связи с фактическим материалом и результатами прогнозирования, они для удобства изложения рассмотрены в разделе, посвященном самой оценке (Глава 6).

Глава 3

СТРАТИГРАФИЯ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ НЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ И ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

3.1 Верхний неопротерозой

Первые косвенные данные о докембрийском возрасте пород на территории юго-востока ЗСП, полученные по комплексу строматолитов и микрофитоцитов, появились в 70-ые годы прошлого века в результате бурения скважины Вездеходная-3 [Предварительные..., 1977; Геологический..., 1977ф; Сурков, Жеро, 1981; Региональная..., 1993]. Заключение специалистов-палеонтологов (М.Е. Раабен, М.В. Степанова, Н.Е. Гущина) свидетельствовали о возможном вендском возрасте, по крайней мере, части вскрытой доломитовой толщи.

При повторном вскрытии этой доломитовой («вездеходной») толщи скважиной Вездеходная-4 ее возраст по проблематичным остаткам (водоросли и фораминиферы) был переопределен как позднедевонский (франский) [Конторович и др., 1999; Елкин и др., 2000, 2001]. Этот неожиданный вывод подкреплялся выделением (по сейсмическим данным) характерного маломощного «плащеобразного» сейсмокомплекса непосредственно под юрскими отложениями, несогласно перекрывающего нижележащие отложения. Возраст подстилающей вулканогенной («лисицинской») толщи, определенный изотопными ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$) методами, составил около 520 млн. лет, что соответствует раннему кембрию, а нижележащих гранодиоритов - 542 млн. лет. Последующими исследованиями наличие верхнепалеозойского комплекса не подтвердилось - сейсмические отражения на ряде профилей в этой части разреза, принимаемые раньше за отдельные сейсмофации, являются вторичными (кратными). Более того, по мнению А.А. Терлеева [Terleev et al., 2011; Терлеев и др., 2013] и Г.Д. Исаева [Геологическое..., 2003], изучавших палеонтологические остатки «вездеходной» толщи, ее возраст оценивается как, возможно, поздневендский.

Результаты интерпретации современных сейсмических материалов, наряду с новыми данными бурения, показали, что в этом районе, как и на большей части

бассейна, на предъюрскую поверхность выходят преимущественно кембрийские осадочные комплексы. Кроме того, данные однозначно свидетельствуют о наличии в разрезе под ними мощного (до 3-4 км) осадочного комплекса докембрийского возраста.

В пробуренной в 1999 г. скважине Аверинская-150 на глубине 4437 м были обнаружены остатки микрофауны *Egdetheca cf.*, свидетельствующие о принадлежности этой части разреза к самым низам томмотского яруса нижнего кембрия. Ниже, на глубине 4738 м Г.А. Карловой определены остатки *Chancelloria*, обычные в немакит-далдынском ярусе верхнего венда СП [Сараев и др., 2004].

В дальнейшем, в целях более детального изучения разреза в рамках программы ГРР «Восток» было предусмотрено первоочередное бурение ряда параметрических скважин. С учетом сейсмических данных их положение было задано таким образом, чтобы вскрыть и охарактеризовать в разных фациальных районах на максимально возможную мощность осадочный разрез, предположительно, кембрийского (скв. Восток-1 и Восток-4) и докембрийского (скв. Восток-3) возраста. В 2006 г. в непосредственной близости от скв. Вездеходная-4 была пробурена параметрическая скважина Восток-3 на глубину 5002 м с детальным отбором керна, которая полностью подтвердила прогнозный проект. В инт. 5002–3870 м был вскрыт палеонтологически охарактеризованный разрез верхней части вендского комплекса, выше которого в интервале 3870-3635 м залегают нижнекембрийские отложения [Конторович и др., 2008б; Гражданкин и др., 2015].

На примыкающей с востока территории Енисейского кряжа вендские отложения изучены в обнажениях более детально, что зафиксировано в официально утвержденной в 1979 г. стратиграфической схеме [Решения..., 1983]. Позднее, объем и состав осадочных толщ вендского комплекса неоднократно корректировался [Геологическая..., 1993ф, 1998; Качевский и др., 1998, Советов и др., 2000; Кочнев, Карлова, 2010; Kochnev, 2011; Покровский и др., 2012 и др.]. В период 2000-2008 гг. автор с коллегами в течение 3-х полевых сезонов участвовал в изучении обнажений в западной части Енисейского кряжа (непосредственно на правом берегу Енисея (р-он р. Верхняя Сурниха, р. Нижняя Сурниха и р. Столбовая,

р-он ниже устья р. Вороговка) и в устьях правых притоков Енисея – р. Кия, р. Вятка, р. Исаковка, р. Столбовая, р. Нижняя Сурниха), где были изучены и описаны венд-кембрийские разрезы чапской серии и лебяжинской свиты.

Таким образом, при составлении корреляционной стратиграфической схемы верхнедокембрийских отложений использовались результаты глубокого бурения (скв. Аверинская-150 и Восток-3), сейсмогеологические материалы и информация по естественным обнажениям в правобережье р. Енисей. Исследования проводились коллективом сотрудников ИНГГ СО РАН под руководством академика А.Э. Конторовича и частично опубликованы [Конторович и др., 2008б; Гражданкин и др., 2015]. Рабочий вариант схемы, подготовленный Д.В. Гражданкиным, Б.Б. Кочневым, С.В. Сараевым и автором, был представлен и предварительно одобрен на совещании, проведенном СибРМСК в г. Новосибирске 27-29 ноября 2012 г.

За основу схемы структурно-фациального районирования венда Предъенисейского бассейна взята разработанная ранее и впоследствии усовершенствованная схема для юго-западной части СП [Решения..., 1989; Стратиграфия..., 2005] (Рисунок 3.1).

Имеющиеся на сегодняшний день данные позволяют выделить в пределах рассматриваемой территории 3 структурно-фациальных района, подразделяемые на структурно-фациальные зоны и, в некоторых случаях, на подзоны.

В дополнение к имеющейся схеме [Решения..., 1989; Стратиграфия..., 2005] к западу от Енисейского кряжа предлагается обособить новый, Предъенисейский структурно-фациальный район. Вендские отложения в его пределах выделяются лишь в 2-х скважинах, однако по своему строению и составу они отличаются. Исходя из этого, предлагается условно выделить западную - Кетскую структурно-фациальную зону и восточную - Касскую зону. В Касской зоне венд представлен сульфатно-терригенно-карбонатными отложениями (основание не вскрыто), характерными для даниловского горизонта СП. В Кетской зоне в составе венда выделяются как карбонатные, так и терригенные отложения, а мощность вендского комплекса, скорее всего, существенно выше.

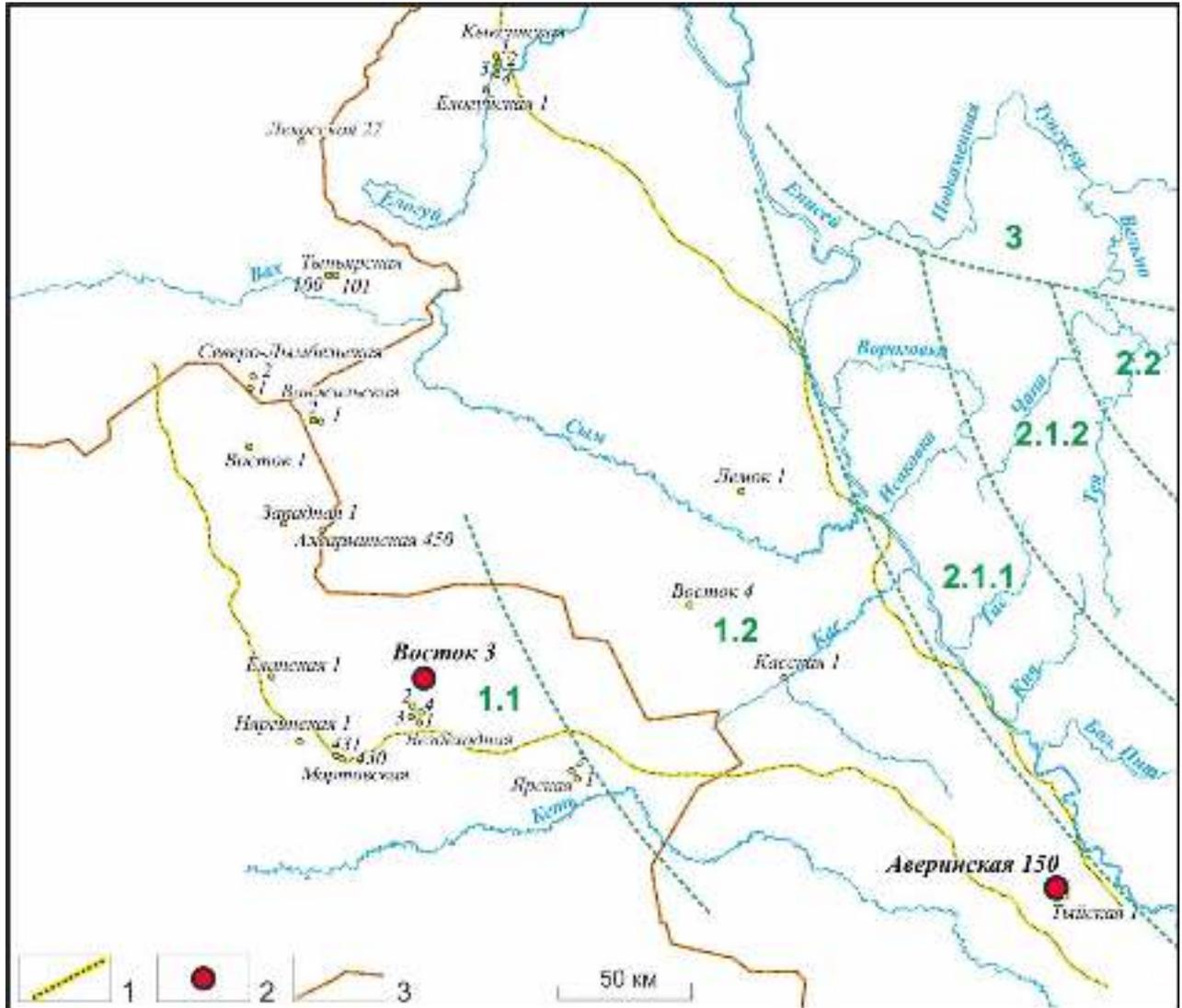


Рисунок 3.1 - Схема структурно-фациального районирования венда Предьенисейской субпровинции и юго-западной окраины СП (по [Стратиграфия..., 2005] с дополнениями и изменениями).

Условные обозначения: 1 – границы бассейна; 2 – скважины, вскрывшие вендские отложения; 3 – административные границы. Структурно-фациальные районы, зоны и подзоны: 1 - Предьенисейский район: 1.1 - Кетская зона, 1.2 - Каспская зона; 2 - район Енисейского кряжа: 2.1 - Тейская зона, 2.1.1 - Лебяжинская подзона, 2.1.2 - Тейско-Чапская подзона, 2.2 - Тохомская зона; 3 - Бахтинский район.

Ввиду различий в строении и составе вендского комплекса в Предьенисейском осадочном бассейне и на смежных территориях, было принято решение о выделении в Кетской структурно-фациальной зоне (разрез скв. Восток-3) собственных подразделений в ранге свит. При этом литологическое сходство разреза венда и низов кембрия скв. Аверинской-150 с разрезами Нижнего Приангарья (юго-запад СП) позволило использовать уже принятые местные стратиграфиче-

ские подразделения [Сараев и др., 2004]. В скважине Восток-3 [Гражданкин и др., 2015] венд представлен (снизу-вверх) пойгинской, котождинской и райгинской свитами (Рисунок 3.2).

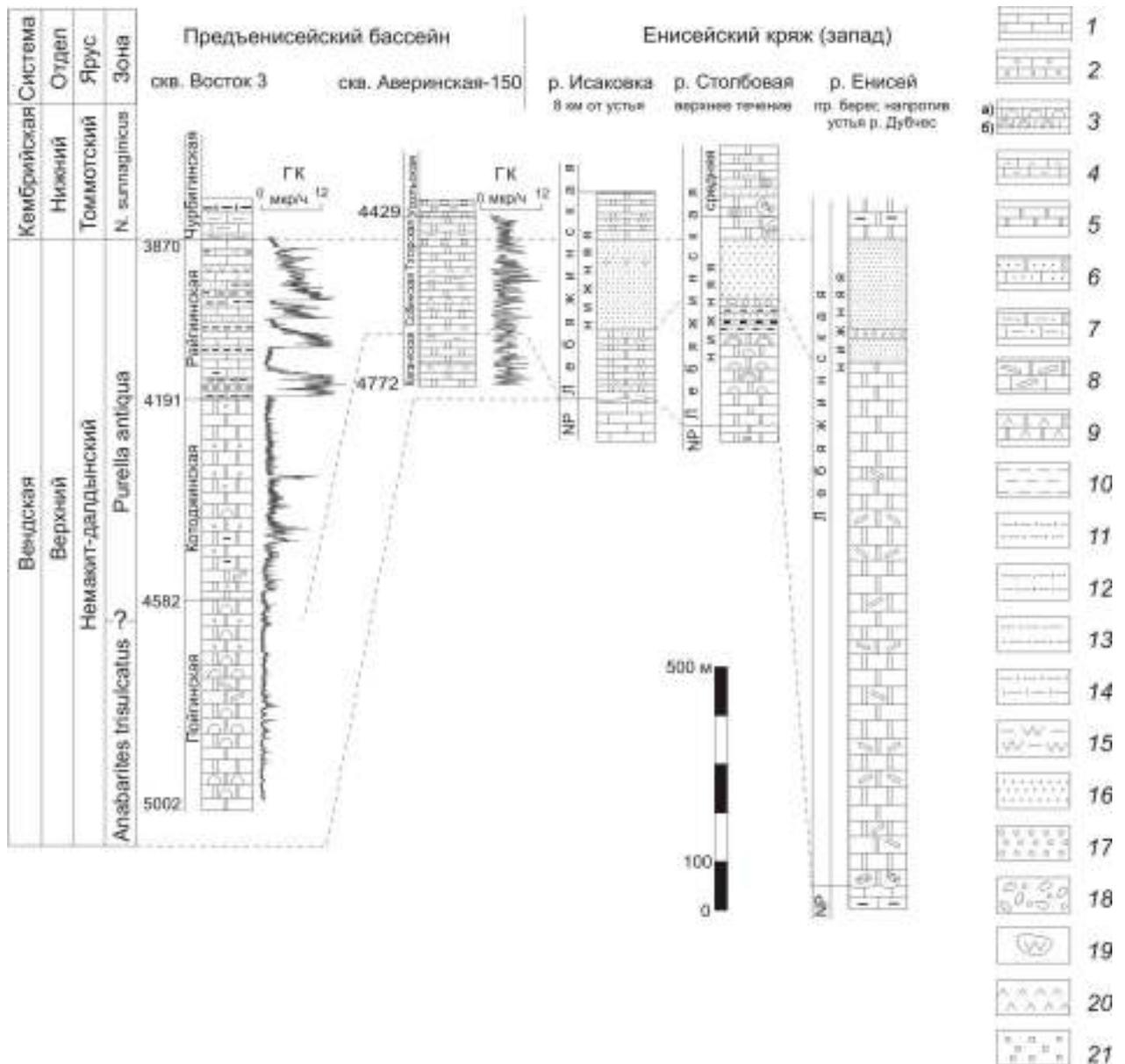


Рисунок 3.2 - Схема корреляции разрезов верхневендских отложений Предъенисейского осадочного бассейна и западной части Енисейского края.

Условные обозначения: 1 – известняки; 2 - комковатые известняки; 3 - строматолитовые известняки (а - пластовые строматолиты, б - столбчатые строматолиты); 4 - глинистые известняки; 5 - доломитолиты; 6 - песчанистые доломитолиты и известняки; 7 - алевритистые доломитолиты и известняки; 8 - интракластовые доломитолиты и известняки; 9 - ангидритистые доломитолиты; 10 - аргиллиты; 11 - алевролиты; 12 - известковистые алевролиты; 13 - углеродсодержащие алевритоглинистые породы; 14 - углеродсодержащие карбонатно-глинистые породы; 15 - углеродсодержащие глинисто-кремнистые породы; 16 - песчаники; 17 - гравелиты; 18 - конгломераты; 19 - кремневые конкреции; 20 - ангидрит; 21 - галит.

Пойгинская свита выделяется в инт. 5002–4582 м разреза параметрической скважины Восток-3. Название происходит от руч. Пойга, впадающего в р. Лисица (правый приток р. Кеть). Сложена серыми неравномерно перекристаллизованными доломитами с хорошо сохранившимися признаками пластово-строматолитовых и разнотермических структур. В инт. 4944–4930 м и 4756–4753 м обнаружена микробалитовая структура *Korilophyton*. По всему разрезу свиты в виде согласных со слойчатостью полос и пятен развита пористость и кавернозность. Нижняя граница в керне не представлена и проводится условно немного ниже забоя скважины. Мощность превышает 420 м.

Котоджинская свита выделяется в инт. 4582–4191 м разреза параметрической скважины Восток-3. Названа по руч. Котоджа, левому притоку р. Лисица. Представлена темно-серыми, серыми и светло-серыми доломитами, среди которых преобладают переслаивающиеся перекристаллизованные мелкозернистые и пелитоморфные доломиты. В инт. 4550,3–4545,3 м, 4538,3–4535,3 м, 4471,5–4469,0 м встречены пластовые строматолиты, в инт. 4443,9–4404,8 м отмечаются микрофитолиты *Vesicularites* и *Volvatella*, а в инт. 4411,8–4404,8 м присутствует микробалитовая структура *Renalcis* [Гражданкин и др., 2015]. По сравнению с подстилающей пойгинской свитой, в доломитах появляется незначительная примесь алюмосиликокластики пелитовой и алевропесчаной размерности (кварц, мусковит), редкие тонкие прослои кремней и, в целом, увеличивается содержание углеродистого вещества. По комплексу ГИС и материалам ВСП свита связана постепенным переходом с подстилающей пойгинской свитой. Судя по волновой картине на сейсмическом разрезе внутри свиты (на глубинах около 4360 и 4450 м) выделяются две резкие сейсмические отражающие поверхности, приуроченные, вероятно, к прослоям глинистых пород. Мощность 391 м.

Райгинская свита выделяется в инт. 4191–3870 м и названа по руч. Райга, правому притоку р. Лисица. Свита хорошо устанавливается по всему комплексу ГИС, особенно по гамма-каротажным диаграммам, которые выявляют ее циклическое строение. Осадочная последовательность состоит из трех крупных циклитов мощностью от 95 до 130 м (инт. 4191–4095 м, 4095–4000 м и 4000–3870 м).

Каждый из них в нижней части сложен обломочными известняками с прослоями песчаников, алевролитов и гидрослюдистых аргиллитов, обогащенных обломочной слюдой, и характеризуется дифференцированными высокими значениями ГК, а в верхней части – перекристаллизованными пелитоморфными известняками с низкими стабильными значениями ГК. Для отложений характерна градиационная, косая, параллельная и линзовидная слоистость. Нижняя граница свиты резкая. Мощность составляет 321 м. Выше по разрезу свита перекрывается карбонатно-глинистой чурбигинской свитой с наличием скелетных остатков кембрийского возраста.

Обнаруженные Г.Д. Гражданкиным [Гражданкин и др., 2015] в скв. Восток-3 скелетные остатки представителей рода *Cloudina* указывают на поздневендский (позднеэдиакарский) возраст котоджинской и райгинской свит. В разрезе скважины совместно с *Cloudina* им встречены бокаловидные фосфатизированные остатки представителей рода *Namacalathus*. Экземпляры из разреза принадлежат к новому виду рода *Namacalathus*, так как, в отличие от типового вида *N. hermanastes*, имеют существенно более мелкие размеры. Считается, что к настоящему моменту известно всего три местонахождения *Namacalathus* (в Намибии, Канаде и Омане), причем везде они встречены совместно с остатками *Cloudina*. Палеонтологическая ассоциация *Cloudina*–*Namacalathus*, по мнению различных исследователей, имеет высокое корреляционное значение. В этой связи новая находка этой ассоциации в разрезе скважины имеет фундаментальное научное и прикладное значение. На основании имеющихся данных можно заключить, что обнаруженные остатки *Namacalathus* подтверждают поздневендский (позднеэдиакарский) возраст котоджинской и райгинской свит. Поскольку находки в скважине Восток-3 являются четвертым местонахождением представителей рода *Namacalathus* в мире и первым встреченным на территории Сибири комплексом *Cloudina*–*Namacalathus*, это существенно расширяет палеобиогеографический ареал распространения этих древнейших скелетных организмов [Контрович и др., 2008б; Гражданкин и др., 2015].

В скважине Аверинская-150, характеризующей Касскую структурно-

фациальную зону, по аналогии с разрезами венда юго-запада внутренних районов СП условно выделены катангская, собинская и тэтэрская свиты [Сараев и др., 2004]. Катангская свита вскрытой мощностью 55 м (инт. 4717-4772 м) сложена переслаиванием массивных и неяснослоистых коричнево-серых доломитов и пак чек тонкого чередования глинистых и алевролитистых доломит-ангидритовых пород (Рисунок 3.2). Собинская и тэтэрская свиты (нерасчлененные) вскрыты в инт. 4717-4429 м (общая мощность 288 м) и сложены преимущественно массивными, слабо глинистыми буровато-серыми доломитами с примесью (иногда прослоями) ангидрита. Местами отмечается окремнение. В верхней части небольшие прослои с повышенным содержанием глинистого и алевролитового материала. Слоистость в доломитах параллельная, градационная, реже пологая косая, линзовидная, бугорчатая; отмечаются текстуры микровзмучивания и нептунические микродайки. Породы часто подвергнуты вторичной галитизации. Разрез перекрывается толщей мощных пластов каменной соли, относимой к аналогам усольской свиты кембрия. В верхней части тэтэрской свиты в 7 м ниже предполагаемой кровли (гл. 4436 м) Г.А. Карловой (ИНГГ СО РАН) найдены и определены мелкораквинные остатки *Egdetheca* cf., указывающие на принадлежность вмещающих пород к зоне *N. sunnaginicus* низов томмотского яруса нижнего кембрия. Это согласуется с данными по внутренним районам СП, где основание кембрия также проводится внутри тэтэрской свиты. В нижней части разреза Аверинской скв. 150 (инт. 4724-4738 м) найдены скелетные микропроблематики *Chancelloria* [Сараев и др., 2004], позволяющие относить этот уровень к немакит-далдынскому региоярису, основание которого, как сказано выше, совпадает с подошвой даниловского горизонта.

Как уже отмечалось, вендские отложения известны на севере и юге Енисейского кряжа (Тейская и Тасеевская структурно-фациальные зоны), а также в ряде выходов вдоль его западной окраины, на правобережье Енисея (район р. Исаковка). Максимальные мощности и объем венда наблюдаются в Тейско-Чапском и Нижнеангарском прогибах, при этом вопрос о стратиграфическом объеме и нижней границе вендского комплекса остается предметом дискуссий.

Общепринята точка зрения, согласно которой к венду относится чапская серия и низы лебяжинской свиты на севере и западе Енисейского края, а также тасеевская серия, редколесная и островная свиты на юге края [Стратиграфия..., 2005].

Разрезы чапской серии известны в бассейнах рек Тея и Чапа, а также в виде отдельных блоков обнажаются в западных районах Енисейского края по правым притокам Енисея - Вороговки, Кутукас, Столбовой и Н. Сурнихи, Исаковки и в ряде других мест. Отложения серии с размывом и угловым несогласием залегают на различных толщах верхнего рифея. На р. Чапе разрез серии начинается (не повсеместно) *суворовской свитой*, представленной красноцветными полимиктовыми песчаниками и гравелитами, в верхней части кварцевыми песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов [Решения..., 1983; Геологическая..., 1998; Тектоника..., 2004; Стратиграфия..., 2005 и др.]. Мощность свиты, развитой лишь в центральной части Тейско-Чапского прогиба, достигает 350 м, в большинстве других разрезов свита отсутствует.

Подъемская свита залегает либо согласно на суворовской свите, либо с размывом на более древних отложениях. В ее основании залегает пачка базальных конгломератов и брекчий, которые вверх по разрезу сменяются песчанистыми доломитами, песчаниками, аргиллитами и строматолитовыми доломитами, часто ритмично переслаивающимися. Общая мощность от 270 до 600 м [Бутаков и др., 1975]. В подъемской свите известны определения строматолитов и микрофитолитов, имеющих широкий возрастной диапазон. О возрасте подъемской свиты свидетельствуют изотопно-геохимические данные ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7076-0,7078$), указывающие на ее принадлежность к нижнему венду [Покровский и др., 2012].

Немчанская свита сложена красноцветными терригенными породами и подразделяется на 3 подсвиты [Бутаков и др., 1975]. В составе свиты преобладают разномерные, часто косослоистые песчаники и алевролиты, реже конгломераты и аргиллиты. Средняя подсвита имеет преимущественно тонкообломочный состав. Верхняя подсвита сложена, в основном, грубозернистыми песчаниками, гравелитами и конгломератами. В средней части верхней подсвиты обособляется терригенно-карбонатная пачка, представленная переслаиванием долами-

тов и песчаников. Общая мощность составляет от 2000 до 4000 м, причем наиболее изменчивы по мощности две нижние подсвиты [Бутаков и др., 1975; Геологическая..., 1998].

Корреляция разрезов немчанской свиты с глубокими скважинами, расположенными на западном склоне Байкитской антеклизы показывает, что во внутренних районах СП аналогом немчанской свиты, по-видимому, являются ванаварская, оскобинская (оморинская) и катангская (тохомская) свиты, т.е., непский, тирский и нижняя часть даниловского горизонтов венда [Стратиграфия..., 2005; Kochnev, 2011].

В последнее время получены данные, ставящие под сомнение отнесение ряда традиционных разрезов к чапской серии (в частности, к подъемской свите). Так, изученные Б.Б. Кочневым разрезы подъемской свиты на р. Вороговка (вблизи устьев ее притоков р.р. Северная и Захребетная, на севере Енисейского кряжа) по сделанным находкам мелкораковинной фауны имеют поздневендский возраст (немакит-далдынский ярус) и должны относиться к нижнелебязинской подсвите [Кочнев, Карлова, 2010]. Аналогичный разрез подъемской свиты (по Л.К. Качевскому [Геологическая..., 1998]) на правом берегу Енисея (в междуречье рек Н. Сурниха и Столбовая), обособляемый Ю.К. Советовым с коллегами [Советов и др., 2000] в качестве столбовской свиты поздневендского возраста, по мнению некоторых геологов (Б.Б. Кочнев, С.В. Сараев, Ю.Ф. Филиппов), изучавших этот разрез в 2004 и 2014 гг., также может считаться аналогом лебязинской свиты, к поздневендскому возрасту которой относятся лишь нижние ее фрагменты. В пользу такого предположения косвенно свидетельствуют многочисленные данные о залегании в этом (а также севернее (р. Вороговка) и южном (до устья р. Б. Пит) районах лебязинской свиты непосредственно на более древних складчатых комплексах протерозоя.

Все чаще появляются доказательства существенно более молодого возраста мощных «байкальских» комплексов, в частности, вороговской серии. Так, А.А. Постниковым с коллегами [Постников и др., 2008, 2009] были получены данные, свидетельствующие о поздневендском возрасте вороговской серии на се-

вере Енисейского края. Ранее большинство специалистов рассматривали ее в качестве аналога чингасанской серии позднерифейского возраста. В последних публикациях коллектива авторов [Летникова и др., 2017, Вишневская и др., 2017] на основании датирования возраста детритовых цирконов (LA ICP-MS U-Pb) северореченской свиты (585 млн.л.), а также корреляции изотопных содержаний $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $\delta^{13}\text{C}$, обосновывается вендский возраст вороговской серии (северореченская, мутнинская и сухореченские свиты). Несмотря на имеющиеся изотопно-геохимические данные, вопрос о возможном поздневендском возрасте серии пока остается открытым.

В пользу более «молодого» возраста может косвенно свидетельствовать факт (подтверждаемый материалами полевых работ 2000 г.) согласного залегания низов лебяжинской свиты и вороговской серии. При отсутствии в разрезе мощного силикокластического фрагмента чапской серии (немчанской свиты) и условно картируемой маломощной и плохо обнаженной подъемской свиты, которая может являться нижним фрагментом выделяемой здесь лебяжинской свиты, отложения лебяжинской свиты и вороговской серии представляют собой в этом разрезе единый структурно-осадочный комплекс (Рисунок 3.3).

Лебяжинская свита имеет более широкое площадное распространение в различных районах Енисейского края. К докембрию традиционно относят нижний фрагмент ее нижней подсвиты. В районах развития чапской серии она залегает на немчанской свите согласно и с постепенным переходом [Бутаков и др., 1975]. На севере Енисейского края, в бассейнах рек Б. Лебяжья и Вороговка лебяжинская свита с несогласием и относительно маломощной базальной пачкой или без нее [Кочнев, Карлова, 2010] залегает на разновозрастных отложениях верхнего рифея (чингасанская серия) и более древних толщах.

В 2000 г С.В. Сараевым и автором изучался разрез верхнерифейских(?) и венд-кембрийских отложений по р. Исаковка - правому притоку Енисея. В 8 км выше устья на глинистых и строматолитовых известняках (местами доломитизированных) сухореченской свиты (вороговская серия) без видимого структурного несогласия (см. рисунок 3.3) залегает 140-метровая (мощность из-за множества

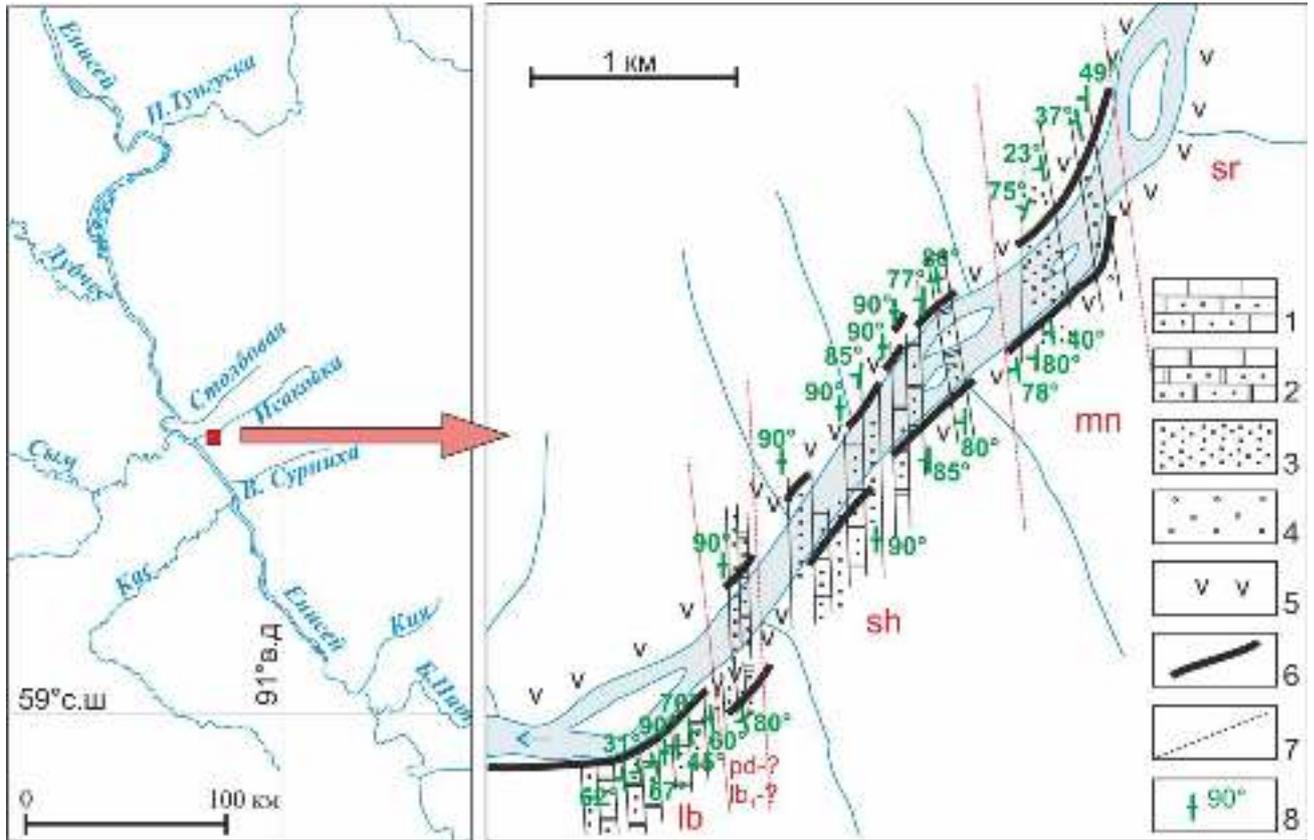


Рисунок 3.3 - Разрез верхнедокембрийских отложений по р. Исаковка (Енисейский край).

Условные обозначения: 1 - известняки (глинисто-песчанистые); 2 - доломиты (глинисто-песчанистые); 3 - песчаники, алевролиты; 4 - гравелиты; 5 - задернованные участки; 6 - места обнажений; 7 - границы свит; 8 - элементы залегания пород. Свиты: lb - лебяжинская; pd - подъемская; sh - сухореченская; mn - мутнинская; sr - северореченская.

здернованных участков условна) карбонатная толща, представленная в основном переслаиванием мелко- и среднезернистых доломитов и песчанистых доломитов, которая перекрывается существенно терригенной толщей (около 150-170 м). Она представлена средне- и крупнозернистыми массивными и косослоистыми песчаниками светло-желто-серых оттенков с прослоями гравелитопесчаников и гравелитов. Песчаники имеют карбонатный цемент, часто наблюдается вторичная пористость за счет растворения.

На геологических картах масштаба 1:50000 и более поздних версиях масштаба 1:500000 [Качевский и др., 1998; Геологическая..., 1993ф, 1998] нижняя (около 200 м) часть этих отложений отнесена к подъемской свите (карбонатная к нижней, а фрагмент терригенной к верхней подсвитам) чапской серии вендского

возраста. Верхний фрагмент терригенной толщи с гравелитами в основании отнесен уже к нижнелебяжинской подсвите. Верхняя часть нижнелебяжиской подсвиты (выше терригенного фрагмента) карбонатного состава традиционно относится к нижнему кембрию и будет описаны ниже в соответствующем разделе.

В 2004 году аналогичные венд-кембрийские разрезы лебяжинской свиты изучались нами по обнажениям на правом берегу Енисея. В частности, были описаны разрезы в устье р. Верхняя Сурниха и по берегам р. Столбовой, правому притоку Енисея, а в 2008 году - на правом берегу Енисея напротив устья р. Дубчес.

Вендский разрез по правому берегу Енисея напротив устья р. Дубчес (у островов Парусок и Окуневый) является наиболее мощным в западной части кряжа. На геологических картах [Качевский и др., 1998; Геологическая..., 1993ф, 1998] здесь выделяется подъемская и лебяжинская свиты, несогласно (зона контакта сильно задернована) залегающие на рифейских комплексах. Нижняя, наиболее мощная, часть подъемской свиты в коренных выходах представлена мелко- и среднезернистыми серыми доломитами, доломитовыми брекчиями. В верхней части разреза обнажается пачка перекристаллизованных сахаровидных доломитов. Мощность существенно задернованной карбонатной толщи с учетом углов залегания ($60-75^\circ$) может составлять около 1 км. Выше залегает существенно терригенная толща мощностью около 200 м, представленная светло-серыми разномзернистыми песчаниками и более редкими прослоями кварцевых гравелитов. Еще выше разрез представлен светло-серыми доломитами, часто глинистыми. Падение слоев - юго-юго-западное.

Еще один разрез подъемской свиты (по материалам геологического картирования [Геологическая..., 1998]) или ее аналогов – столбовской свиты (по [Советов и др., 2000]) изучался С.В. Сараевым и автором в 2004 г. на правом берегу Енисея в междуречье его правых притоков - рек Нижняя Сурниха и Столбовая (скала Утиный Столб). Разнофациальная терригенно-карбонатная толща общей мощностью около 500 м, имеющая западные-юго-западные азимуты падения и средние углы $35-50^\circ$, несогласно перекрывает рифейские темноцветные мета-

морфизованные сланцы кутукаской или сухопитской серий (контакт обнажен севернее - по р. Н. Сурниха в 2,5 км от устья). Нижний фрагмент разреза (около 200 м, верхняя часть задернована) представлен комковатыми доломитами с водорослевыми биостромами (Рисунок 3.4) и трещинами усыхания, которые по латерали замещаются мощными линзами плохосортированных и слабоокатанных гравелитов, гравелито-песчаников и песчаников, часто косослоистых (Рисунок 3.5) и неפטуническими дайками гравелитов (Рисунок 3.6). Выше по разрезу терригенные разности полностью доминируют (тонкоплитчатые серые аргиллиты и алевролиты). Местами присутствуют знаки волноприбойной ряби. Анализ водорослевых и цианобактериальных структур, проведенных В.А. Лучининой (из образцов Ю.К. Советова [Советов и др., 2000] и автора) указывает на их поздневендский или венд-кембрийский возраст. Вторичные преобразования и широкий временной диапазон определенных органических форм не позволяет датировать толщу точнее.



Рисунок 3.4 – Водорослевые (цианобактериальные?) структуры в доломитах (нижняя часть столбовской свиты, верхний венд), р. Енисей, 0,2 км ниже устья р. Столбовой.



Рисунок 3.5 – Гравелитопесчаники (нижняя часть столбовской свиты, верхний венд), р. Енисей, 2 км ниже устья р. Столбовой.



Рисунок 3.6 – Прослой гравелита в доломитовых отложениях (нижняя часть столбовской свиты, верхний венд), р. Енисей, 2 км ниже устья р. Столбовой.

Выше разрез сменяется более глубоководными отложениями (около 140 м, нижняя часть задернована), представленными тонкослойчатыми серо-зелеными и серо-коричневыми мергелями, известковистыми песчаниками и тонкоплитчатыми глинистыми известняками, иногда битуминозными (издают запах сероводорода и керосина). В верхней части разреза встречены доломитизированные разности. Еще выше разрез представлен пестроцветной (кирпично-красной и реже светло-зеленой) 30-метровой толщиной глинистых доломитов, доломитистых алевролитов и аргиллитов, нередко водорослевых. Венчает разрез 70-метровая сложно дислоцированная толща крепких комковатых и толстоплитчатых светло-коричневых обломочных и строматолитовых доломитов, из которых и состоит скала Утиный Столб (Рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 – Пестроцветная терригенная и доломитовая (обломочная, строматолитовая) толщи (верхняя часть столбовской свиты, верхний венд), р. Енисей, скала Утиный Столб, 3 км ниже устья р. Столбовой.

Что касается «подъемских» разрезов, то по мнению С.В. Сараева [Сараев, 2015] карбонатный и терригенный их фрагменты могут рассматриваться в составе нижнелебязинской подсвиты, причем граница венда и кембрия им условно

проводится в основании терригенной пачки на основании резкой смены обстановок осадконакопления. Поскольку в разных районах кряжа в составе нижнелебязинской подсвиты терригенные пачки выделяются далеко не всегда (например, в бассейне р. Вороговка [Кочнев, Карлова, 2010, Покровский и др., 2012]), отнесение этого «пограничного» фрагмента к лебязинской свите или к чапской серии следует считать спорным, требуются дополнительные обоснования его возраста.

Б.Б. Кочневым и Г.А. Карловой в основании лебязинской свиты в 2 местонахождениях по р. Вороговке определены мелкораковинные остатки, характерные для верхней части (зона *Purella antiqua*) немакит-далдынского яруса [Кочнев, Карлова, 2010]. Необходимо отметить, что ранее [Геологическая..., 1998; Тектоника..., 2004] эти отложения также относили либо к чапской серии (подъемская свита), либо еще более древним комплексам (вороговская серия).

В публикации, посвященной вендским отложениям скв. Восток-3 и их корреляции [Гражданкин и др., 2015], к венду нами отнесен карбонатный и большей частью терригенный фрагмент нижнелебязинской подсвиты (некоторые из них ранее относимые к подъемской свите). Е.П. Бутаков с коллегами [Бутаков и др., 1975] к венду относили нижние 180 м 380-метрового нижнелебязинского карбонатного разреза по р. Чапа, а верхние 200 м (по палеонтологическим определениям и наличию глиптоморфоз соли и других текстурных особенностей, характерных для бессолевого аналога усольской свиты), к кембрию.

В карбонатной и терригенной частях нижнелебязинского разреза по р. Столбовой таких текстурных особенностей нами не выявлено, а глиптоморфозы соли (Рисунок 3.8) встречены выше, вблизи границы со среднелебязинскими отложениями с характерными кремнистыми стяжениями.

В скважине Восток-3 верхняя часть вендского разреза, представленная райгинской свитой, имеет существенно более терригенный состав, нежели подстилающие карбонатные отложения котоджинской и пойгинской свит. Таким образом, если принять терригенную часть нижнелебязинской подсвиты в западной части Енисейского кряжа аналогом райгинской свиты, то ее логично относить к венду, а вышележащую карбонатную часть уже к кембрию (Рисунок 3.2).



Рисунок 3.8 – Глиптоморфозы по кристаллам галита в лебяжинской свите (нижний кембрий), верхнее течение р. Столбовой.

Что касается нижневендских отложений, то в пределах Предъенисейского бассейна скважинами они не вскрыты, а из ближайших районов известны только в обнажениях Енисейского кряжа и разрезах скажин на прилегающих территориях СП. Нижняя часть венда на юге кряжа представлена тасеевской серией, залегающей с несогласием на нижнепротерозойских и рифейских комплексах. Отложения серии представлены терригенными красноцветными *алешинской* и *мошаковской* свитами, разделенными сероцветной карбонатно-терригенной *чистяковской* свитой [Решения..., 1983, 1989; Геологическая..., 1998] суммарной мощностью по разным оценкам от 300 до 2700 м, а по [Решения..., 1989] - более 4000 м.

Палеонтологических данных, позволяющих однозначно установить возраст тасеевской серии, нет. Корреляция свит серии с подразделениями внутренних районов СП допускает различные в деталях варианты сопоставления [Советов, Благовидов, 2004; Кочнев, Карлова, 2007; Мельников, 2009]. Согласно более тра-

диционной точке зрения, эти отложения сопоставляются с тирским и непским горизонтами внутренних районов СП, т.е., несогласие в подошве тасеевской серии отвечает предвендскому перерыву в осадконакоплении.

На отложениях тасеевской серии в обнаженных районах юга Енисейского кряжа залегает *редколесная свита*, сложенная грубозернистыми косослоистыми кварцевыми песчаниками и гравелитами с горизонтами конгломератов. В основании свиты отмечаются признаки перерыва [Советов, 1977]. Мощность редколесной свиты составляет от 80 до 400 м. Свита сопоставляется с нижней подсвитой *усть-тагульской* свиты Бирюсинского Присяянья, которая содержит следы жизнедеятельности организмов, характерные для немакит-далдынского горизонта верхнего венда [Кочнев, Карлова, 2010]. На редколесной свите с постепенным переходом залегает *островная свита*. Нижняя часть островной свиты представлена переслаиванием песчаников, пестроцветных алевролитов и доломитовых мергелей. В средней и верхней части свиты преобладают глинистые доломиты, доломитовые мергели, песчанистые доломиты. Отмечаются брекчированные прослои и глиптоморфозы по галиту. Вблизи основания островной свиты найдены мелкорачковинные остатки, характерные для зоны *Purella antiqua* верхней части немакит-далдынского яруса [Кочнев, Карлова, 2010], что позволяет сопоставлять подошву островной свиты юга с основанием лебяжинской свиты севера Енисейского кряжа. Мощность островной свиты 100-120 м. Выше по разрезу залегают известняковые гипергенные брекчии *иркинеевской* свиты кембрия.

Изложенные выше материалы позволяют сделать заключение о том, что на близлежащих к Предъенисейскому бассейну территориях Енисейского кряжа вендские отложения литологически разнородны и имеют крайне непостоянную мощность. В локальных прогибах их суммарная толщина может достигать 3-5 км, при этом основная часть комплексов представлена пестроцветными терригенными отложениями (чапская и тасеевская серии), и только в верхней части (первые сотни метров) разрез становится существенно карбонатным (островная и лебяжинская свиты). Именно с ними сопоставляются вскрытые в Предъенисейском бассейне скважинами верхневендские (немакит-далдынские) преимущественно карбонат-

ные комплексы мощностью более 1100 м. Таких мощных карбонатных отложений поздневендского возраста на смежных территориях пока не наблюдалось, за исключением разреза на правом берегу Енисея, напротив устья р. Дубчес, где стратиграфически ниже среднелебязинских карбонатных отложений с характерным обилием кремнистых стяжений после почти 600 м задернованного участка обнажается 1300-метровый преимущественно карбонатный разрез с терригенным фрагментом (около 250 м) в верхней части. Как уже отмечалось, по Л.К. Качевскому [Качевский и др., 1998; Геологическая..., 1993ф, 1998]) эти отложения отнесены к подъемской свите, а по мнению С.В. Сараева [Сараев, 2015], которое разделяет и автор, они являются составной частью нижнелебязинской подсвиты.

Необходимо иметь ввиду и возможность вендской датировки [Постников и др., 2008; Kochnev, 2011; Летникова и др., 2017 и др.] мощных карбонатно-терригенных отложений вороговской серии (ранее датируемой поздним рифеем), о чем также говорилось выше, и о чем свидетельствует все больше полученных данных. Появляются в печати и косвенные данные о более молодом возрасте (555-540 млн. лет) чингасанской серии, в частности, лопатинской свиты [Шацило и др., 2015]. Этим данным противоречат $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датировки (около 700 млн. лет) чивидинской свиты этой же серии [Ножкин и др., 2007 и др.].

В любом случае, исходя из современного анализа распространения вендских комплексов в обнажениях Енисейского кряжа, мы вправе допустить большие (до 3-5 км) их мощности в наиболее прогнутых частях прилегающего с запада Предъенисейского бассейна, где они частично вскрыты скважинами, а в полном объеме фиксируются на сейсмических разрезах. Этот вопрос будет рассмотрен в следующей главе, посвященной анализу сейсмической информации.

3.2 Кембрий

Кембрийские отложения в Предъенисейской части ЗСП впервые были вскрыты в 50-е годы прошлого столетия Касской и Елогуйской опорными скважинами и скважинами на Кыксинской площади [Драгунов и др., 1967; Геологическое..., 1968, Булынникова и др., 1973]. Литологический состав пород, редкие

фрагменты трилобитов и брахиопод в скв. Елогуйская-1Р позволили сопоставить часть вскрытого под мезозойским чехлом карбонатного разреза с известными толщами средне-позднекембрийского возраста на прилегающих территориях Енисейского кряжа и СП (эвенкийская свита и ее аналоги).

Анализ сейсмических материалов, полученных в результате проведенных во второй половине 80-х годов прошлого столетия работ в левобережной части р. Енисей, показал, что в регионе под мезозойским осадочным чехлом развита мощная толща верхнепротерозойско-нижнепалеозойских отложений, аналогичных разрезам СП. Тогда же в ряде работ [Бененсон и др., 1987; Дашкевич, Каштанов, 1990; Каштанов, Филиппов, 1994 и др.] на основе комплексного анализа гравиметрических и сейсмических материалов в левобережье Енисея было спрогнозировано значительное соленасыщение разреза нижнего кембрия. Согласно авторам этих публикаций, нижнекембрийский комплекс претерпевал фациальные изменения и значительно редуцировался по мощности с востока на запад.

В 90-е годы на рассматриваемой территории были пробурены глубокие скважины (Рисунок 2.1): - Тыйская-1 [Геологическое..., 1995], Вездеходная-4 [Конторович и др., 1999], Лемок-1 [Кринин, 1998], а в 2000г. - Аверинская-150 [Сараев и др., 2004]. В скважине Тыйская-1 был вскрыт фрагмент карбонатного нижнекембрийского разреза с достоверным определением возраста по трилобитам (определение А.И. Варламова) [Геологическое..., 1995], а в скважине Вездеходная-4 – мощный терригенно-вулканогенный разрез [Конторович и др., 1999; Сараев, Пономарчук, 2005], перекрытый осадочной доломитовой толщей неопределенного возраста [Елкин и др., 2000, 2001]. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датировки вулканогенных отложений и гранодиоритов скважины Вездеходная-4 указывают на раннекембрийский возраст [Конторович и др., 1999; Сараев, Пономарчук, 2005]. Скважинами Лемок-1 [Кринин, 1998] и Аверинская-150 [Сараев и др., 2004] вскрыт и охарактеризован полный разрез кембрия – от соленосных нижнекембрийских отложений усольского уровня до пестроцветных карбонатно-терригенных комплексов - аналогов эвенкийской свиты среднего-верхнего кембрия.

В начале 2000-х годов было запланировано бурение 3-х глубоких (более

5 км) параметрических скважин. Скважина Восток-4 была заложена в районе предполагаемой западной границы раннекембрийского солеродного суббассейна с целью возможного вскрытия ограничивающих его рифовых построек. Скважины Восток-1 и Восток-3 располагались еще западнее, где, исходя из сейсмических данных, предполагалось охарактеризовать наиболее полный разрез кембрия и докембрия, а кроме того, изучить отложения глубоководных предрифовых фаций открытого моря – фациальные аналоги высокоуглеродистых отложений куанамской свиты и ее аналогов СП.

В результате проведенного бурения предположения специалистов ИНГГ СО РАН полностью подтвердились. Вскрытые скважинами разрезы были представлены разнофациальными толщами всех отделов кембрия, демонстрируя последовательный ряд седиментационных обстановок от солеродного суббассейна (Касская СФЗ) на востоке (скв. Аверинская-150 и Лемок-1) до внешней (предрифовой) зоны (Кетская СФЗ) на западе (скв Восток-1, Восток-3) [Конторович и др., 2008а,б] и разделяющей их системы барьерных рифов (район скв. Восток-4) [Конторович и др., 2012] (Рисунок 3.9).

Следует отметить возросшую надежность возрастных датировок в параметрических скважинах, связанную с находками хорошо диагностируемых фаунистических остатков на разных уровнях разрезов. Палеонтологический материал из скважин определялся сотрудниками ИНГГ СО РАН: Н.В. Новожиловой, Г.А. Карловой - мелкораквинная фауна, И.В. Коровниковым, А.В. Тимохиным, А.И. Варламовым – трилобиты, В.А. Лучининой, А.А. Терлеевым – водоросли, Д.А. Токаревым – археоциаты. Также в изучении ископаемой фауны принимали участие сотрудники СНИИГГиМСа (Ю.Я. Шабанов, Т.В. Пегель).

В итоге, по результатам исследований была разработана обновленная схема стратиграфии кембрийских отложений Предъенисейского осадочного бассейна, составлены схемы корреляции с одновозрастными отложениями в смежных регионах, уточнены стратиграфические разбивки в указанных выше разрезах скважин [Филиппов и др., 2014б, Стратиграфия..., 2016 и др.].

Последовательность стратиграфических подразделений кембрия в ранге

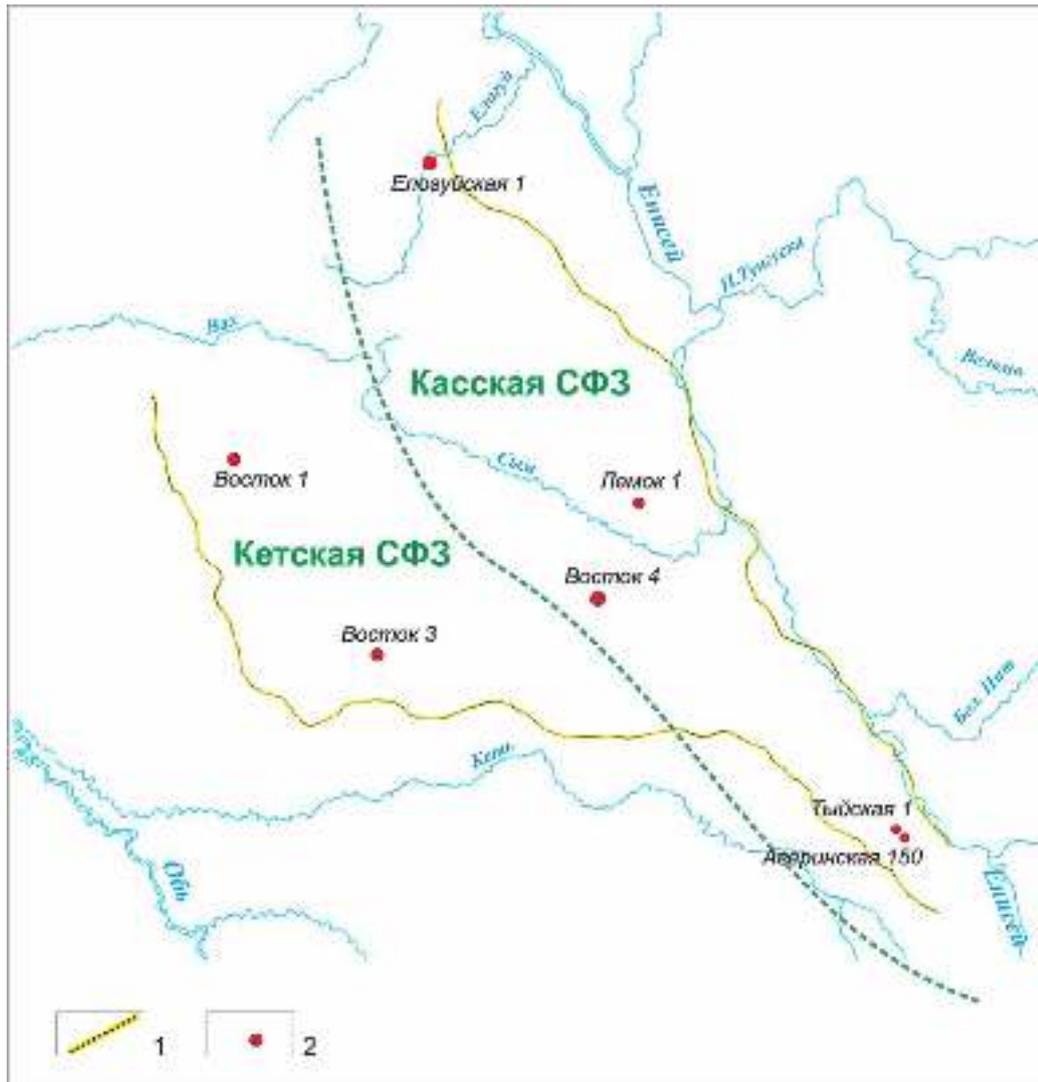


Рисунок 3.9 - Расположение скважин и структурно-фациальные зоны (СФЗ) кембрия Предъенисейского осадочного бассейна.

Условные обозначения: 1 - границы бассейна; 2 - скважины.

свит и толщ представлена на стратиграфической и корреляционной схемах (Рисунки 3.10 и 3.11). Некоторые из выделенных свит были сохранены в том виде, в котором они изначально были описаны в публикациях [Кринин, 1998; Елкин и др., 2000, 2001; Конторович и др., 2008а,б, 2012], другие с появлением новых данных частично изменили объем и названия.

Следует отметить, что стратиграфия восточной части Предъенисейского бассейна, выделенной в качестве солеродного суббассейна и являющегося крупным заливом единого Восточно-Сибирского солеродного бассейна, аналогична

Система		Предъенисейский осадочный бассейн							Сибирская платформа [Решения..., 1983]	Енисейский кряк [Качевский и др., 1998]	Внутренние районы Сибирской платформы [Решения..., 1989; Мельников, 2009]			
Отдел		скв. Восток 1	скв. Восток 3	скв. Елогуйская 1	скв. Восток 4	скв. Лемок 1	скв. Аверинская 150	скв. Тыйская 1	северо-запад	северо-запад	Нижнеангарская зона	Байкитский зона		
Кембрийская	Верхний	[Вертикальные линии]							Уйгурская 130 м		Вельминская 195-235 м	Эвенкийская 0-570 м	Эвенкийская 30-530 м	
		2768	[Вертикальные линии]							Куломбинская 700 м				
		Пыжинская (вскр. мощн. 444 м)	[Вертикальные линии]							Орактинская 450 м				
		3210	[Вертикальные линии]							Лабазная 630 м				
		Шеделгинская 390 м	[Вертикальные линии]							Устьбрусская 456 м				
		3630	[Вертикальные линии]							Шумнинская 200 м				
	Средний	Алюсканский	[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]		Черноостровская 170-200 м	Оленнинская 30-65 м	
		Саянский	[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]				
		Аксыйский	[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]				
		Майский	4000	[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]			
		Пуджелгинская 575 м	3393	[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]			
		4250	Малоомутнинская (вскр. мощн. 242(?) м)	1680	[Вертикальные линии]									[Вертикальные линии]
Нижний	Амганский	4825	[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]		Олончинская 165-210 м	Зелёвская 157-290 м	Литвинцевская 180-230 м
	Тойонский	Пайдугинская 120 м	[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]				
	Ботомский	4945	[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]				
	Чурбигинская (вскр. мощн. 65 м)	3650	[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]				
	Атдабанский	Чурбигинская	[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]				
	5010	Забой	[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]				
3870		[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]		Олончинская 165-210 м	Зелёвская 157-290 м	Литвинцевская 180-230 м	
3870		[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]					
3870		[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]					
3870		[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]					
3870		[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]					
3870		[Вертикальные линии]							[Вертикальные линии]					

Рисунок 3.10 - Стратиграфическая схема кембрийских отложений Предъенисейского осадочного бассейна [Филиппов и др., 20146].

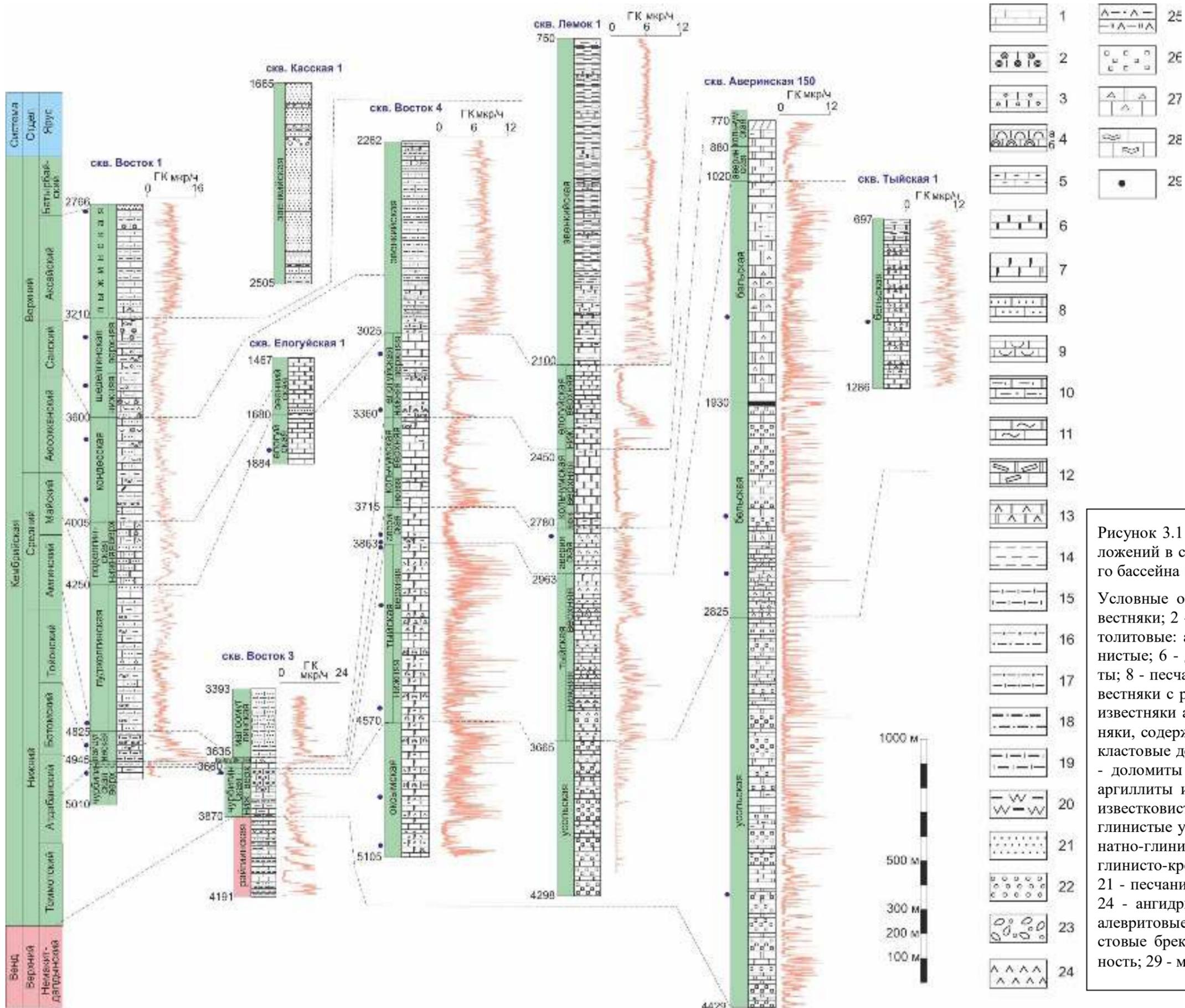


Рисунок 3.11 - Схема корреляции кембрийских отложений в скважинах Предьенисейского осадочного бассейна [Филиппов и др., 2014б].

Условные обозначения: 1-5 - известняки: 1 - известняки; 2 - оолитовые; 3 - комковатые; 4 - строматолитовые: а - пластовые, б - столбчатые; 5 - глинистые; 6 - доломиты; 7 - известковистые доломиты; 8 - песчанистые доломиты и известняки; 9 - известняки с раковинным детритом; 10 - доломиты и известняки алевритистые; 11 - доломиты и известняки, содержащие обломочный биотит; 12 - интракластовые доломитовые и известковые брекчии; 13 - доломиты ангидритистые; 14 - аргиллиты; 15 - аргиллиты известковистые; 16 - алевролиты; 17 - известковистые алевролиты; 18 - алеврито-глинистые углеродсодержащие породы; 19 - карбонатно-глинистые углеродсодержащие породы; 20 - глинисто-кремнистые углеродсодержащие породы; 21 - песчаники; 22 - гравелиты; 23 - конгломераты; 24 - ангидриты; 25 - доломит-ангидрит-глинисто-алевритовые породы; 26 - каменные соли; 27 - карстовые брекчии; 28 - седиментационная нарушенность; 29 - места находок фауны.

стратиграфии последнего. В западных районах бассейна характер отложений (фациальный состав и мощности) существенно меняется. Эти закономерности нашли свое отражение в представленной схеме.

Усольская свита установлена в двух скважинах – Лемок-1 (интервал 3665 – 4298 м) [Елкин и др., 2001] и Аверинская-150 (интервал 2825 – 4429 м) [Сараев и др., 2004]. По материалам ГИС она характеризуется типичным для соленосно-карбонатных толщ дифференциацией значений ГК, причем в скв. Лемок-1 значения ГК аномально низки и редко превышают 3 мкр/ч (в верхней части до 4-5), что свидетельствует о большей роли «чистых» солей в разрезе по сравнению со скв. Аверинская-150, где значения ГК варьируют от 1-2 до 10 мкр/ч.

Наиболее полно усольская свита охарактеризована керном в скважине Аверинская-150 [Сараев и др., 2004]. В нижней части разрез представлен переслаиванием (около 200 м) градационно-слоистых, глинистых доломитов, каменной соли и эвапоритовых доломитов. Затем следует толща около 1000 м переслаивания крупных слоев каменной соли, сульфатно-карбонатных пород, мелкозернистых доломитов. Она сменяется толщей (220 м) переслаивания разномелкозернистых (чаще мелко- и среднезернистых) известняков и доломитов с прослоями ангидритов. Здесь же фиксируются прослои строматолитовых известняков и красноцветных глинисто-алеваит-сульфатно-доломитовых пород. Заканчивается разрез переслаиванием крупных слоев каменной соли и битумсодержащих среднезернистых кальцитов, доломитов с прослоями строматолитовых доломитов и интракластовых брекчий.

Редкие находки мелкоракочной фауны, состав пород и корреляция с разрезами СП позволяют уверенно сопоставлять свиту с одноименными толщами, относящимися к томмотскому и низам атдабанского ярусам нижнего кембрия СП. Этот комплекс отложений, как уже упоминалось, формировался в условиях крупного залива Восточно-Сибирского солеродного бассейна. К западу соленосные породы в составе свиты фациально замещаются эвапоритовыми (часто переотложенными) карбонатно-сульфатными отложениями. Этот тип разреза представлен оксымской свитой, вскрытой в скважине Восток-4. Еще далее к западу

(западнее зоны барьерных рифов), состав комплекса становится известковым, глинисто-известковым, а общая мощность разреза существенно уменьшается. Одновозрастные отложения в объеме усольской и оксымской свит здесь коррелируются с нижней частью чурбигинской свиты (скважины Восток-1 и Восток-3).

На западе Енисейского кряжа этот интервал разреза сопоставляется с верхней частью нижней подсвиты лебяжинской свиты, представленной преимущественно доломитами мощностью около 100 м и более (по другим вариантам в эту часть включают (полностью или частично) нижележащие песчаники и гравелиты мощностью от 60 до 250 м). На северо-западе СП ему соответствует нижняя часть распространенной там краснопорожской свиты.

Оксымская свита установлена в скважине Восток-4 (интервал 4570-5105 м) [Конторович и др., 2012; Филиппов и др., 2014б]. По материалам ГИС свита характеризуется чередованием пониженных и повышенных значений ГК (от 2-3 до 10-12 мкр/ч). В нижней части свиты наблюдается 150-метровый участок пониженных (1-2 мкр/ч) значений ГК. Свита представлена ангидрит-известняково-доломитовыми отложениями, формировавшимися в раннем кембрии в тыловой части рифогенной гряды на границе ее с солеродным бассейном. Она разделяется на две подсвиты. Нижняя подсвита (интервал 4953-5105 м) сложена тонко-мелкообломочными и строматолитовыми доломитами, сульфатизированными, окремненными с прослоями доломит-известково-ангидритовых пород. Верхняя подсвита (интервал 5570-5953 м) представлена переслаивающимися тонко-мелкообломочными доломитами, известняками и ангидритами, в разной степени обогащенными глинистым веществом с прослоями строматолитовых известняков, доломитов, интракластовых брекчий и красноцветных глинисто-карбонатных пород. В забойной части скв. Восток-4 были найдены хиолительминты *Torellella* cf. *biconvexa*. Находки остатков фауны [Конторович и др., 2012; Филиппов и др., 2014б] позволяют датировать свиту томмотским веком и сопоставить ее с усольской свитой (скважины Лемок-1, Аверинская-150), бессолевым аналогом которой она является.

Чурбигинская свита установлена в скважинах Восток-1 [Конторович и др.,

2008а] (интервал 4945-5010 м) и Восток-3 [Конторович и др., 2008б] (интервал 3660-3870 м). По ГИС свита характеризуется низкими и средними значениями ГК. В нижней части, в среднем, 2-3, реже до 5-6 мкр/ч, в верхней 1-2 мкр/ч. В стратотипическом разрезе скважины Восток-3 свита подразделяется на две под-свиты. Нижняя (интервал 3786-3870 м) представлена переслаиванием пелитоморфных, мелкообломочных известняков и глинисто-карбонатных пород с мелкими прослоями пиритовых, углеродсодержащих аргиллитов. Верхняя (интервал 3660-3786 м) сложена преимущественно конгломератовидными известняками. В нижней части свиты встречены многочисленные остатки фауны [Конторович и др., 2008а,б; Филиппов и др., 2014б], которые позволяют сопоставить эту часть с томмотским и атдабанским ярусами нижнего кембрия. В скв. Восток-1 в верхней части обнаружены моллюски *Aldanella* sp., хиолиты *Conotheca circumflexa*, гастроподы *Aegides* sp., спикулы губок.

В целом, чурбигинская свита, распространённая в западной предрифтовой части Предьенисейского бассейна, сопоставляется с томмотско-ботомским разрезом нижнего кембрия солеродного суббассейна. На северо-западе СП ей соответствует краснопорожская (в полном объеме) и низы шумнинской свит. На западе Енисейского кряжа этот интервал занимает средняя часть лебяжинской свиты. Нижнекембрийский разрез в юго-западной части СП представлен следующим набором свит: в Нижнеангарской зоне – усольская, климинская, нижняя часть агалевской; в Байкитской зоне – усольская, бельская и булайская.

Бельская свита выделяется в разрезах скважин Аверинская-150 (интервал 1020-2825 м) [Сараев и др., 2004] и Тыйская-1 (интервал 697-1286 м) [Филиппов и др., 2014б] по аналогии с одноименными одновозрастными толщами на СП. По предварительному варианту [Геологическое..., 1995] верхняя часть разреза в скв. Тыйская-1 частично относилась к булайской свите. В скважине Аверинская-150 разрез свиты осложнен нарушением на глубине 1930 м, по которому происходит сдвоение разреза свиты с вторичными изменениями (растворение сульфатно-соляных отложений) в надвинутой (интервал 1020-1930 м) части. По ГИС свита в интервале ниже нарушения (интервал 1930-2825 м) характеризуется чередо-

ванием пониженных и повышенных значений ГК, при этом в нижней части наблюдается равномерное сочетание пониженных (2-3 мкр/ч) и повышенных (6-9 мкр/ч) пиков, тогда как для верхней характерно наличие более редких пиков повышенной радиоактивности (6-10 мкр/ч) на фоне подавляющего числа пониженных значений (0-2 мкр/ч). Соленосный разрез подразделяется на две пачки, нижняя из которых сложена тонкообломочными и эвапоритовыми известняками, доломитами и редко ангидритами, а верхняя – крупнослоевым переслаиванием каменной соли, доломитов, известняков и тонкослойчатых красноцветных пород смешанного глинисто-алеврит-ангидрит-доломитового состава. В скв. Тыйская-1 разрез представлен карбонатной толщей известковисто-доломитового состава с примесью глинистого материала [Геологическое..., 1995]. Часто присутствуют интервалы брекчированных пород, вероятно, связанных с вторичными преобразованиями соленосных отложений. Этот комплекс отложений, как и усольский, формировался в солеродном суббассейне. Обнаруженные остатки мелкорачковинных организмов и трилобитов рода *Bulaiaspis* [Геологическое..., 1995] в скважине Тыйская - 1 (глубина 1047 м) указывают на атдабанский возраст отложений. Бельская свита в скв. Аверинская-150 и Тыйская-1 сопоставляется с тыйской свитой, вскрытой в скважинах Восток-4 и Лемок-1, а во внешней (предрифовой) зоне Предъенисейского бассейна со средней частью чурбигинской свиты (в скважинах Восток-1 и Восток-3).

На северо-западе СП данному интервалу разреза соответствует верхняя часть краснопорожской свиты. На западе Енисейского кряжа свита сопоставляется с нижней частью средней подсвиты лебязинской свиты, представленной в обнажениях доломитами, местами песчанистыми и слабокремнистыми мощностью 300-400 м. В Нижнеангарской зоне СП на этом уровне установлена климинская свита [Решения..., 1983].

Тыйская свита выделена в скважинах Восток-4 (интервал 3863-4570 м) и Лемок-1 (интервал 2963-3665 м) [Филиппов и др., 2014б]. В более ранней работе [Конторович и др., 2012] верхняя часть свиты в скв. Восток-4 рассматривалась нами в составе нижней части аверинской свиты, от чего было решено отказаться

в силу затруднений ее сопоставления с одновозрастными разрезами СП, а в скважине Лемок-1 по сравнению с первоначальным вариантом [Елкин и др., 2001] изменился объем свиты. По литологическому составу свита подразделяется на две подсвиты. Нижняя подсвита (интервалы 4215-4570 м в скв. Восток-4 и 3270-3665 м в скв. Лемок-1) в наиболее представительном разрезе скважины Восток-4 сложена глинистыми доломит-ангидритовыми тонкообломочными (переотложенными) отложениями, строматолитовыми известняками, интракластовыми брекчиями, эвапоритовыми карбонатными и ангидритовыми породами с признаками засоления галитом. Верхняя подсвита (интервалы 3863-4215 м в скв. Восток-4 и 2963-3270 м в скв. Лемок-1) в нижней части сложена ангидрит-известняково-доломитовыми брекчиями. Верхняя часть подсвиты представлена переслаиванием тонко- и мелкообломочных, ангидритовых, глинистых доломитов с более редкими прослоями эвапоритовых карбонатных пород, ангидритов и строматолитовых известняков.

Свита в скв. Восток-4 характеризуется таким же поведением кривых ГК и НГК, что и верхняя подсвита оксымской свиты. В скв. Лемок-1 для свиты отмечается схожий характер поведения кривой ГК при меньшей степени дифференцированности значений. При этом в нижних частях верхней подсвиты в обеих скважинах наблюдается понижение значений ГК, наиболее выраженное в разрезе скв. Лемок-1.

В скважине Восток-4 в кровле свиты (3864,6 м) встречены трилобиты *Bulaispis* cf. *sajanica*. По данным И.В. Коровникова, представители этого рода характерны преимущественно для верхов атдабанского яруса, кроме вида *Bulaispis sajanica*, который встречается в низах ботомского яруса. Поскольку вид имеет плохую сохранность и определен в открытой номенклатуре, интервал находки датирован верхами атдабанского яруса по максимальной встречаемости представителей этого рода. Кроме этого, в нижней и верхней подсвитах встречены представители мелкораквинной фауны, водорослей, обломки трилобитов, которые указывают на атдабанский возраст [Конторович и др., 2012; Филиппов и др., 2014б].

Комплекс отложений формировался в раннем кембрии в эвапоритовом полузамкнутом бассейне и является возрастным аналогом бельской и климинской свит внутренних районов СП. Сопоставляется со средней частью чурбигинской свиты в скважинах Восток-1 и Восток-3. На северо-западе СП этому интервалу разреза соответствует верхняя часть краснопорожской свиты. На западе Енисейского кряжа свита сопоставляется с нижней частью средней подсвиты лебяжинской свиты.

Аверинская свита установлена в скважинах Восток-4 (интервал 3715-3863 м), Лемок-1 (интервал 2780-2963 м), Аверинская-150 (интервал 880-1020 м) [Филиппов и др., 2014б]. Предварительные варианты выделения аверинской свиты в скважинах Лемок-1 и Восток-4 [Елкин и др., 2001; Конторович и др., 2012] были в значительной мере условными и опирались, в основном, на дифференциацию разреза по кривой ГИС. Позднее, с появлением новых данных в скважинах проекта «Восток», ее объем был скорректирован. Свита охарактеризована находками фауны ботомского яруса нижнего кембрия. Особенно многочисленные остатки трилобитов встречены в скважине Восток-4 [Конторович и др., 2012]. С глубины 3831 м были определены как *Micmaccopsis?* sp., *Bathyriscellus* sp., *Astenaspis* cf. *tenius*, *Binodaspis* sp., *Termierella* sp., *Tungusella manica*. У подошвы свиты на глубине 3852,3 м найдены трилобиты *Tungusella manica*. На западе СП эти трилобиты характерны для низов ботомского яруса. В скважине Лемок-1 в интервале 2804,4 – 2805,9 м встречены трилобиты *Binodaspis paula*, которые также характерны для второй половины нижнего кембрия [Елкин и др., 2001].

По ГИС свита характеризуется низкими значениями ГК (0-2 мкр/ч) с их плавным повышением (до 5-6 мкр/ч) к верхней и нижней границе. Свита представлена мелко- и тонкообломочными доломитами, известняками с раковинным детритом и пакетами переслаивания известняков, мергелей и ангидритов. Отложения формировались во второй половине раннего кембрия в условиях повышенной солености вод (скв. Лемок-1 и Аверинская-150) и тыловых рифогенных обломочных фациях (скв. Восток-4).

Аверинская свита сопоставляется с верхней частью чурбигинской свиты в

предрифовой зоне бассейна (скважины Восток-1 и Восток-3). В Нижнеангарской зоне СП она соответствует нижней части агалевской свиты, а в Байкитской зоне сопоставляется с булайской свитой. На западе Енисейского кряжа свите соответствуют верхние части разреза средней подсвиты и нижние части верхней подсвиты лебяжинской свиты, представленные доломитами с прослоями пестроцветных алевро-глинистых пород мощностью 400-600 м.

Кольчумская свита выделяется в скважинах Восток-4 (интервал 3360-3715 м), Аверинская-150 (интервал 770-880 м), Лемок-1 (интервал 2450-2780 м) [Филиппов и др., 2014б]. По материалам ГИС нижняя, небольшая по мощности (70-110 м) часть характеризуется повышенными значениями ГК (5-9 мкр/ч) и большей их дифференцированностью, а верхняя – пониженными (1-3 мкр/ч) и более выдержанными значениями. По характеру кривой ГК и литологическим особенностям свита делится на две подсвиты. В разрезе скважин Восток-4 и Лемок-1 нижнекольчумская подсвита (интервалы 3600-3715 и 2710-2780 м соответственно) не охарактеризована керном. По составу шлама и ГИС она сложена известняками, доломитами, карбонатно-глинистыми породами, возможно, углеродистых. Верхнекольчумская подсвита (интервалы 3360-3600 и 2450-2710 м соответственно) керном представлена только в скв. Восток-4. Она сложена известково-доломитовыми породами, оолитово-комковатыми известняками и переслаиванием карбонатных и мергелистых пород с признаками седиментационного будинажа (конгломератовидные известняки). В работе [Сараев и др., 2004] в скважине Аверинская-150 в интервале разреза, в котором в настоящее время устанавливается кольчумская свита, выделялась зелеевская свита, но в силу ряда ее отличительных особенностей, решено остановиться на местном названии.

На северо-западе СП этому уровню соответствует большая часть шумнинской свиты. Во внутренних районах СП это – нижний фрагмент зелеевской и верхняя часть агалевской (Нижнеангарская зона) и литвинцевская, ангарская (Байкитская зона) свиты. Сопоставляется с пайдугинской свитой в скважинах Восток-1 и Восток-3.

Пайдугинская свита установлена в скважинах Восток-1 (интервал 4825-

4945 м) и Восток-3 (интервал 3635-3660 м) [Конторович и др., 2008а,б; Филиппов и др., 2014б]. Надо отметить, что наличие углеродсодержащей толщи на этом уровне предполагалось еще на начальном этапе проектирования скважин, и этот прогноз был успешно подтвержден. По материалам ГИС свита характеризуется аномально высокими значениями ГК (до 20-25 мкр/ч), особенно в нижней части, что является основным критерием для ее выделения, распознавания и корреляции. В разрезе скв. Восток-1 свита представлена в полном объеме. Она сложена углеродсодержащими карбонатно-глинистыми породами с малоомощными слойками седиментационного пирита и примесью тефры кислого состава, с выделениями антраколита. В менее полном разрезе скв. Восток-3, наряду с вышеописанным, появляются кремнистые породы. Углеродсодержащие отложения формировались в самом конце раннего и начале среднего кембрия во внешней (предрифовой) зоне в аноксидной сравнительно глубоководной обстановке. Из средней части свиты в скважине Восток – 1 в интервале 4872 – 4884 м определены трилобиты амгинского возраста *Tomagnostus sibiricus*, *Ptychagnostus contortus*, *Ptychagnostus gibbus*? [Конторович и др., 2008б].

В скважине Восток-3 мощность свиты составляет 25 м, но, вероятно, здесь вскрыта только часть ее разреза. Остатков фауны не обнаружено. Сопоставление с аналогичными отложениями, вскрытыми скважиной Восток-1, проведено на основании характерных каротажных и литологических данных. В разрезе скважины свита перекрывается мощной (более 240 м) однородной по составу и строению малоомутлинской толщиной неопределенного возраста.

На северо-западе СП пайдугинской свите соответствует большая (верхняя) часть шумнинской свиты. Во внутренних районах СП этому уровню соответствуют нижняя часть зелеевской и верхняя часть агалевской (Нижнеангарская зона) и литвинцевская и ангарская (Байкитская зона) свиты.

Елогуйская толща. Выделяется в скважинах Восток-4 (интервал 3025-3360 м), Лемок-1 (интервал 2100-2450 м) и Елогуйская-1 (интервал 1680-1884 м) [Филиппов и др., 2014б]. Впервые толща была введена в схему стратиграфии Е.А. Елкиным [Решения..., 1999] и с незначительными изменениями в объеме

выделена в ранге свиты в разрезе скв. Лемок-1 [Елкин и др., 2001]. В дальнейшем при стратиграфическом расчленении разреза скважины Восток-4 [Конторович и др., 2012] отложения этого интервала были в качестве рабочей версии включены в состав эвенкийской свиты ввиду их литологического соответствия с отложениями поделгинской, кондесской и шеделгинской толщ в разрезе скв. Восток-1 раннеэвенкийского возраста. После обсуждений и уточнения возраста толщ этого стратиграфического уровня со специалистами СНИИГГиМС (Ю.Я. Шабанов и С.С. Сухов) было принято решение об обособлении этой толщи в качестве самостоятельного подразделения (елогуйской толщи) позднеамгинско-раннемайского (доэвенкийского) возраста [Филиппов и др., 2014б]. Ее название оставлено в соответствии с вариантом Е.А. Елкина, но из-за наличия одноименной свиты мелового возраста в дальнейшем желательно ее переименование при окончательном формировании и принятии Региональной стратиграфической шкалы.

Толща подразделяется на две части. По гамма-каротажу они характеризуются в целом пониженными (1-3 мкр/ч) слабо дифференцированными значениями ГК с характерным скачкообразным повышением значений ГК (до 6-9 мкр/ч) у подошвы каждой части. Нижняя часть в разрезе скважины Восток-4 (интервал 3215-3360 м) сложена микрокомковатыми и пелитоморфными известняками с редкими прослоями пластово-строматолитовых известняков. В скважине Лемок-1 подсвита (интервал 2364-2450 м) керном не охарактеризована.

Верхняя часть (интервал 3025-3215 м, скв. Восток-4) внизу представлена чередованием пакетов седиментационно будинированных тонко- и мелкообломочных известняков и глинистых доломитов. Вверху она сложена переслаиванием оолитовых, комковатых доломитизированных известняков. В скв. Лемок-1 верхняя часть толщи (интервал 2100-2364 м) сложена доломитами и доломитовыми известняками с фрагментами трилобитов, гастропод, хиолитов и микрофитолитов и со следами биотурбации. В скважине Восток-4 И.В. Коровниковым обнаружены остатки фауны (трилобиты, брахиоподы), которые позволили определить возраст вмещающего их интервала второй половиной среднего и первой половиной позднего кембрия. В скважине Восток-4 на глубине 3352,5-3352,3 м

встречены единичные элементы панцирей трилобитов *Deltocephalus?* sp., которые распространены с низов амгинского яруса среднего кембрия до низов майского яруса. Выше на глубинах 3101,6 м и 3102,4 м найдены кранидии, принадлежащие трилобитам семейств Proasaphiscidae (род *Pseudanomocarina*). Этот род распространен в верхах амгинского и в первой половине майского ярусов среднего кембрия. Ранее [Драгунов и др., 1967] в скважине Елогуйская-1 были определены среднекембрийские трилобиты Anomocaridae (*Pseudanomocarina(?)* sp., *Chondranomocare* sp.), Corynexochidae (*Acontheus?*), Agnostidae (*Peronopsis* ex gr. *fallax* (Linnar.)) и брахиоподы родов *Acrothele*, *Linnarssonina* (?), *Micromitra*.

В скважине Восток-1 ей соответствует пуджелгинская толща, а на северо-западе СП - устьбрусская свита. Во внутренних районах СП и на Енисейском кряже этому уровню соответствуют оленчиминская и верхние части зелеевской свиты [Филиппов и др., 2014б].

Пуджелгинская толща. Установлена в скважине Восток-1 [Конторович и др., 2008а] (интервал 4250-4825 м). По материалам ГИС толща характеризуется средними, умеренно дифференцированными значениями ГК (3-6 мкр/ч, редко до 8). Толща сложена чередующимися пакетами переслаивания пелитоморфных известняков и пестроцветных карбонатно-глинистых пород, более редких известняковых брекчий, кварц-полевошпатовых песчаников и среднезернистых известняков. Из органических остатков в основании толщи найден пигидий трилобита *Kootenia amgensis* и редкие следы илоедов. Вид распространен повсеместно на СП в амгинском и низах майского яруса среднего кембрия. На этом основании и с учетом стратиграфического положения возраст толщи принят среднекембрийским (амгинским – майским). Сопоставляется с елогуйской толщей и низами эвенкийской свиты (скважины Елогуйская-1, Восток-4, Лемок-1) [Филиппов и др., 2014б].

Эвенкийская свита. Впервые выделена Г.И. Кириченко [Кириченко, 1950] в бассейне р. Подкаменная Тунгуска и на территории Енисейского кряжа. В стратотипической местности она подразделяется на 3 подсвиты. На территории Предъенисейского бассейна устанавливается в скважинах Лемок-1 (интервал 750-

2100 м), Восток-4 (интервал 2262-3025 м), Елогуйская-1 (интервал 1467-1680 м) [Филиппов и др., 2014б].

Свита характеризуется повышенными (6-10 мкр/ч) и характерными - значительно дифференцированными значениями ГК. Сложена вишневыми и пестроцветными смешанными по составу алеврит-ангидрит-глинисто-доломитовыми, доломито-глинистыми породами с многочисленными прослоями мелкозернистых доломитов, иногда ангидритовых, карбонатосодержащих аргиллитов и интракластовых штормовых брекчий. В виде редких маломощных (первые сантиметры) прослоев встречаются строматолитовые и оолитовые известняки, а также ангидриты и песчаники.

В скважине Восток-1 разрез, отвечающий в возрастном отношении эвенкийской свите, становится более мощным и в нижней (более карбонатной) части отличается характером ГИС (в целом более низкими и менее дифференцированными значениями ГК) и меньшим распространением красноцветных пород. Этот мощный (более 1,5 км) разрез ранее был расчленен на самостоятельные свиты [Конторович и др., 2008б], от чего позднее было принято решение отказаться и рассматривать их в ранге толщ. В такой интерпретации эвенкийской свите, вскрывающейся в скважинах Восток-4 и Лемок-1, соответствуют поделгинская, кондесская, шеделгинская и пыжинская толщи, возраст которых (средне - позднекембрийский) надежно подтвержден палеонтологическими данными [Конторович и др., 2008б]. В сопредельных с Предъенисейским бассейном районах Енисейского кряжа эвенкийская свита (серия) выделяется в составе трех подразделений в ранге либо подсвит [Кириченко, 1950], либо свит (оленчиминская, черноостровская и вельминская) [Геологическая, 1993ф, Качевский и др., 1998]. Во внутренних районах СП в Байкитской зоне эвенкийская свита подразделяется на две подсвиты [Мельников, 2009]. На северо-западе СП свита коррелируется с верхней частью устьбрусской, лабазной, орактинской, кулюмбинской и уйгурской свитами.

Поделгинская толща. Установлена в скважине Восток-1 (интервал 4005-4250 м) [Конторович и др., 2008б]. По ГИС толща характеризуется средними и

слабо дифференцированными значениями ГК (4-9 мкр/ч) и имеет существенно доломитовый, ангидрит-доломитовый состав. Подразделяется на две части: нижняя (интервал 4090-4250 м) представлена светло-вишневыми песчанистыми среднезернистыми доломитами с прослоями вулканомиктовых песчаников, а верхняя (интервал 4005-4090 м) - темно-серыми ангидритистыми доломитами с прослоями светло-вишневых оолитовых известняков, среднезернистых известняков, вулканомиктовых песчаников с желваками ангидритов. Отложения формировались во внешней (предрифтовой) зоне открытого шельфа. По положению в разрезе сопоставляется с верхней частью майского яруса среднего кембрия. В скважинах Елогуйская-1, Восток-4, Лемок-1 соответствует нижней части эвенкийской свиты. На северо-западе СП толща сопоставляется с лабазной свитой. Во внутренних районах СП этому интервалу разреза соответствует нижняя часть эвенкийской свиты, на Енисейском кряже – это черноостровская свита эвенкийской серии.

Кондесская толща. Выделена в скважине Восток-1 (интервал 3600-4005 м) [Конторович и др., 2008б]. По ГИС толща характеризуется средними и низкими значениями ГК (3-6, иногда до 8 мкр/ч). Она сложена пестроцветными и красноцветными средне- и крупнозернистыми известняками, оолитовыми известняками, мелкозернистыми известняками с редкими прослоями пелитоморфных разностей, обогащенных глинистым веществом, доломитом и в незначительной степени ангидритом. И.В. Коровниковым обнаружены остатки трилобитов нганасанского и тавгийского горизонтов позднего кембрия, что позволило сопоставить толщу с аюсокканским и низами сакского ярусов верхнего кембрия. В интервале 3659 – 3759 м им встречены трилобиты *Kuraspis obscura*, *Kuraspis similis*, *Kuraspis spinata*, *Kuraspis similis ex gr. vera*, *Kuraspis similes ex gr. deflexa*, *Letniites* sp. Этот комплекс соответствует тавгийскому горизонту аюсокканского яруса верхнего кембрия. В интервале 3902,6 – 3953,5 м найдены трилобиты *Bolaspidina insignis*, *Parakoldinia* sp., *Kuraspis similis* нганасанского горизонта аюсокканского яруса верхнего кембрия [Конторович и др., 2008б].

Толща сопоставляется с нижней и средней частью эвенкийской свиты в скважинах Елогуйская-1, Восток-4, Лемок-1. Во внутренних районах платформы

этот интервал также соответствует нижней и средней частям эвенкийской свиты. На Енисейском кряже этому интервалу соответствуют низы вельминской свиты. На северо-западе СП толща сопоставляется с орактинской свитой [Филиппов и др., 2014б].

Шеделгинская толща. Выделена в скважине Восток-1 (интервал 3210-3600 м) [Конторович и др., 2008б]. По ГИС толща характеризуется невысокими значениями ГК (2-6 мкр/ч) и обладает преимущественно известковым составом. Шеделгинская толща подразделяется на две части. Нижняя (интервал 3438-3600 м) сложена пестроцветными и красноцветными оолитовыми известняками, песчанистыми разномерными известняками с прослоями карбонат-ангидрит-глинистых пород. Верхняя (интервал 3210-3438 м) представлена, главным образом, переслаивающимися пелитоморфными известняками и карбонатно-глинистыми породами (иногда конгломератовидными) с прослоями оолитовых и песчанистых среднезернистых известняков. Отложения формировались в пределах мелководного открытого шельфа. Палеонтологами ИНГГ СО РАН в толще обнаружены остатки трилобитов мадуйского и энцийского горизонтов позднего кембрия, что позволило сопоставить толщу с верхней частью сакского яруса верхнего кембрия. В интервале 3241 – 3400 м встречены трилобиты *Parakoldinia salairica*, *Pseudagnostus* sp., *Parakoldinia striata*, *Koldinia pusilla*, *Komaspidella rara*, *Hadragnostus* sp., *Homagnostus* sp., *Bolaspidellus* sp., *Parakoldinia kureiskaya*, *Plethopeltoides lepidus*, *Amorphella* sp., *Pesaiella* sp., брахиоподы: *Billingsella* sp., *Eoorthis* sp., *Lingulella* sp. Комплекс характерен для энцийского горизонта сакского яруса. В интервале 3465 – 3471 м встречены *Idahoia* cf. *composita*, *Raashellina paula*, *Bolaspidina* sp., *Pesaiella* sp., *Saonella* cf. *saonica*, *Ammagnostus simplexiformis*, *Bolaspidina* cf. *insignis*, *Schoriecare* sp., *Parakoldinia* sp., *Komaspidella rara*, *Nordia* aff. *lepada*, *Verkholenoides* sp., *Parakoldinia striata*. Этот комплекс характерен для мадуйского горизонта сакского яруса.

Шеделгинская толща сопоставляется со средней частью эвенкийской свиты в скважинах Елогуйская-1, Восток-4, Лемок-1. Во внутренних районах платформы этот интервал соответствует средней части эвенкийской свиты. На Енисей-

ском кряже этот уровень сопоставляется со средней частью вельминской свиты. На северо-западе СП толща соответствует нижней части кулюмбинской свиты.

Пыжинская толща. Выделяется в скважине Восток-1 (интервал 2766-3210 м) [Конторович и др., 2008б]. По ГИС толща резко отличается от нижележащих отложений и характеризуется повышенными и более дифференцированными значениями ГК (5-10 мкр/ч). Толща обладает смешанным песчано-алеврито-глинисто-известковым составом с незначительным преобладанием обломочного известкового материала алевритовой или песчаной размерности. Отличительной чертой является её ярко выраженная пестроцветность, обусловленная контрастным сочетанием вишневых, зеленых, серых тонов окраски. Осадки формировались в позднем кембрии в зоне открытого шельфа. В скважине Восток-1 в верхней части вскрытого интервала толщи на глубине 2772 м встречены редкие трилобиты *Monosulcatina laeve*, которые позволили сопоставить этот интервал с кетыйским горизонтом аксайского яруса верхнего кембрия.

Надежная корреляция пыжинской толщи с разрезами эвенкийской свиты в скважинах Лемок-1 и Восток-4 затруднена. Во-первых, это связано с отличием литологического состава нижних частей эвенкийского интервала (в западных частях Предъенисейского бассейна - повышенная карбонатность, в восточных - отсутствие сколько-нибудь крупных прослоев карбонатов). Во-вторых - с различной представленностью верхних фрагментов этого интервала в скважинах, связанной с предмезозойским размывом. Во внутренних районах СП этот интервал, вероятно, соответствует верхней части эвенкийской свиты. На Енисейском кряже интервал условно сопоставляется с верхней частью вельминской свиты. На северо-западе СП ей соответствует верхняя часть кулюмбинской свиты.

Вездеходная и лисицинская толщи. Вопрос о возрасте этих толщ, вскрытых скважинами на Вездеходной площади, остается дискуссионным. По мнению А.А. Терлеева [Terleev et al., 2011; Терлеев и др., 2013] и Г.Д. Исаева [Геологическое..., 2003], карбонатная часть разрезов, вскрытых скважинами на Вездеходной площади (Рисунок 3.12) и объединенная в *вездеходную* толщу, может являться стратиграфическим аналогом описанного выше поздневендского интервала.

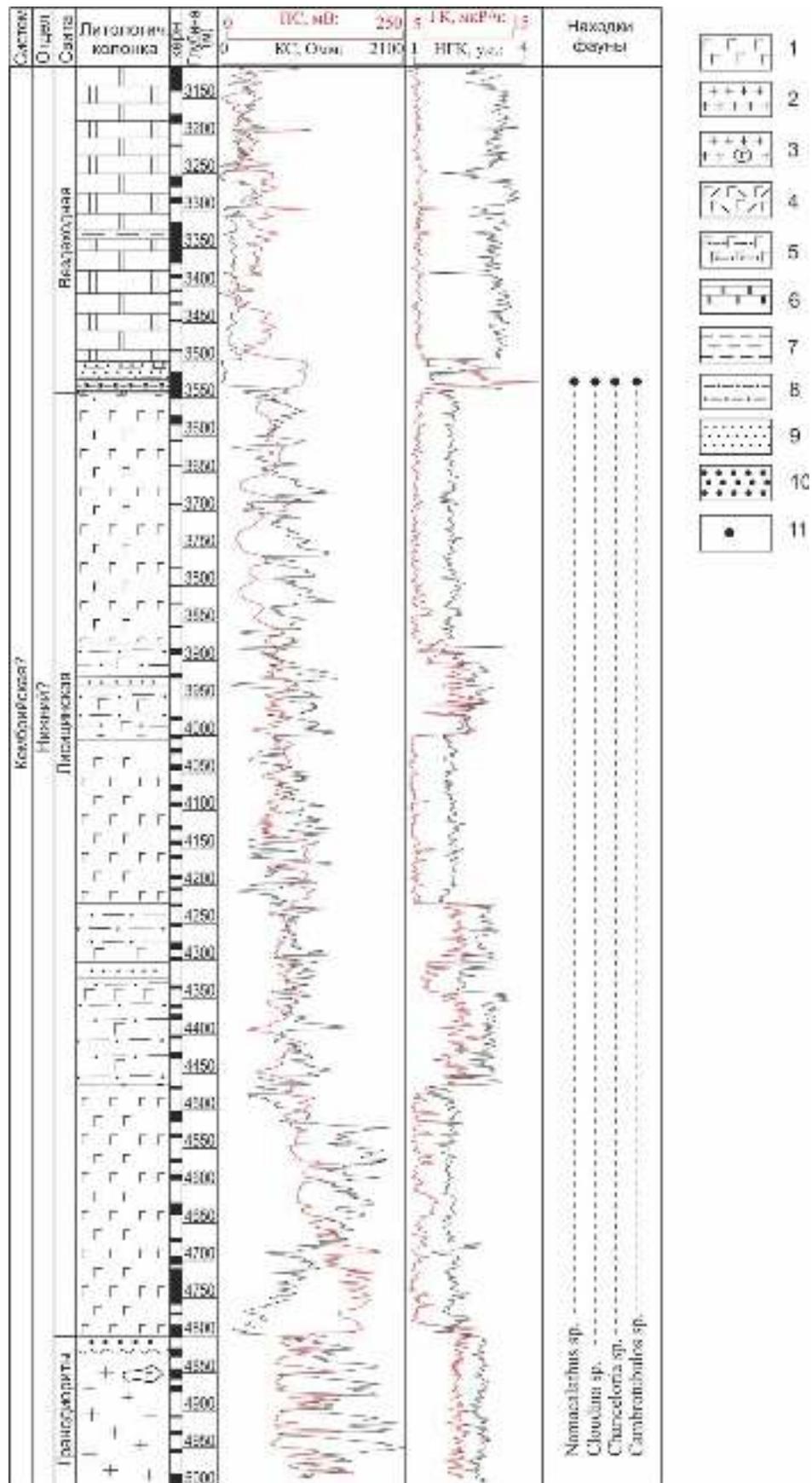


Рисунок 3.12 - Разрез отложений кембрия скважины Вездеходная-4.

Условные обозначения: 1 - эффузивные и субинтрузивные долериты, измененные базальты; 2 – гранодиориты; 3 - ксенолиты долеритов в гранодиоритах; 4 – туфы; 5 - туффиты; 6 - доломиты; 7 - аргиллиты; 8 - алевролиты; 9 - песчаники; 10 – гравелиты; 11 - места находок фауны.

Проведенная ими ревизия кернового материала и изучение в шлифах позволила получить новые палеонтологические определения. Так, в переходной пачке в низах вездеходной толщи из розовых обломочных доломитов в скважине Вездеходная-4 были определены SSF: *Namacalathus sp.*, *Cloudina sp.*, известковые спикулы, а в результате химического препарирования выделены SSF: *Cambrotubulus sp.*, *Chancelloria sp.*, свидетельствующие о поздневендском (немакит-далдынский ярус) возрасте этой части разреза. В скважине Вездеходная-3 вскрыт более полный разрез доломитовых осадков вездеходной толщи. По ГИС, верхняя его часть соответствует переходной пачке и перекрывающих ее доломитов, а нижняя – доломитам, перекрывающим лисицинскую толщу, в скважине Вездеходная-4. Не противоречат этим выводам и находки известковых водорослей рода *Girvanella* в скв. Вездеходная-3 [Геологическое..., 2003], поскольку последние широко распространены в поздневендских отложениях Сибири.

С другой стороны, полученные данные абсолютной датировки подстилающей этот карбонатный комплекс вулканогенно-осадочной лисицинской толщи указывают на возрастной интервал в 520-540 млн. лет [Конторович и др., 1999; Сараев, Пономарчук, 2005] и даже моложе (результаты В.А. Симонова и С.И. Ступакова, ИГМ СО РАН). Кроме того, существуют другие косвенные причины для отнесения вулканогенной лисицинской (и соответственно перекрывающей ее вездеходной) толщи к нижнекембрийскому комплексу. Так, в палеонтологически охарактеризованных разрезах нижнего кембрия, вскрытых скважинами в близлежащих районах, часто присутствуют примеси вулканического пеплового материала, тогда как в верхневендских отложениях их нет совсем. Это свидетельствует о вулканической активности в этом районе именно в раннем кембрии, а не позднем венде. Есть определенные сомнения в однозначности определения и отнесения палеонтологических находок из основания вездеходной толщи к немакит-далдынскому ярусу. Вопрос требует дополнительного изучения и проведения дополнительных исследований.

Разработанный вариант стратиграфической схемы кембрийских отложений Предъенисейского осадочного бассейна был предложен в качестве рабочей на Ре-

гиональном стратиграфическом совещании по разработке региональных стратиграфических схем верхнего докембрия и палеозоя Сибири (под эгидой МСК РФ и СибРМСК) в г. Новосибирске в 2012 г и с незначительными поправками опубликован [Филиппов и др., 2014б, Стратиграфия..., 2016]. В настоящее время уточненный проект схемы находится на рассмотрении в Межведомственном стратиграфическом комитете Российской Федерации для принятия ее в качестве официальной региональной схемы для смежных районов СП.

Предложенная схема касается только палеонтологически охарактеризованных толщ. При этом вопросы стратиграфии других ранее вскрытых скважинами толщ - либо палеонтологически не охарактеризованных, либо тех, где такая характеристика крайне неоднозначна, не рассматривались. В связи с этим автор провел корреляционный анализ литологического состава «немых» разрезов и палеонтологически охарактеризованных толщ, вскрытых новыми скважинами, а главное – анализ новых сейсмических материалов. Было показано [Филиппов и др., 2014а], что значительную часть вскрытых отложений, относимых ранее к среднему палеозою (преимущественно девону), следует относить к кембрийскому комплексу, наиболее широко распространенному на предъюрской поверхности территории бассейна.

Прежде всего, это относится к выделяемой ранее [Решения..., 1999] *касской толще*. Опорной скважиной Каская-1, в интервале 1665-2505 м, была вскрыта пестроцветная (буровато-красная, лилово-коричневая, зеленовато-серая, коричневая) терригенная толща, представленная крупно- и грубозернистыми песчаниками, конгломератами с прослоями песчанистых алевролитов, часто известковистых, в нижней части (около 100 м) – известняки и доломиты пестрого окраса. Возраст не определен.

В работе А.А. Булынниковой [Геологическое..., 1968] возраст нижней (карбонатной) части был условно определен как ранний кембрий, а вышележащие терригенные отложения до отметки 2200 м авторы отнесли к аналогам эвенкийской свиты позднего кембрия. Разрез в интервале 1665-2200 м условно отнесен к раннему-среднему девону. По формальному общему сходству с красноцветными

осадками в Минусинских впадинах и разрезах Тувы на стратиграфическом совещании в Тюмени в 1990 г. [Региональная..., 1993] стратиграфическое положение толщи в интервале 1665-2200 м было условно принято в объеме эмского яруса нижнего девона. Следует отметить, что в Региональной стратиграфической шкале [Решения..., 1999] в составе касской толщи среди прочего указаны базальты и туфы, что не соответствует действительности, и непосредственно в разрезе скважины Касская-1 они отсутствуют. «Наличие» эффузивов в этой толще, вероятно, связано с включением в ее возрастные аналоги разрезов других опорных скважин, расположенных значительно южнее – Мариинской, Белогорской и др., что совсем не очевидно.

Анализ сейсмических материалов и последние результаты бурения (скважины проекта «Восток») (Рисунок 3.13) свидетельствуют в пользу того, что, вероятнее всего, отложения, относимые к касской толще, следует сопоставлять с верхними фрагментами эвенкийской свиты кембрия (пыжинская толща), имеющими сходный литологический облик (Рисунок 3.11).

На фрагменте композитного сейсмогеологического разреза Ж-3 (Рисунок 3.14) видно, что все отложения, вскрытые скважинами Касская-1 и Восток-4, принадлежат к верхней части единого сейсмокомплекса (залегает выше горизонта K_2), соответствующего пыжинской свите верхнего кембрия. Кроме этих скважин, аналогичный осадочный комплекс вскрыт и палеонтологически охарактеризован в скв. Восток-1, Лемок-1 и Елогуйская-1. Мощность комплекса в скважинах превышает 1,5 км, по сейсмическим данным она может достигать 2,4 км.

Эти обоснования были также переданы автором в 2012 г. в СибРМСК и МСК РФ по девонской системе и учтены при утверждении Региональной стратиграфической схемы девонских отложений Западно-Сибирской равнины в 2014 г (касская толща из этой схемы была удалена).

Аналогичная «девонская» толща, официально введенная в схему стратиграфии - *ванжильская*. В скв. Ванжильская-1 в интервале 1945-3100 м вскрыты доюрские осадочные образования, возраст которых остается дискуссионным.

В интервале 1945-2410 м (по материалам дела скважины) вскрыта толща

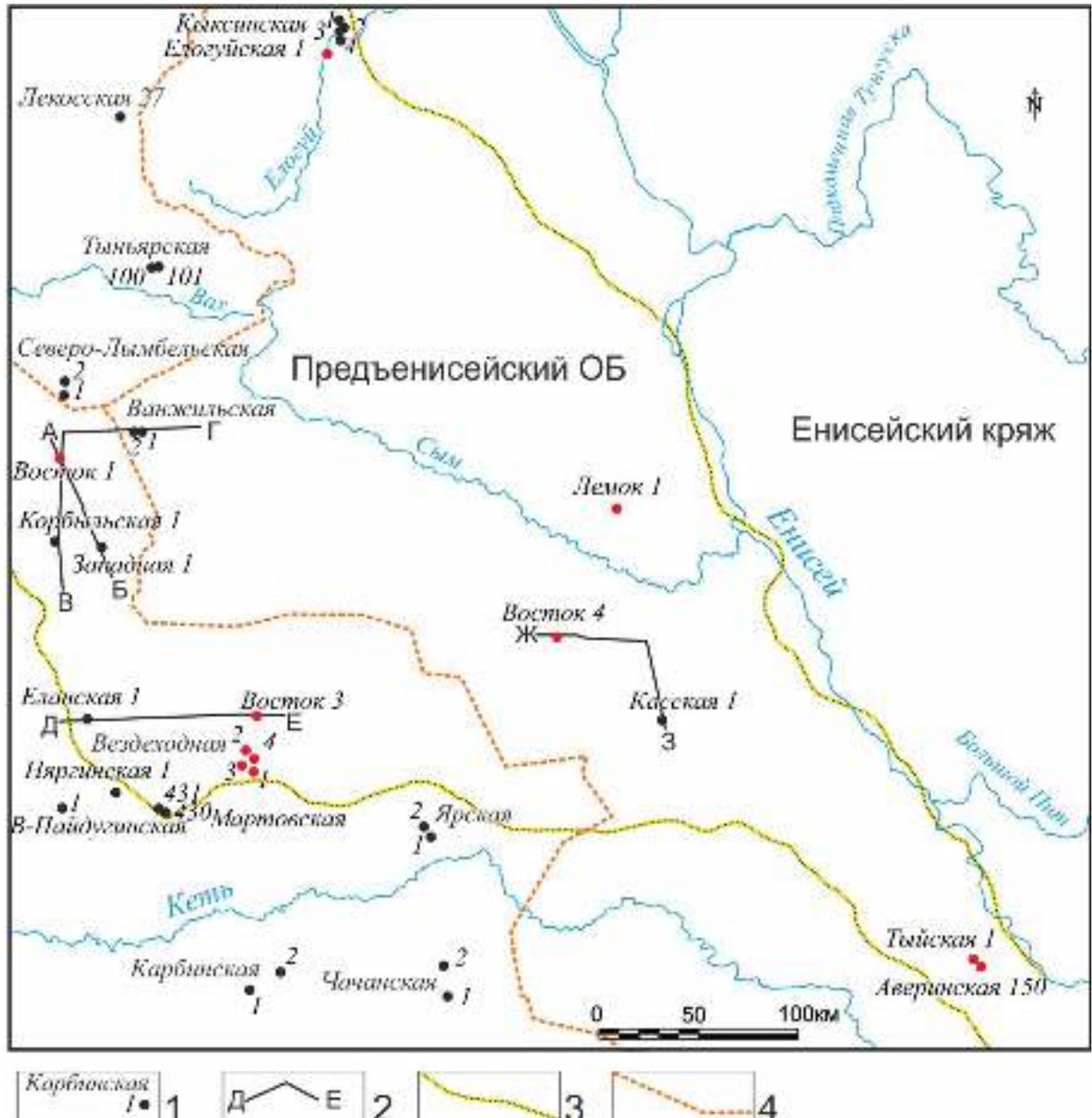


Рисунок 3.13 – Схема расположения скважин и фрагментов сейсмических профилей.

Условные обозначения: 1 - скважины, вскрывшие доюрские отложения (красным цветом выделены скважины, вскрывшие палеонтологически охарактеризованные кембрийские отложения); 2 - линии сеймопрофилей; 3 - границы Предъенисейского осадочного бассейна; 4 - административные границы Томской области и ХМАО.

шоколадно-коричневых, темно-серых и зеленовато-серых известковистых аргиллитов с прослоями глинисто-известковистых песчаников, и глинистых известняков. В нижней части присутствуют песчанистые и брекчированные алевролиты и аргиллиты с прослоями мергелей. В верхней части по данным ГИС выделяется кора выветривания. В интервале 2410-2630 м вскрыта толща, представленная

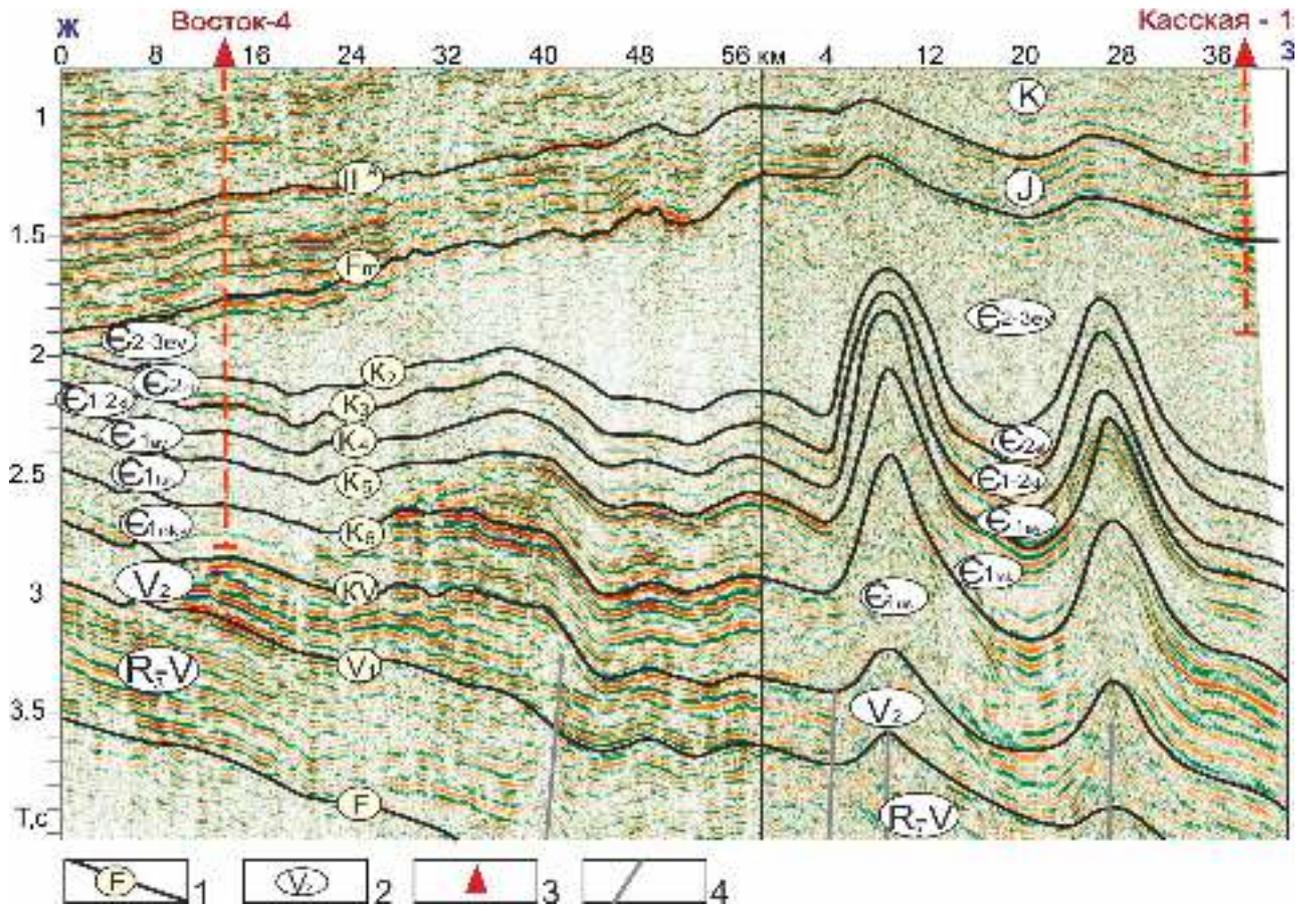


Рисунок 3.14 - Сейсмогеологический разрез по линии композитного профиля Ж-3.

Условные обозначения: 1 - отражающие горизонты и их индекс; 2 - возраст сейсмогеологического комплекса (буквенными индексами обозначены свиты кембрия: oks - оксымская, tsch - тыйская, av - аверинская, kl - кольчумская, ev - эвенкийская, rjn - пыжинская, tch - чурбигинская); 3 - скважины; 4 - основные разломы. Положение профиля показано на рис. 3.13.

темно-серыми известковистыми аргиллитами, часто алевритистыми и сланцеватыми, с прослоями зеленовато-серых известковистых алевролитов и бурых железненных мелкозернистых песчаников. Встречаются прослои зеленовато-серых мергелей и глинистых комковато-оолитовых известняков. Нижняя пачка (инт. 2630-3100 м) сложена неравномерным переслаиванием серых и зеленовато-серых известковистых аргиллитов, алевролитов и мелкозернистых песчаников с прослоями бледно-розового полосчатого кальцита и следами растительного детрита. Все породы изменены вторичными процессами.

В дублирующей скважине Ванжильская-2 в интервале 2255-2365 м вскрыты отложения, представленные переслаиванием серых и темно-серых массивных из-

вестняков и темно-серых с вишневым оттенком аргиллитов. В шлифах в известняках наблюдаются многочисленные органические остатки, зерна глауконита, лейкоксена, пирита. По результатам термического анализа состав карбоната – кальцит-доломитовый с примесью сидерита. Глинистая составляющая в породах, в основном, хлоритовая.

Первоначально, по фаунистическим остаткам вся ванжильская толща (на основании найденной проблематики, отнесённой к фораминиферам рода *Bisphaera*, и наличия архисфер типа *Bobolites*) рассматривалась в качестве девонской, а нижние части верхнесилурийскими(?).

Позднее стратиграфическая разбивка разреза изменилась – фрагмент толщи в интервале 1945-2144 м рядом исследователей без какого-либо обоснования отнесен к «батуринской» толще нижнего-среднего карбона (первоначально выделенной в разрезе опорной скважины Чулымская-1), а фрагмент в интервале 2144-3100 м назван ванжильской толщей и условно отнесен к верхнему девону [Региональная..., 1993; Решения..., 1999; Стратиграфия..., 2001].

Кроме того, из опубликованных материалов известно, что из ванжильской толщи В.А. Лучининой [Чувашов и др., 1985] определены водоросли: *Kamaena sp.* и *Girvanella problematica Nich. et Ether.* Первая из них маркирует верхний девон. Одновременно с этим О.В. Юферевым и В.М. Задорожным [Палеозой..., 1984] в интервале 2437-2440 м определен вид фораминифер *Palachemonella beckmanni: Flugel et Hotzl*, также характерный для верхнего девона.

Спустя более 30 лет, в 2016 году И.Г. Тимохиной [Тимохина, 2016] был заново изучен единственный шлиф с фаунистическими остатками из керна скважины (инт. 2440-2477 м) (маркировка ошибочна, в этом интервале керн не отбирался, правильнее 2437-2440). Помимо позднедевонских фораминифер, в шлифе были установлены водоросли *Kamaena sp.* и сечение веточки табулятоморфного коралла, что дало основание для датировки толщи фаменом.

Это, в свою очередь, входит в противоречие с новыми геолого-геофизическими данными – результатами бурения скв. Восток-1 на соседней (в 50 км) площади и сейсмическими материалами.

Г.М. Татьяниным (ТГУ, один из авторов первых определений) и его коллегами на конференции в г. Тюмени в 2012 г. этой проблеме был посвящен доклад, материалы которого были опубликованы [Макаренко и др., 2014]. Автором было отмечено, что обнаруженные ранее находки *Bisphaera* и *Bobolites* не могут служить указателем девонского возраста, поскольку они, скорее всего, относятся к субсферическим однокамерным раковинам фораминифер рода *Archaesphaera*, описанными [Рейтлингер, 1959] из кембрийских образований Сибири, и которые были приняты за представителей рода *Bisphaera*. Кроме того, авторами публикации убедительно продемонстрирована идентичность астеросфероидных образований разной степени совершенства (как и многочисленных фрагментов скелетов трилобитов) из разрезов Ванжильских скважин с таковыми из отложений скважины Восток-1, которые уверенно датируются средним кембрием (пуджелгинская свита) [Конторович и др., 2008а, Филиппов и др., 2014а,б].

На рисунке 3.15 показан фрагмент сейсмогеологического разреза по линии композитного профиля В-Г, проходящего через скважины Восток-1 и Ванжильские-1 и 2. Видно, что разрез, вскрытый скважинами на Ванжильской площади, принадлежит к верхним частям того же сейсмокомплекса, что и разрез скв. Восток-1, который (в районе отражающей границы K_2), датируется поздним кембрием (аналоги эвенкийской свиты). Во-вторых, район Ванжильских скважин, как показывают материалы анализа сейсмических данных, находится в области приподнятой зоны, где верхнепротерозойско-кембрийские отложения резко воздымаются по серии субвертикальных взбросов.

Выполненные структурные построения (детальнее будут рассмотрены в разделах ниже) по кембрийскому стратифицированному комплексу, показали, что в плане (Рисунок 3.16) эта зона является фрагментом более обширной положительной структуры - Ванжильского мезовала. Последний, в свою очередь, осложняет северо-восточное крыло другой структуры более высокого порядка - Райгинского мегавала. Как свидетельствуют сейсмические материалы, в направлении осевых частей этих поднятий кембрийские комплексы были подвергнуты процессам масштабной денудации, и на предъюрскую поверхность там выходят

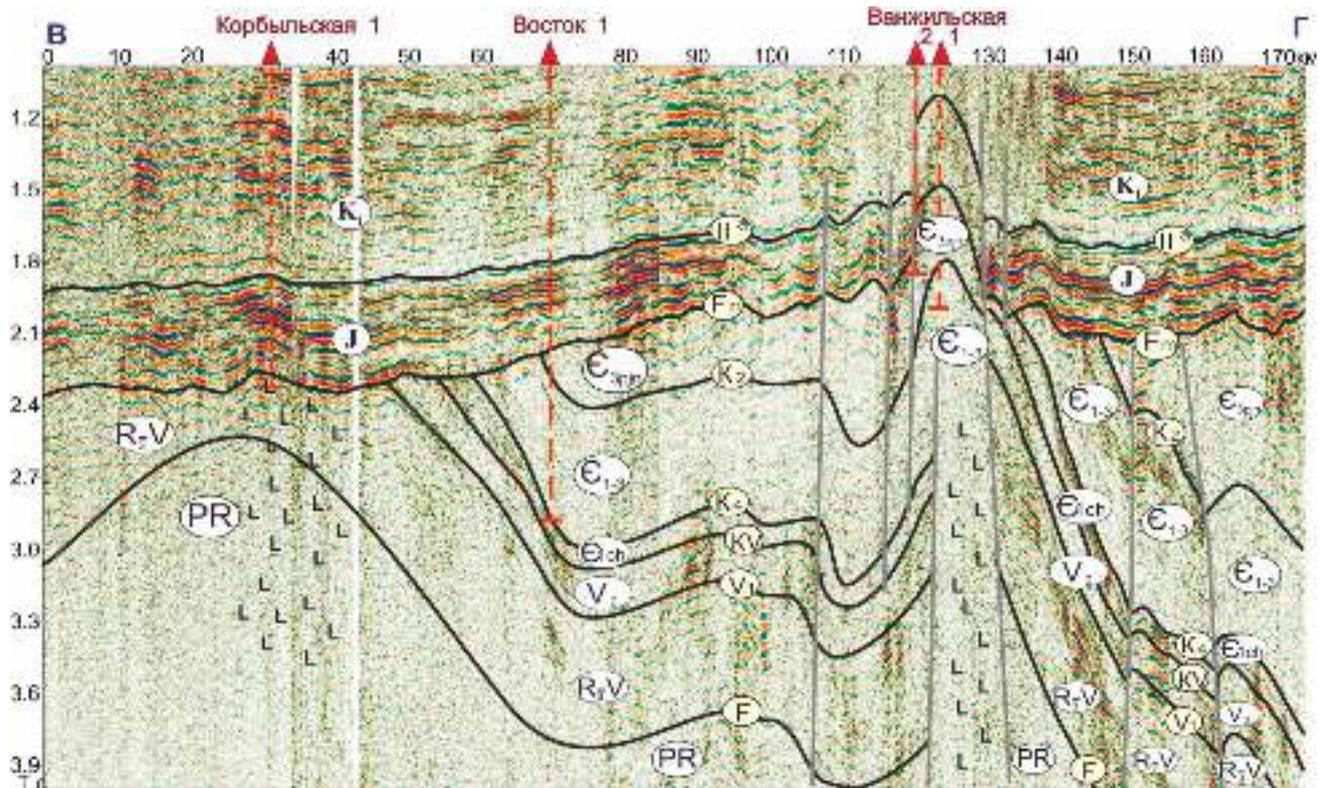


Рисунок 3.15 - Сейсмогеологический разрез по линии композитного профиля В-Г.

Условные обозначения см. на рис. 3.14, расположение профиля на рис. 3.13.

самые нижние горизонты кембрийских отложений, а в наиболее высоких зонах – даже верхнекембрийские. Учитывая тот факт, что более молодые отложения в осадочном бассейне могут сохраняться лишь в погруженных зонах, маловероятно ожидать, что в апикальных частях такой приподнятой зоны будут вскрываться девонские отложения, тогда как на ее погруженных бортах располагаться достоверно датированные кембрийские толщи.

И, наконец, материалы бурения скв. Лекоская-27, пробуренной севернее Ванжильского мезовала, свидетельствуют о существовании большого стратиграфического перерыва в этом районе (с ордовика до перми), связанного со значительной денудацией палеозойских комплексов в герцинское время.

Все эти свидетельства (наряду с идентичностью литологического состава пород в скв. Восток-1 и Ванжильская-1) позволяют отнести «ванжильские» осадочные комплексы, вероятнее всего, к верхнекембрийским образованиям. Что касается определения позднедевонской фауны в единственном по всему разрезу

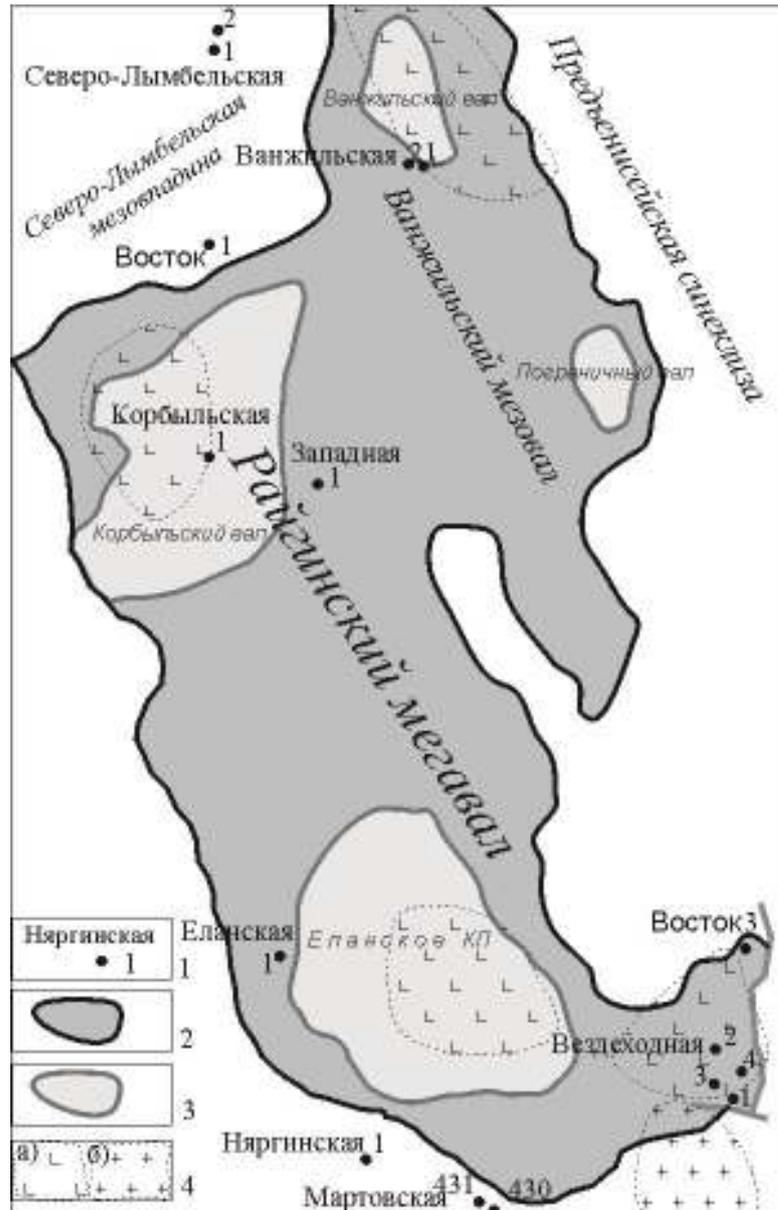


Рисунок 3.16 - Структурная схема западной части Предьенийского бассейна по кровле оксымской свиты и ее возрастных аналогов (нижний кембрий).

Условные обозначения: 1 - скважины; 2 - границы Райгинского мегавала (по абсолютной отметке -4200 м); 3 - границы поднятий в пределах мегавала, где на предьюрскую поверхность предположительно выходят докембрийские толщи; 4 - предполагаемые по геофизическим данным магматические тела (а - основного, б - кислого состава).

шлифе, то (ни в коем случае не ставя под сомнение корректность самих определений и не сомневаясь в квалификации специалистов), этот вопрос требует более детального разбирательства. И тут видится два пути его решения.

Возможен вариант вскрытия скважиной локального участка с небольшим (остаточным) фрагментом верхнедевонского комплекса (на подавляющей части

территории денудированного), схожего литологического состава с кембрийскими отложениями скв. Восток-1. Тем более, что район скважины располагается в локальной тектонически активной и дислоцированной зоне. Не исключен и вариант, связанный с инородностью самого шлифа или фрагмента керна, из которого он изготавливался, поскольку не совсем обычным выглядит факт обнаружения обильной фауны лишь в единственном образце (шлифе) при наличии мощного (1155 м) однотипного и «немого» в целом разреза.

В любом случае, материалы бурения скв. Восток-1 и Лекосская-27, а также сейсмические данные не подтверждают идею широкого распространения в пределах Предъенисейского бассейна девонских осадочных комплексов, которые с большой вероятностью могли здесь накапливаться, но впоследствии были денудированы, за редким исключением локальных впадин или приразломных зон.

Аналогичная геологическая ситуация наблюдается и в скв. Западная-1, где в интервале 2981-3200 м также вскрыт измененный вторичными процессами терригенно-карбонатный разрез, представляющий собой неравномерное переслаивание серо-зеленых косослоистых аргиллитов, туфогенных песчаников и серых, массивных доломитизированных известняков. Нижняя часть толщи представлена переслаиванием коричневых неравномернослоистых аргиллитов, ожелезненных туфогравелитов, темно-серых алевролитов и туфогенных ожелезненных песчаников. Возраст отложений палеонтологически не определен. В.С. Сурков и О.Г. Жеро отнесли их к дейтероорогенной формации среднего-верхнего девона [Сурков, Жеро, 1981].

На рисунке 3.17 представлен фрагмент сейсмогеологического разреза по линии профиля А-Б, проходящий через скважины Восток-1 и Западная-1. На нем также видно, что вскрытые обеими скважинами отложения принадлежат к одному и тому же сейсмокомплексу (выше отражающего горизонта K_4), датируемому кембрием (более точную датировку дать затруднительно).

В упомянутом выше докладе на конференции в г. Тюмени и публикации [Макаренко и др., 2014] Г.М. Татьяна и его коллеги также обратили внимание на сходство оолитовых астросфероидных известняков и биокластов в скв. Запад-

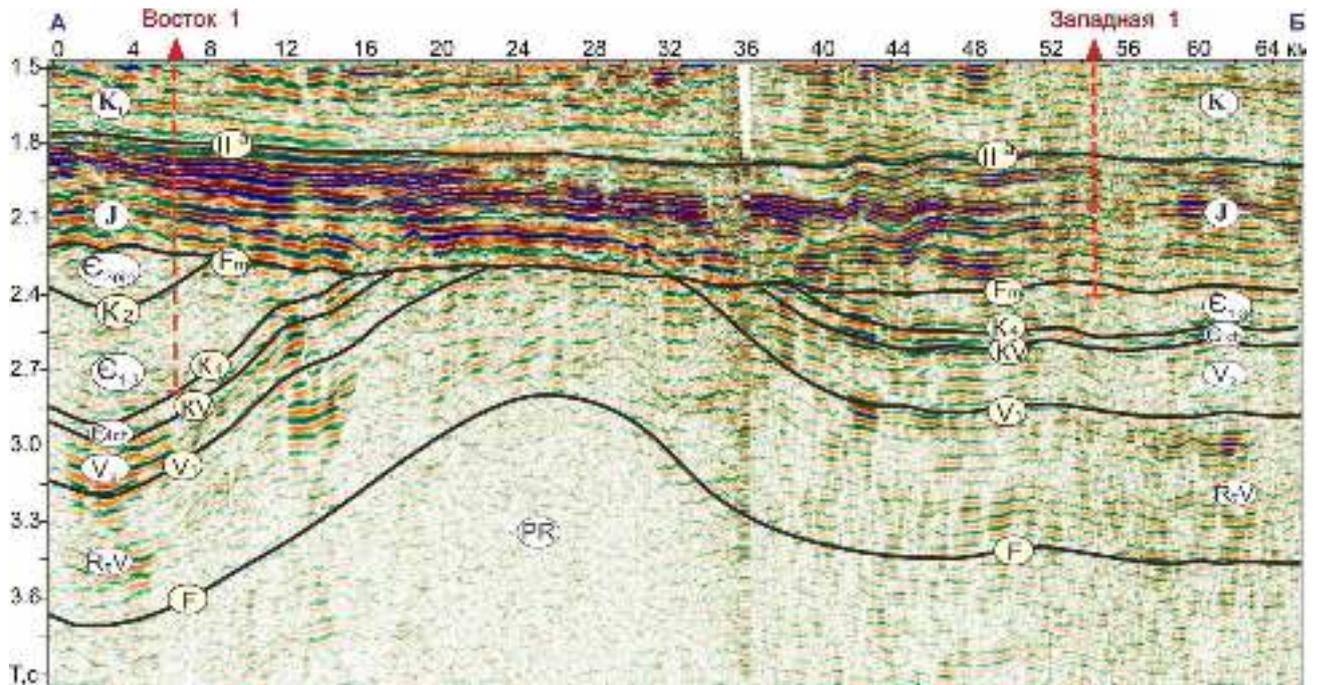


Рисунок 3.17 – Сейсмогеологический разрез по линии композитного профиля А-Б.
Условные обозначения см. на рис. 3.14, расположение профиля на рис. 3.13.

ная-1 с аналогичными образованиями, вскрытыми из кембрийского разреза в скв. Восток-1 и Восток-4. Наряду с идентичным литологическим составом пород все это убеждает в том, что возраст вскрытых скважиной Западная-1 отложений, вероятнее всего, не девонский, а кембрийский.

Тот же фациальный ряд отложений вскрыт скважиной № 1 на расположенной южнее Еланской площади. В интервале 3014-3078 м (а по каротажу 3014-3083 м) в скв. Еланская-1 разрез представлен глинисто-кремнисто-сидеритовой породой, представляющей собой, по всей видимости, кору выветривания по плагиоклазовым порфиридам. Ниже по разрезу (до глубины 3187 м) вскрыты тонкозернистые перекристаллизованные, доломитизированные известняки и известковистые доломиты с прослоями глинистых углистых пород и глинисто-кремнистых сланцев, иногда встречаются сильно измененные эффузивы.

Судя по волновой картине на сейсмическом разрезе по профилю Д-Е (Рисунок 3.18), вскрытый разрез имеет ранне-среднекембрийский возраст, поскольку скважина находится на западном борту Еланского поднятия (Рисунок 3.16), где в

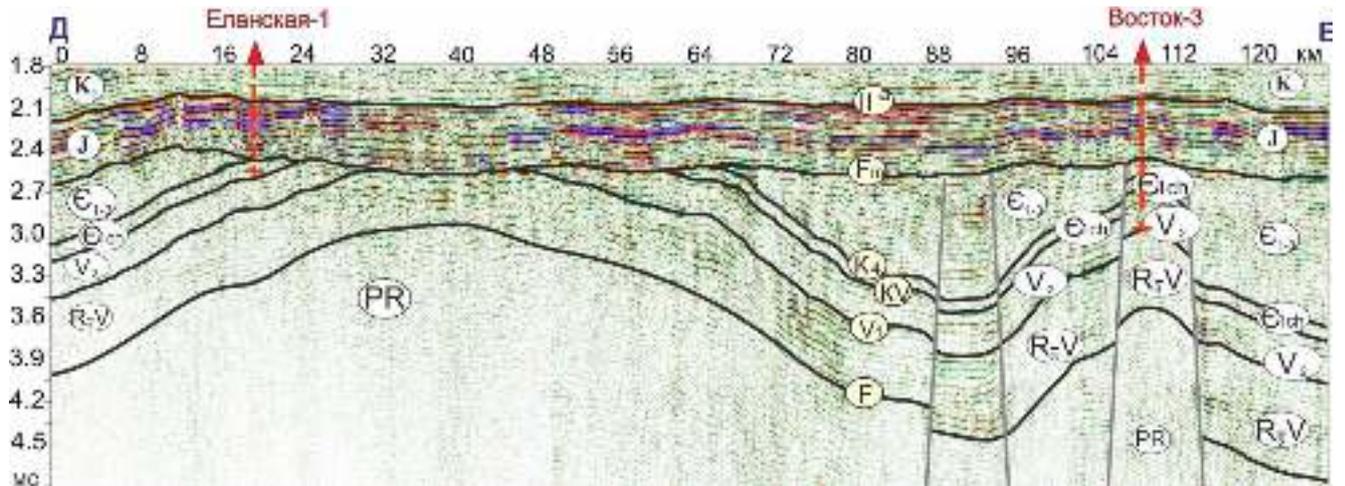


Рисунок 3.18 – Сейсмогеологический разрез по линии композитного профиля Д-Е.

Условные обозначения см. на рис. 3.14, расположение профиля на рис. 3.13.

подошву юрских пород, судя по сейсмическим данным и структурным построениям, выходят верхнедокембрийские комплексы.

Изучение карбонатных пород из скв. Еланская-1, указывает на их сходство с таковыми из скв. Восток-3 (пайдугинская свита ранне-среднекембрийского возраста) [Макаренко и др., 2014]. Вторично преобразованный, вулканогенный фрагмент разреза из-за сходства литофаций и географической близости с разрезом на Няргинской площади позволяют условно отнести его к аналогам *дунаевской толщи* позднеордовикского возраста (см. раздел 3.3).

К верхнекембрийским отложениям (аналогам эвенкийской свиты) относят и нижний (инт. 2947-3017 м) фрагмент разреза в скв. Няргинская-1, представленный пестроцветными песчаниками, аргиллитами, туфобрекчиями и карбонатными породами и объединенный в состав *жигаловской толщи* [Решения..., 1999; Стратиграфия..., 2001 и др.]. Противоречий с результатами проведенного сейсмического анализа здесь нет, но для унификации названий толщи, вероятно, лучше рассматривать в качестве фрагмента верхней части эвенкийской свиты (пыжинская толща), которая, как показывают исследования, широко здесь распространена. Использовать в стратиграфических построениях название «жигаловская толща», по мнению автора, представляется нецелесообразным.

По положению в разрезе и фациальному сходству с аналогами вездеходной

толщи, вскрытой скважинами на одноименной площади (см. выше), раннекембрийскими могут оказаться и палеонтологически не охарактеризованные фрагменты разрезов, вскрытые скважинами на Ярской и Карбинской площадях, немного южнее территории Предъенисейского бассейна. В скважине Ярская-2 (инт. 2768-3175 м) и в скв. Карбинская-2 (инт. 2927-2985 м) они представлены чередованием темных мраморизованных известняков и углисто кремнистых сланцев. Вероятно, аналогичный возраст имеют и сходные по составу отложения, вскрытые скважинами № 430 и 431 на небольшую глубину на соседней с Вездеходной - Мартовской площади.

Результаты ревизии стратиграфического положения палеонтологически не охарактеризованных толщ, относимых автором к кембрийскому возрасту, представлены на схеме (Рисунок 3.19).

Кроме этих выделенных подразделений, к среднекембрийским отложениям следует, по-видимому, отнести *малоомутлинскую* толщу, вскрытую в скважине Восток-3 в интервале 3393-3635 м. Она перекрывает пайдугинскую свиту, не содержит определимых органических остатков и представлена переслаиванием известковистых песчаников, темно-серых известковых алевролитов, аргиллитов с прослоями интракластовых брекчий и отличается от подстилающих отложений лишь появлением более крупных (до 0,7 м) ритмов.

Не исключен вариант рассмотрения нижней части свиты в составе пайдугинской свиты.

3.3 Ордовик-Пермь

Стратиграфия палеозойских отложений моложе кембрия (ордовик-пермь) в юго-восточной части ЗСП (Предъенисейский осадочный бассейн и прилегающие территории) изучена в настоящее время слабо, а информация, позволяющая разработать кондиционную стратиграфическую схему, крайне неоднозначна. Главным образом, это вызвано значительной степенью денудации верхних частей доюрского этажа, что привело к ситуации, когда на большей части территории на предъюрскую поверхность выходят различные фрагменты кембрийских

Система	Отдел	Томская обл.										Красноярский край			
		скв. Ванжильская-1	скв. Ванжильская-2	скв. Западная-1	скв. Еланская-1	скв. Няргинская-1	скв. Вездеходная-1	скв. Вездеходная-2	скв. Вездеходная-3	скв. Вездеходная-4	скв. Ярская-2	скв. Карбинская-2	скв. Касская-1		
Кембрийская	Верхний	1945 Аналог эвенкийской свиты 1155 м Пестроцветные известковистые алевролиты, аргиллиты, песчаники, известняки 3100	2224 Аналог эвенкийской свиты 141 м Пестроцветные известковистые аргиллиты, известняки 2365	2981 Аналог эвенкийской свиты 219 м Песчаники туфогенные, алевролиты, аргиллиты, оолитовые известняки. 3200		2947 Аналог эвенкийской свиты (жигаловская толща) 70 м Пестро- цветные песчаники, аргиллиты, туфобрекч. 3017								1665 Аналог эвенкийской свиты 840 м Пестроцветные песчаники, конгломераты, алевролиты, внизу краснов. известняки 2505	
	Средний				3014 Аналог чурбигинской и пайдугинской свит 173 м Известняки, доломиты, гл.-кремнист. сланцы, измененные эффузивы 3187										
	Нижний						3103 Вездеходная толща 108 м Аргиллиты, песчаники, известняк 3211	3160 Вездеходная толща 44 м Песчаники, известняк 3204	3085 Вездеходная толща 853 м Доломиты, дайки спессартитов, водоросли 3938	3106 Вездеходная толща 435 м Доломиты, прослой терр. пород, водоросли 3541 3541 Лисицинская толща 1283 м Долериты, базальты, туффиты, алевролиты, спилиты Абс. возр.- 520 млн.л. 4824 Гранодиориты 5005	2768 Аналог вездеходной(?) толщи 407 м Известняки мрамориз., углисто- кремнистые породы. 3175	2927 Аналог вездеходной(?) толщи 58 м Известняки глинистые, мергели, сланцы. 2985			

Рисунок 3.19 - Стратиграфическая схема кембрийских отложений (где отсутствуют палеонтологические находки).

комплексов, а более молодые палеозойские отложения были подвергнуты эрозии и смогли сохраниться только в локально погруженных зонах. Кроме того, бурение глубоких скважин, направленных на поисковые задачи, по соответствующим причинам проводилось в приподнятых (антиклинальных) зонах. В этой связи, наиболее погруженные части с возможным наличием более молодых палеозойских образований остаются до сих пор не вскрытыми, а их наличие может предполагаться только по сейсмическим данным.

Определенную роль в такой ситуации играет и обедненность фаунистическими остатками кернового материала вскрытых отложений (ограниченность находок, малое количество групп и скудный таксономический состав).

Все это в 50-70-е годы, когда бурилась основная масса в этом регионе скважин, явилось причиной неоднозначных и до сих пор спорных оценок стратиграфических разбивок и основанных на них корреляций разновозрастных и полифациальных толщ палеозоя.

В 1998 г. было проведено Межведомственное совещание по рассмотрению и принятию региональной стратиграфической схемы палеозойских образований ЗСП, по результатам которого были опубликованы соответствующие решения [Решения..., 1999] и известная монография, посвященная проблемам стратиграфии палеозоя Западной Сибири [Стратиграфия..., 2001]. Ввиду отсутствия кернового материала и других геологических данных по Предъенисейскому осадочному бассейну, в перечисленных публикациях намечен только общий каркас возможного стратиграфического положения и взаимоотношений, выделяемых в этом регионе палеозойских стратонов.

В связи с возобновлением буровых и сейсмических работ в конце 90-х прошлого столетия и начале 2000-х годов появилась необходимость и дополнительные возможности ревизии и уточнения стратификации верхней части доюрского этажа. Результаты первых попыток решения этих вопросов были получены в начале 2000-х годов и обобщены в ряде работ [Елкин и др., 2000; Стратиграфия..., 2001; Филиппов, 2001 и др.].

Надо отметить, что основным мотивом для предложенной корреляции в

принятом тогда варианте стратиграфической интерпретации верхнепалеозойских толщ было наличие под юрскими толщами специфического сейсмического комплекса, фиксируемого на волновых картинах большинства сейсмических разрезов ОГТ. Этот комплекс характеризовался небольшой мощностью, наличием субпараллельных мезозойскому чехлу отражающих границ, площадным распространением и несогласным залеганием (перекрытием) на более дислоцированных верхнекембрийских и кембрийских отложениях. С этих позиций коллективом сотрудников ИНГГ СО РАН под руководством Е.А. Елкина были критически пересмотрены неоднозначные датировки разрезов в ряде «старых» скважин и принят компромиссный вариант выделения промежуточного осадочного комплекса позднедевонско-карбонового возраста [Елкин и др, 2000; Стратиграфия..., 2001; Филиппов, 2001 и др.]. В таком состоянии проблема находилась до 2008 г., когда в ИНГГ СО РАН инициировались работы по анализу результатов новых геолого-геофизических работ в рамках реализации программы ГРР «Восток».

В результате ранее высказанное предположение о наличии маломощного и повсеместно распространенного верхнепалеозойского комплекса под юрскими отложениями, подтвердить не удалось. Сейсмические отражения на ряде профилей в этой части разреза, принимаемые раньше за отдельные сейсмофации, оказались вторичными. Полученные геолого-геофизические данные заставили радикально пересмотреть существующие взгляды на стратиграфическое положение вскрытых на этой территории палеозойских толщ [Филиппов и др., 2014а и др.]. Часть из них отнесены к кембрийскому возрасту и представлены выше, другие рассмотрены в настоящем разделе.

Ордовик. Впервые на территории Предъенисейского бассейна отложения, предположительно, раннеордовикского возраста были выделены во вскрытом разрезе на Кыксинской площади (в среднем течении р. Елогуй), расположенной северо-восточнее Елогуйской опорной скважины, в непосредственной близости от нее [Драгунов и др., 1967]. В интервале 1129-1714 м роторной скважиной № 3 на этой площади были вскрыты серые, пятнистые, тонкокристаллические, местами трещиноватые известняки и подстилающие их светло-серые и белые плотные

доломиты, которые были выделены в составе нерасчлененной верхнекембрийско-нижнеордовикской («добайкитской») толщи. Эти выводы базировались на присутствии стратиграфически ниже этой карбонатной последовательности мало-мощной красноцветной мергелистой пачки, сопоставляемой с эвенкийской свитой, а также характерного состава пород.

Возможно, к нижнеордовикским отложениям также относятся и сахаровидные мелкозернистые доломиты, вскрытые в верхней части доюрского разреза (инт. 1467-1632 м) скв. Елогуйская-1, ниже которых залегает пестроцветная терригенно-карбонатная толща, отождествляемая с эвенкийской свитой.

Скважиной № 1 на Няргинской площади в интервале 2667-2947 м (выше пестроцветной толщи, относимой к аналогам эвенкийской свиты) были вскрыты отложения пестрого состава. В интервале керна 2667-2757 м (а по каротажу до глубины 2783 м) они представлены измененными эффузивно-осадочными образованиями: базальтовыми порфиритами, их туфами и туффитами. Эта толща получила наименование *дунаевской* [Региональная..., 1993; Решения..., 1999] и была условно отнесена к девону, что противоречило известному определению абсолютного возраста туфов из интервала 2720,8-2721,8 м, который составлял 438 млн. лет [Сурков, Жеро, 1981]. В связи с таким стратиграфическим взаимоотношением, предположительно, двух вулканогенных толщ, к девонскому стратиграфическому интервалу вынужденно отнесли только вулканокластовый фрагмент разреза 2667 – 2720 м, а нижележащие образования (27 м) – к силуру.

По мнению соискателя, это неоправдано. Логичнее всего дунаевскую толщу выделять в интервале 2667-2783 м (с учетом каротажных данных) и датировать более древним возрастом (поздним ордовиком – ранним силуrom), если считать корректным определение возраста эффузивов по изотопным данным.

В интервале с 2797 м (по керну, а по каротажу с 2783 м) по 2950 м, стратиграфически ниже дунаевской толщи располагается карбонатная толща, которая была названа *няргинской* [Региональная..., 1993; Решения..., 1999]. Эта толща представлена темно-серыми водорослевыми известняками, местами доломитизированными и мраморизованными и известковистыми аргиллитами бурых оттен-

ков, переходящими в мергели. В тонкозернистой кальцитовый массе отмечаются многочисленные слои черного битуминозного вещества и фаунистические остатки, напоминающие сегменты трилобитов и мелких брахиопод. На основании определений М.В. Степановой по водорослям (*Girvanella* sp., *Nuja sibirica* Masl., *N. sibirica parva* Reitl.), имеющим широкий возрастной диапазон распространения, няргинская толща была сопоставлена с усть-кутской свитой СП и условно датирована ранним ордовиком [Сурков, Жеро, 1981].

В связи с этим следует сказать следующее. Во-первых, нельзя исключить, что часть из выделенных объектов не имеет биологической природы и может относиться к инкрустационным образованиям, что не раз отмечалось в литературе [Spincer, 1998 и др.]. Во-вторых, по мнению коллектива сотрудников ТГУ [Макаренко и др., 2014], с учетом современных оценок возраста усть-кутской свиты СП, возраст няргинской толщи может оказаться более древним, а именно позднекембрийским. Пока же мы вынуждены считать эту толщу нижнеордовикской, но допускать вариант и более древнего её хроностратиграфического положения.

Кроме Няргинской площади вулканогенные отложения, подобные дунаевской толще, вскрыты еще на ряде площадей. Так, на Корбыльской площади (к северу от Еланской площади) в скв. Корбыльская-1 (инт. 2829-2915 м) вскрыты аналогичные эффузивные породы с абсолютным возрастом – 446 млн. лет [Сурков, Жеро, 1981], что позволяет считать их аналогами дунаевской толщи и относить к верхнему ордовику. Здесь надо иметь в виду, что вскрытые скважиной измененные базальты и диабазы являются, скорее всего, секущими телами в значительно более древних осадочных комплексах. Судя по волновой картине на сейсмогеологическом разрезе (Рисунок 3.15) в районе Корбыльского вала, в центре которого и пробурена скважина, все палеозойские толщи денудированы, и на предъюрскую поверхность выходят верхнекембрийские осадочные комплексы, вероятнее всего, вендские. На наличие в районе бурения магматического очага основного состава, и являющегося, судя по всему, источником секущих тел, фрагменты которых вскрыты скважиной, указывают и результаты гравимагнитных исследований. На рисунке 3.16 пунктиром отмечены наиболее вероятные зо-

ны распространения подобных тел в районе Райгинского мегавала.

Аналогичные по составу базальты, андезито-базальты, порфириты и туфы вскрыты на расположенных южнее территории бассейна Ярославской и Чачанской площадях. В первой из них датировки отсутствуют, а на второй в скв. Чачанская-1 (вулканический фрагмент разреза располагается в инт. 2455-2745 м) он составляет 457 млн. лет [Сурков, Жеро, 1981]. Поскольку районы скважин располагаются уже в границах Алтае-Саянской складчатой области, сейсмические материалы не позволяют подтвердить эти оценки. Автор принимает возраст этих толщ в соответствии с изотопными данными, а сами комплексы склонен отнести к фрагментам единой вулканической (активной в раннем палеозое) зоны, протягивающейся в современных координатах с юга (районы Золотокитатского вулканического района Кузнецко-Алатаусской зоны) на север (районы Чачанской, Ярославской, Вездеходной, Няргинской и Корбыльской площадей). Имеющиеся «отклонения» возраста вулканических толщ по изотопным данным могут быть объяснены более поздними процессами прогрессивного метаморфизма, в частности, хлоритизации, как это было показано на примере вездеходной толщи.

Также условно, по положению в разрезе, к ордовикскому комплексу относят фрагмент из нижнего интервала (инт. 2970-3041 м) разреза, вскрытого скважиной Северо-Лымбельская-1 на востоке ХМАО, который выше перекрывается силурийскими осадками *лымбельской толщи* [Решения..., 1999 и др.]. Он представлен криптокристаллическими бурыми карбонатными и сульфатно-карбонатными породами.

В 2009 г. было закончено бурение параметрической скважины Лекосская-27 на востоке ХМАО, а позднее были опубликованы первые уточненные стратиграфические интерпретации [Могучева и др., 2011]. Сотрудником ИНГГ СО РАН А.В. Тимохиным в образцах керн из интервала 3524-3999 м обнаружены отпечатки трилобитов, среди которых определены *Isotelus maximus sibiricus* Z.Мох. и *Ceraurinus icarus* (Billings) [там же]. Возрастной диапазон распространения этих видов, известных во многих геологических регионах, ограничивается поздним ордовиком (сандбийский и катийский века нового стандарта Общей стратиграфии-

ческой шкалы). По данным изучения керн и материалов ГИС толща, которая датируется поздним ордовиком, распространена в интервале 3460-4020 м (Рисунок 3.20). Она представлена переслаиванием черных, серых, светло-серых известковистых аргиллитов и алевролитов, глинистых известняков и доломитов, а также брекчированными известняками, глинистыми, часто доломитизированными. В разрезе присутствуют прослои доломит-холцедоновых пород с реликтами спикул губок, спонголитов, глауконита. По мнению А.В. Тимохина, по литологическому составу и строению рассматриваемую толщу можно сопоставить с неручандской или мангазейской свитами чертовского и баксанского горизонтов верхнего ордовика СП [Могучева и др., 2011]. Стоит отметить, что, судя по сейсмическим материалам, ордовикские отложения могут иметь достаточно широкое (хотя и не повсеместное) площадное распространение в пределах Предъенисейского бассейна, особенно в северных его частях.

Силур. К подтвержденным палеонтологическими определениями силурийским отложениям в пределах Предъенисейского бассейна относится фрагмент разреза в интервале 2820-2970 м скв. Северо-Лымбельская-1 на территории ХМАО. Эти отложения отнесены к силуру [Краснов и др., 1984; Региональная..., 1993; Стратиграфия палеозоя..., 1985] в объеме *лымбельской толщи*. По всему разрезу толщи обнаружены фораминиферы и водоросли позднего силура (определения Э.В. Родионовой и М.В. Степановой); мшанки (определения А.М. Ярошинской) *Bobolites maris* и *Eridotrypa* sp.; фораминиферы *Asterosphaeroides emendatus*, *Aster. baxonicus*, *Aster. serratus*; табуляты *Paleofavosites morabilis* Tchern. и другие группы фауны [Сурков, Жеро, 1981; Краснов и др., 1984; Региональная..., 1993; Стратиграфия палеозоя..., 1985]. Силурийский возраст лымбельской толщи зафиксирован и в Региональной стратиграфической схеме [Решения..., 1999].

Образования, которые можно условно отнести к силуру, вскрыты южнее Предъенисейского бассейна в скв. Чачанская-1 (инт. 2269-2445 м), где над вулканическим комплексом позднеордовикского (по изотопным данным) возраста залегают терригенные породы мощностью 186 м.

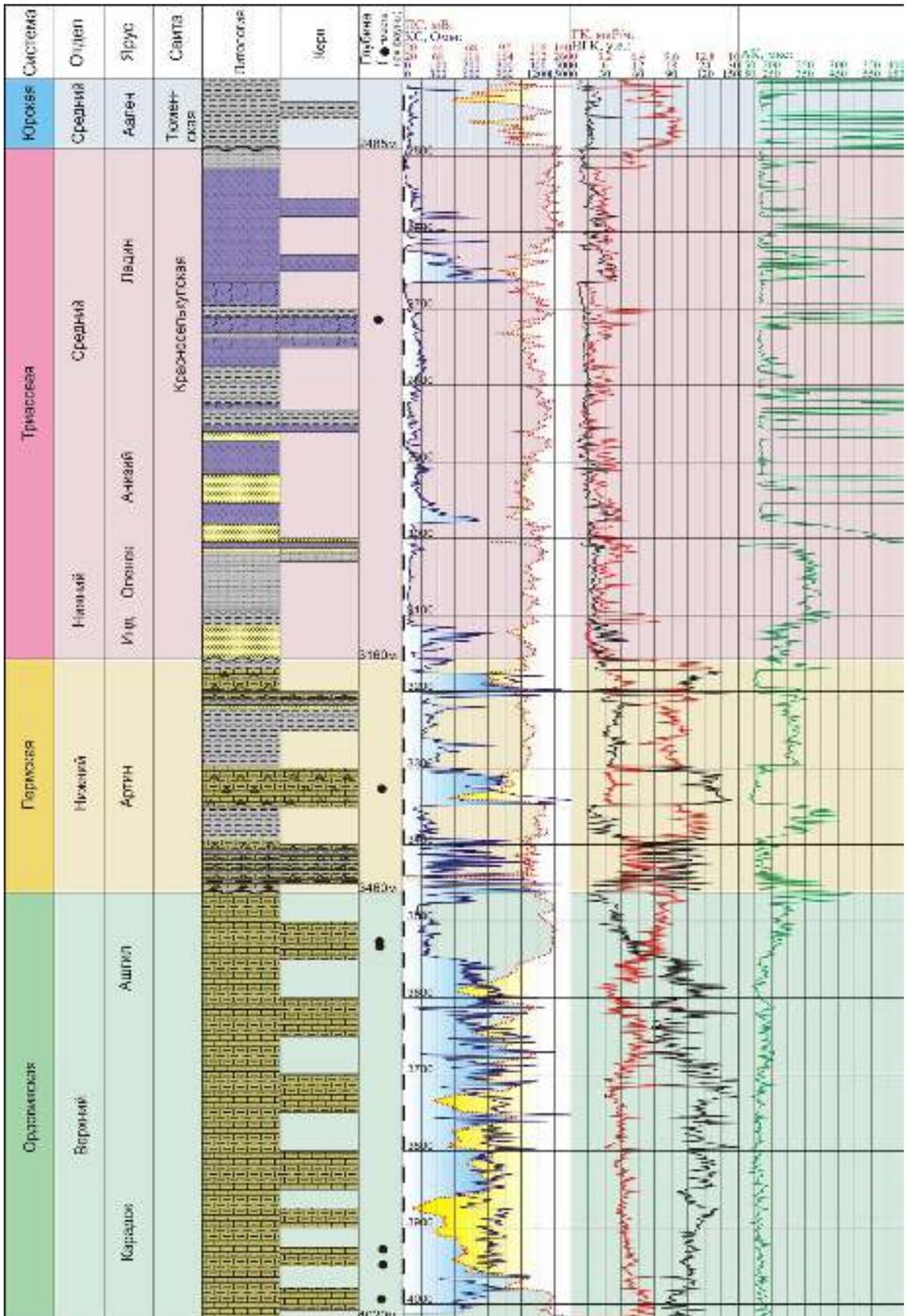


Рисунок 3.20 - Литолого-стратиграфический разрез отложений, вскрытых скважиной Лекоская-27. Усл. обозн. на рис. 3.11 и 3.12.

Девон. Как уже говорилось, к девонским отложениям ранее относилось много фрагментов, вскрытых глубокими скважинами, но при этом практически ни один из них (за исключением ванжильской толщи) не имеет надежного палеонтологического подтверждения возраста. Сейсмическая информация показывает неправомерность такого хроностратиграфического положения большинства этих фрагментов (см. раздел 3.2). Введенная в схему стратиграфии палеозоя ЗСП на Тюменском совещании 1990 г. [Региональная..., 1993] в качестве девонской – *дунаневская* рассмотрена выше и, вероятнее всего, относится к верхнему ордовику (датирование по изотопным данным). По датировке абсолютного возраста (К-Аг) к девону (395 млн. лет, неопубликованные данные СНИИГГиМС), с большой долей условности, можно относить лишь эффузивную толщу, вскрытую в скв. Чачанская-2 (инт. 1753-2520 м).

По положению в разрезе (стратиграфически выше силурийских отложений) условно к девону часто относят и верхний фрагмент осадочного комплекса в скв. Северо-Лымбельская-1 в интервале 2189-2820 м, который представлен переслаиванием кирпично-красных и вишневых часто известковистых аргиллитов с серыми и серо-зелеными известковистыми доломитами, и серыми глинистыми известняками. Аналогичные породы в инт. 2229-2341 м вскрыты в дублирующей скв. Северо-Лымбельская-2. Веских оснований для такой датировки нет, возможно, вся эта толща наряду с лымбельской имеет силурийский возраст.

Карбон. Каменноугольные отложения с достоверно доказанным (надежными палеонтологическими определениями) возрастом встречены лишь значительно южнее – в Чулымской опорной скважине, где в инт. 2556-3001 м вскрыта терригенно-карбонатная толща, представленная чередованием песчаников, алевролитов, аргиллитов, гравелитов, конгломератов с прослоями серых известняков и редких туффитов.

По данным абсолютного возраста (К-Аг) к карбону с большой долей условности можно относить измененную эффузивную толщу (базальты, диабазы, диабазовые порфириты, спилит), вскрытую в скв. Карбинская-1 (2070-2509 м) (332 млн. лет, неопубликованные материалы СНИИГГиМС).

Пермь-триас. Палеонтологически охарактеризованные осадочные отложения пермского и триасового возраста в пределах бассейна на сегодняшний момент встречены только на востоке ХМАО. В скв. Лекоская-27 (Рисунок 3.20) в интервале 2485-3018 м (по ГИС до 3160 м), вскрыты терригенно-вулканогенные толщи, базальты и пачки темных углистых аргиллитов. В последних С.А. Чунихиным определены конхостраки нижнего триаса [Елисеев и др., 2009], а Н.К. Могучевой с коллегами [Могучева и др., 2011] в интервале 2845-3030 м найдены отпечатки раннетриасовой флоры корвучанского типа и в интервале 2710-2716 м - цикадофитов и хвощей среднетриасового (раннеладинского) возраста. На основании этих находок толща в интервале 2485-3111 м отнесена к *красноселькупской серии* триаса. По мнению автора, материалы ГИС позволяют установить несколько больший интервал по сравнению с опубликованными, а именно – 2485-3160 м, ниже которого происходит наиболее резкое изменение характера кривых, особенно ГК.

Ниже, в интервале 3160-3460 м выделяется ритмичная толща чередующихся мощных пластов карбонатных конгломератов и брекчий (интервалы 3173-3197 м, 3202-3207 м, 3298-3348 м), известковистых темно-серых аргиллитов (интервалы 3160-3173 м, 3197-3202 м, 3207-3298 м, 3348-3390 м) и в основании – более тонкого их переслаивания (интервал 3390-3460 м). Раннепермский (артинский) возраст толщи в интервале 3200-3445 м обоснован В.Е. Сивчиковым [Могучева и др., 2011] по результатам изучения ископаемых растений, в основном, листьям кордаитов. Толща рассматривается в качестве аналога средней части верхнебалахонской серии Кузбасса (ишановская и кемеровская свиты).

К.С. Ивановым с коллегами [Иванов и др., 2010, 2012; Иванов, Ерохин 2011] по цирконам установлен раннепермский (K-Ar – 268-272 млн. лет, U-Pb – 277 млн. лет, Rb-Sr - 275,7 млн. лет, Sm-Nd – 276 млн. лет) возраст вулканоплутонического комплекса (риолиты, щелочные гранитоиды), вскрытого в интервале 1786-2226 м в скважине №100 на Тыньярской площади (восток ХМАО, южнее скв. Левоская-27). Аналогичные породы вскрыты в скв. Тыньярская-101 (2052-2630 м) (U-Pb – 277 млн. лет по данным тех же авторов).

И, наконец, в 2014 г. параметрической скважиной Восточно-Пайдугинской-1 (непосредственно у юго-западных границ Предъенисейского бассейна, в 50 км к западу от Мартовской площади) в интервале 3398-4007 м была вскрыта мощная вулканогенная (базальты и долериты) толща с прослоями аргиллитов [Смирнов и др., 2014; Научное..., 2014ф]. Палинологический анализ образцов аргиллитов указывает на ранне-среднетриасовый возраст толщи, которую авторы коррелируют с туринской серией.

Примечательно, что столь мощный разрез внутриплитных (по петрохимическому составу) базальтоидов вскрыт скважиной, пробуренной вне пределов поля развития триасовых «грабен-рифтов», прогнозируемых на известных схемах [Сурков, Жеро, 1981]. Материалы бурения на Лекосской и Тыньярских площадях, присутствие следов магматической активности в перми и триасе в скважине Восток-3, а теперь и в скважине Восточно-Пайдугинская-1, свидетельствуют в пользу того, что проявления пермского и триасового базальтового магматизма на территории ЗСП не столь тесно связаны с выделяемыми «грабен-рифтами», а достаточно мозаичны. Либо необходимо признать, что последние продолжаются гораздо дальше на юго-восток, нежели предполагалось ранее.

Что касается фрагментов разрезов, вскрытых в 70-80-е года прошлого столетия на ряде площадей Предъенисейского бассейна и датируемых триасом, то выделяемые в них палинологические комплексы (в частности, в скв. Ажарминская-450, где они присутствовали одновременно с юрскими и палеозойскими), в настоящее время отнесены к нижнеюрским, а триасовые (в некоторых случаях и палеозойские) компоненты признаны переотложенными (Решение палинологического коллоквиума, май 2000 г., г. Тюмень).

Полученные результаты можно обобщенно представить в стратиграфических схемах, представленных на рисунках 3.21-22.

Надо иметь в виду, что включенные в схему ордовикского интервала (Рисунок 3.21) на основании абсолютных датировок вулканические фрагменты представляют собой «секущие» интрузивные и субинтрузивные тела в более древних осадках и не характеризуют сами вмещающие осадочные дочные комплексы.

Система	Отдел	Томская обл.				ХМАО				Красноярский край				
		скв. Корбыльская-1	скв. Няргинская-1	скв. Ярская-1	скв. Чачанская-1	скв. Лекоская-27				скв. Северо-Лымбельская-1	скв. Кыксинская-3		скв. Кыксинская-4	
Ордовикская	Верхний	2829 Аналог дунаевской толщи 86 м Метаморфиз. диабазы и порфириды. Абс. возр. - 446 млн. лет	2667 Дунаевская толща 117 м Диабазы, порфириды, туфы. Абс. возр. - 438 млн. лет	2528 Аналог дунаевской толщи 584 м Базальты, порфириды, туфы, туфопесч.	2455 Аналог дунаевской толщи 290 м Порфириды, туфы, туфопесч. Абс. возр. - 457 млн. лет	3460 Аналог неручандской свиты 560 м Карбонатные и глинисто-карбонат. породы. Трилобиты, брахиоподы.				2970 Аргиллиты, карбонатные доломитизированные породы. 71 м				
		2915	2783	3112	2745	4020				3041				
	Средний													
	Нижний		2783 Няргинская толща 164 м Глинистые известняки. Трилобиты, водоросли. 2947								1129 Известняки серые, доломиты белые, светло-серые 585 м	1233 Карбонатные породы. 273 м	1714	1506

Рисунок 3.21 - Стратиграфическая схема ордовикских отложений.

Система Отдел	Томская обл.						ХМАО									
	скв. Карбинская-1		скв. Чананская-1		скв. Чананская-2		скв. Лекроскан-27		скв. Тынъярская-100		скв. Тынъярская-101		скв. Северо-Лымбельская-1		скв. Северо-Лымбельская-2	
Пермская Предурагский																
Каменноугольный Нахичей																
Девонская Нижний/Средний/Верхний																
Силурийская Нижний/Верхний																

3160
Ишановская-
немецовская
сдита
300 м
Архиппиды,
конглоидаты
Остракоды,
брахиоподы,
фораминиф
3450

2070
Долериты,
базальт, порф.-
диабазы,
438 м
Абс. возр. -
332 млн. л.
2509

1753
Андрез.-базальт,
порфириты, туфы,
левоборечный
787 м
Абс. возр. -
395 млн. лет
2520

2187
Архиппиды,
доломиты,
известняки,
833 м
Фораминиф.,
трилобиты,
гастроподы,
мшанки, губки,
2820

2229
Архиппиды,
алевролиты,
известняки,
234-112 м

2269
Архиппиды,
карб.-глинист.
сланцы
186 м
2455

Лымбельская
толща
150 м
Архиппиды
тонко-мшанковые
фораминиферы
водоросли,
мшанки,
2970

Рисунок 3.22 - Стратиграфическая схема силурийско-пермских отложений.

Так, в скв. Корбыльская-1 вскрытые магматические фрагменты датируются поздним ордовиком, а вмещающие толщи по сейсмическим материалам и результатам бурения скв. Восток-1, должны быть позднедокембрийскими.

Кроме того, необходимо с осторожностью относиться и к самим изотопным датировкам комплексов, поскольку при подобных анализах, как показано на примере вулканитов из лисицинской толщи, получается ряд отчетливых возрастных плато, связанных с более молодыми процессами прогрессивного метаморфизма, и не исключен вариант принятия их за истинный возраст. Особенно это касается

определений, проведенных в более ранние (в основном 70-е) годы, относительно которых отсутствуют сведения об использованной методике. Подобная проблема существует и для вулканогенных тел, условно включенных в схему для девона и карбона (Рисунок 3.22).

Неоднозначно выделение девонских отложений в скважинах на Северо-Лымбельской площади. Сейсмические материалы не дают ответа на вопрос о возможности появления в разрезе девонских комплексов. Из этих материалов лишь следует, что кембрийские комплексы испытывают резкое погружение к северу (в сторону административной границы ХМАО и Томской области), и появление ордовикских и силурийских осадков там вполне возможно. Но наличие в разрезе отложений именно девонского стратиграфического интервала спорно.

Глава 4.

СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРОЕНИЯ ПРЕДЪЕНИСЕЙСКОГО ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА

4.1 Отражающие горизонты и их стратиграфическая привязка

В отличие от большей части территории ЗСП, где на сейсмических разрезах ниже мезозойских осадочных комплексов наблюдается преимущественно хаотичная волновая картина, вызванная значительной дислоцированностью доюрских толщ и насыщенностью разреза магматическими телами, в юго-восточной части ЗСП имеет место совершенно иная ситуация. Это связано с наличием в этом районе под мезозойским чехлом умеренно дислоцированных мощных осадочных комплексов платформенного типа. Соответственно, наличие в домезозойской части разреза геологических границ, на которых формируются энергетически выраженные отраженные волны, позволяет вполне корректно решать основную задачу сейсмостратиграфического анализа по выделению и датировке сейсмокомплексов.

Ранее (фондовые отчеты геофизических организаций «Енисейгеофизика» и «Томский геофизический трест» 80-90-х годов прошлого столетия, а также первые публикации специалистов ИНГГ СО РАН и их красноярских коллег [Дашкевич и др., 1992; Каштанов, Филиппов, 1994 и др.]) из-за дефицита скважин, вскрывающих эти комплексы, и качества сейсмических материалов специалисты сталкивались с определенными трудностями при их стратификации.

С успешной реализацией программы параметрического бурения и появлением новых материалов региональных сейсморазведочных работ ситуация существенно изменилась. Для датировки и литологической характеристики выделенных сейсмокомплексов стало возможным максимально использовать новые данные, полученные в скважинах, Восток-1, 3, 4, Лемок-1, Аверинская-150 и Вездеходная-4, вскрывших наиболее полные домезозойские разрезы (Глава 3), а также применить аналогии с разрезами верхнедокембрийско-палеозойских отложений западных районов СП.

Исторически сложилось так, что красноярские («Енисейгеофизика») и томские («Томский геофизический трест») геофизики, больше всего работавшие в Предъенисейском районе, по-разному индексировали выделенные отражающие горизонты. Выполненная автором комплексная интерпретация всего объема сейсмических материалов позволила сопоставить эти индексации и на основе увязки материалов глубокого бурения и сейсморазведки уточнить их стратификацию.

Как показали результаты, на территории к западу от р. Енисей разрез верхнепротерозойско-палеозойских отложений не остается строго постоянным, а в обеих номенклатурах имеются несовпадающие сейсмические горизонты. Для унификации отражающих горизонтов на всей территории платформенных осадочных комплексов А.Э. Конторовичем, В.А. Конторовичем и автором была выработана объединяющая номенклатура и единая индексация. (Таблица 4.1).

Таблица 4.1 - Стратиграфическая приуроченность доюрских отражающих горизонтов

Основные отражающие горизонты			Стратиграфическая приуроченность отражающих горизонтов
Индексация «Енисей-геофизика»	Индексация «ТГТ»	Индексация ИНГГ	
Ф	Ф ₂	F _m	Подошва юрских отложений
		P	Подошва пермско-триасовых отложений
D	Ф ₃	D	<i>Подошва девонских отложений (выделялась ранее, не подтвердилась - вторичные отражения)</i>
	Ф ₅	K ₁	Кровля кембрия (кровля эвенкийской свиты)
		K ₂	Внутри верхнего кембрия (подошва пыжинской толщи)
H		K ₃	Внутри среднего кембрия (кровля кольчумской и пуджелгинской свит)
K		K ₄	У кровли нижнего кембрия (кровля аверинской (чурбигинской) свиты)
K ₁		K ₅	Внутри нижнего кембрия (кровля тыйской свиты, внутри чурбигинской)
У		K ₆	Внутри нижнего кембрия (кровля усольской (оксымской) свиты)
Б	Ф ₆	KV	Подошва кембрия (кровля тэтэрской (райгинской) свиты)
M ₂	Ф ₆ ¹	V ₁	Подошва верхнего венда (подошва пойгинской свиты?)
R ₀	Ф ₇	F	Подошва верхнепротерозойско-палеозойских платформенных отложений

В процессе проведенных литостратиграфических исследований в скважинах была составлена база данных по абсолютным глубинам залегания геологических реперов. Диагностика и стратиграфическая привязка отражающих горизонтов, характеризующих верхнепротерозойско-кембрийские геологические поверхности, осуществлялось по результатам анализа данных ВСП, выполненного в параметрических скважинах Восток-1, Восток-3 и Восток-4 (Рисунки 4.1-4.3). Кроме того, для уточнения привязки мезозойских горизонтов использовались материалы ВСП по другим скважинам, пробуренным на территории бассейна. Все годографы ВСП были пересчитаны в соответствии с линией приведения временных сейсмических разрезов. Для уточнения глубинного положения отражающих горизонтов, находящихся ниже забоя скважин, данные ВСП экстраполировались вглубь по разрезу. По скважинам Восток-1, Восток-3 и Восток-4 был проведен анализ материалов ГИС и ВСП, построены литолого-акустические модели, разрезы интервальных и пластовых скоростей (по данным АК).

4.2 Геологическая интерпретация сейсмических разрезов

4.2.1 Сейсмофациальные комплексы

По сформированному каркасу композитных сейсмических профилей, пересекающих территорию Предъенисейского бассейна, был выполнен традиционный сейсмофациальный анализ волновых полей, проведено их сопоставление в западной и восточной частях бассейна, уточнена стратиграфическая приуроченность сейсмокомплексов и отражающих границ. Наиболее информативные и представительные сейсмогеологические разрезы приведены на рисунках 4.4-4.8.

Сопоставление волновых полей на разрезах, полученных в западных районах Красноярского края, с материалами по сопредельным территориям Томской области и ХМАО показало, что все отражающие горизонты картируются не только в отдельности на каждой из этих территорий, но и в пределах всей Предъенисейской зоны. Западнее Райгинско-Ажарминской гряды внутри доюрского комплекса четких отражающих границ уже не наблюдается, ниже юрских толщ на разрезах волновая картина носит хаотичный характер, в связи с чем выделение и

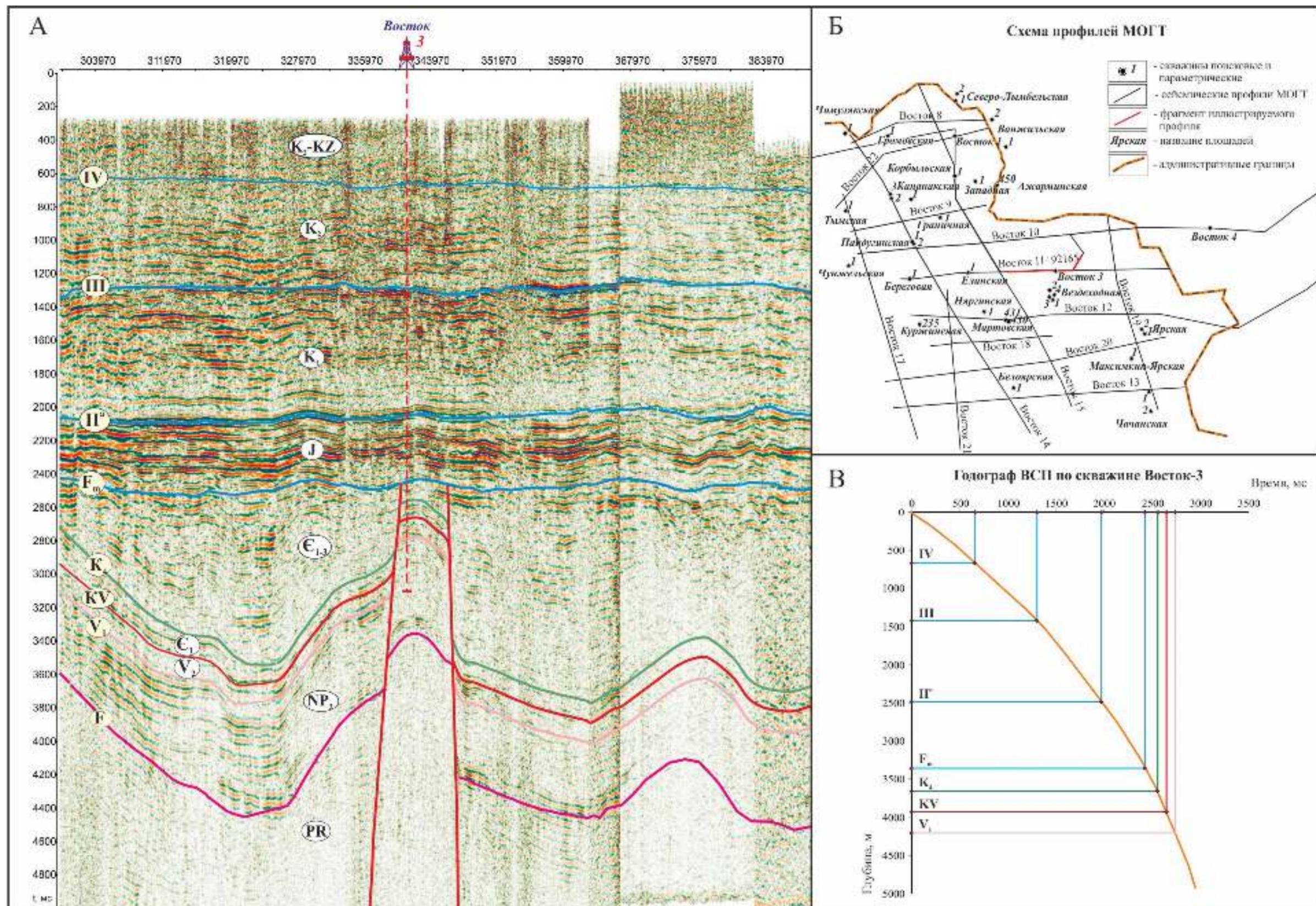


Рисунок 4.2 - Увязка отражающих горизонтов с данными бурения скважины Восток-3. (А - фрагмент временного сейсмического разреза по композитному профилю Восток; Б - схема сейсмических профилей ОГТ-2D; В - годограф ВСП по скважине Восток-3).

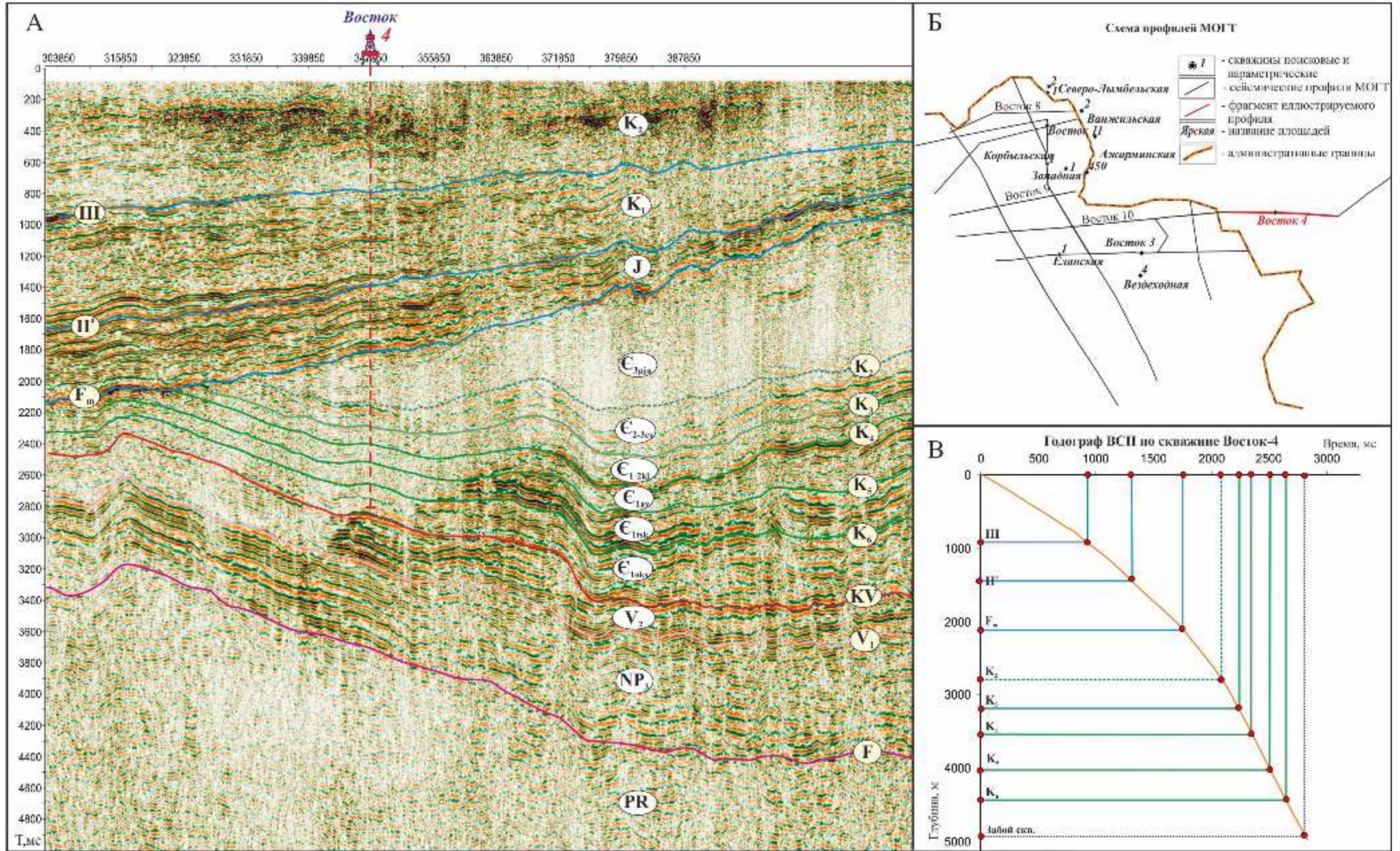


Рисунок 4.3 - Увязка отражающих горизонтов с данными бурения скважины Восток-4. (А - фрагмент временного сейсмического разреза по композитному профилю Восток; Б - схема сейсмических профилей ОГТ-2D; В - голограф ВСП по скважине Восток-4).

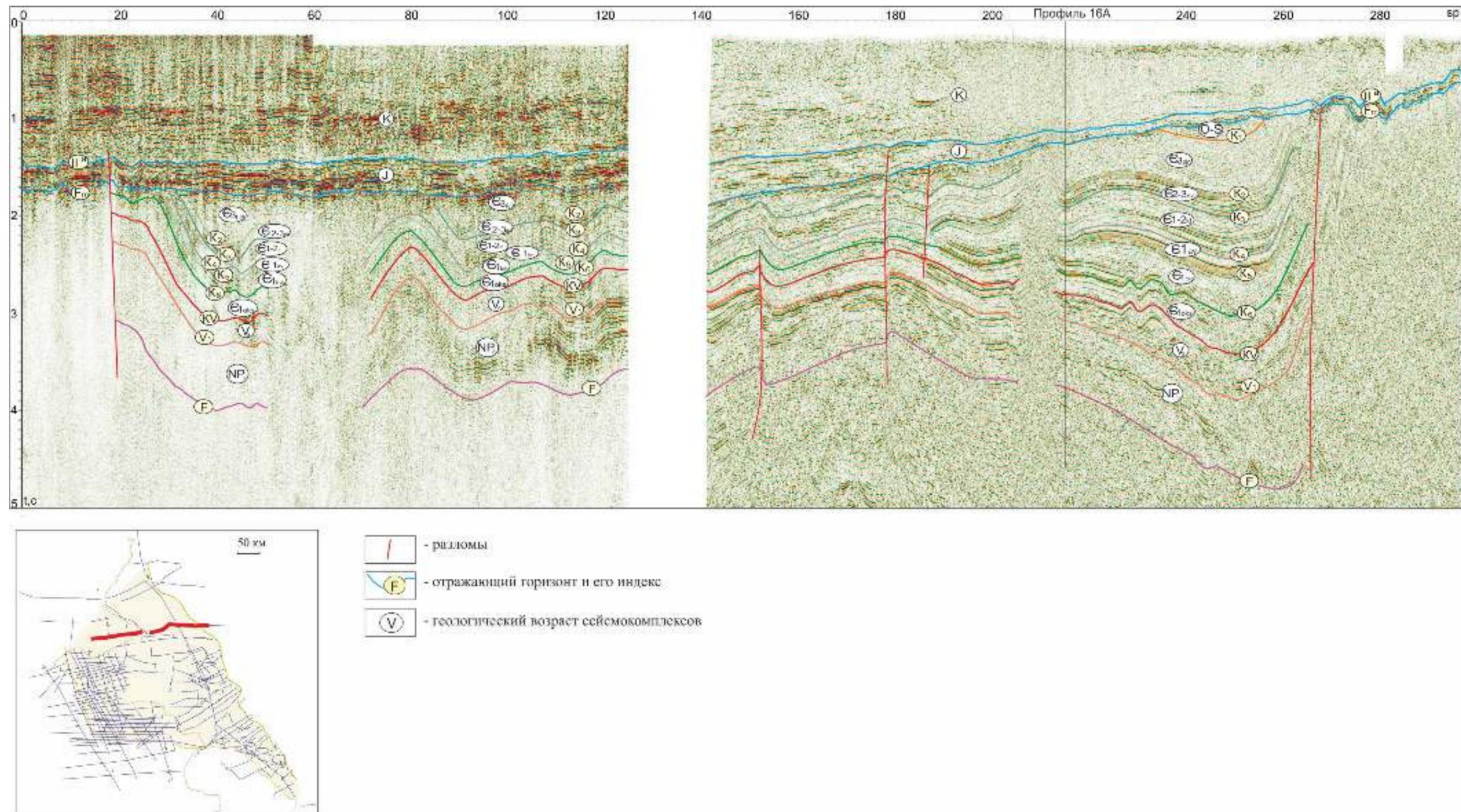


Рисунок 4.4- Сейсмогеологический разрез по композитному профилю 0016010, 0116010, 1-2-91-89 «Борский».

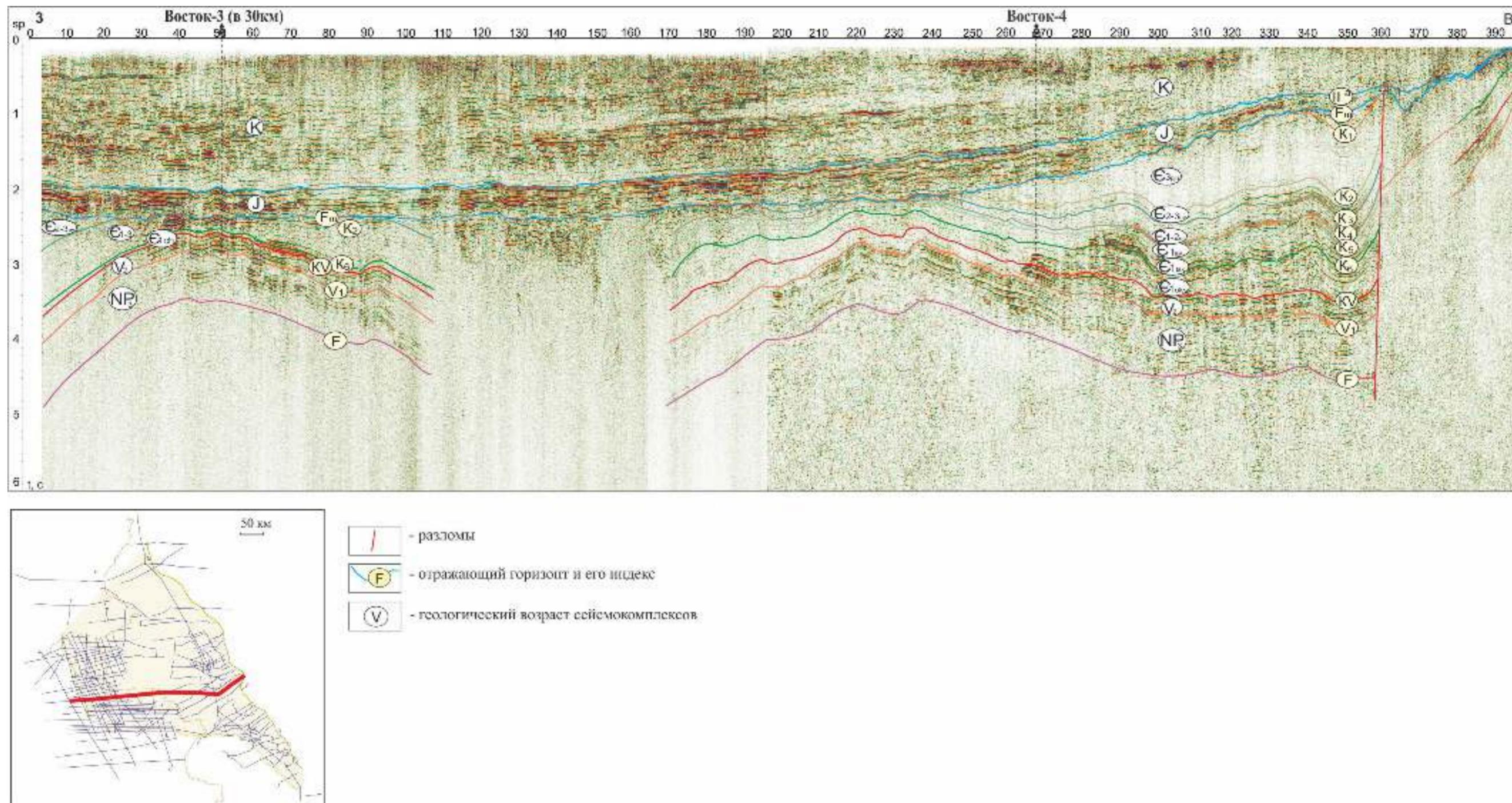


Рисунок 4.5 - Сейсмогеологический разрез по профилю «Восток-10».

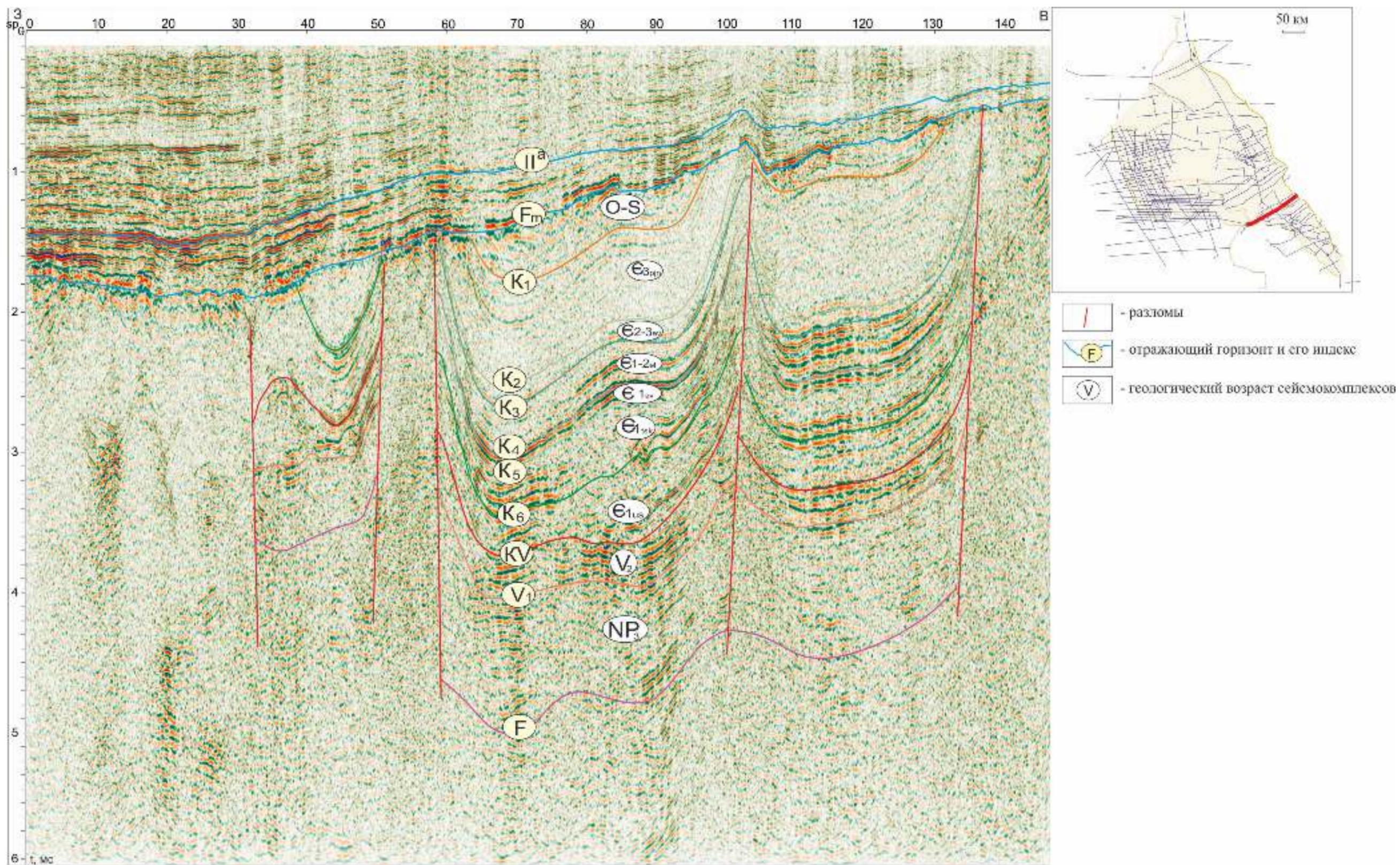


Рисунок 4.6 - Сейсмогеологический разрез по профилю «Восток-12».

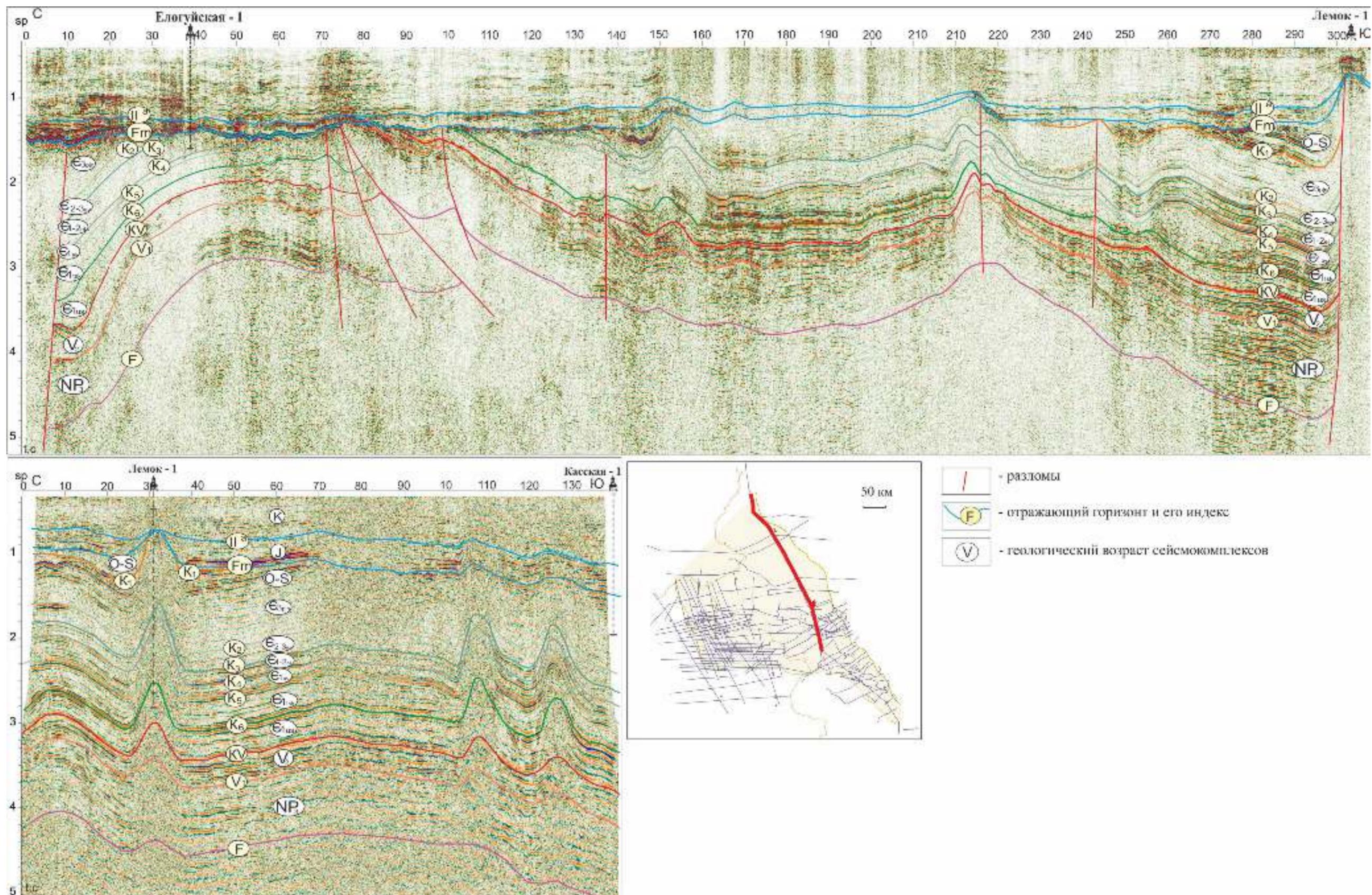


Рисунок 4.7 - Сейсмогеологический разрез по композитному профилю «Восток-16» и «Батолит» (рассечка).

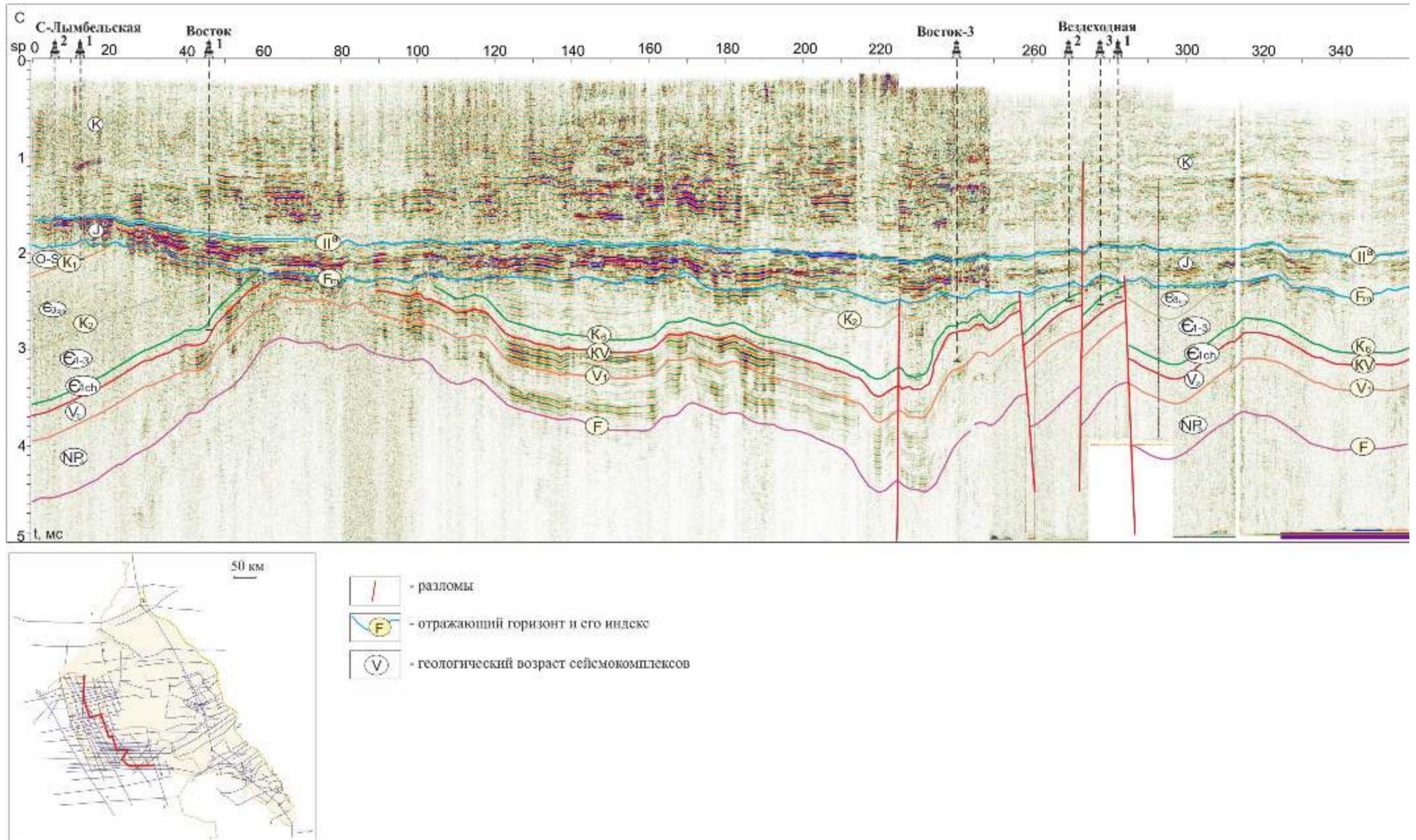


Рисунок 4.8 - Сейсмогеологический разрез по композитному профилю «Восток-меридиональный».

корреляция сейсмокомплексов практически невозможна.

Стратификация основных динамически выраженных отражающих горизонтов, в свою очередь, позволила выделить в домезозойской части разреза Предъенисейской зоны 7 основных регионально развитых сейсмокомплексов, которые образуют три структурных этажа.

Нижний этаж (фундамент). Представлен одним сейсмофациальным комплексом, в который объединяются зоны отсутствия выдержанных отражений, характеризующиеся хаотичной записью и ограниченные сверху первой регионально следящейся отражающей границей (F). Судя по волновой картине, на сейсмических разрезах в Предъенисейском осадочном бассейне на глубинах 8-10 км ему соответствует складчатый комплекс основания. По более ранним материалам КМПВ, глубины залегания комплекса основания достигают 7-10 км, что не противоречит данным ОГТ. По данным Л.А. Самойлюк [Интерпретация..., 1993ф] глубины залегания магнитовозмущающих масс, обусловивших аномалии ΔT_a , составляют 6-12 км, общий фон магнитного поля ΔT_a скомпенсирован массами на уровне глубин 11-15 км.

По данным переинтерпретации фрагмента профиля ГСЗ «Батолит» методом двумерной сейсмической томографии [Сурков и др., 1996] поверхность кристаллического фундамента, сложенного, по мнению авторов, гранитогнейсами, гранулитами кислого и основного состава (западная часть), а также гранулитами и габброидами (восточная часть) архейско - раннепротерозойского возраста, погружается с глубины 6,0 км на западе до 9,5 км на востоке в сторону наиболее погруженной Касской зоны.

Большие глубины залегания и отсутствие выходов этих отложений на дневную поверхность не позволяют достоверно прогнозировать их состав и особенности внутренней структуры. В левобережье Енисея только в районе сел Галанино и Казачинское (к югу от границ бассейна), на глубине от 20 до 250 метров колонковыми скважинами вскрыты образования карельского мегакомплекса, представленные различными по составу гнейсами, амфиболитами и другими метаморфизованными породами, сходными с таковыми на юге Енисейского кряжа

(Ангаро-Канский и Центральный антиклинории). Это, к примеру, метаморфизованные в условиях амфиболитовой фации породы немтихинской плагиогнейсовой, малогаревской кварцито-амфиболитовой, высокоглиноземистых плагиогнейсов хребта Карпинского и пенченгинской амфиболит-мраморо-гнейсовой формаций. По-видимому, вещественный состав отложений погруженного комплекса основания Предъенисейского бассейна близок к таковому.

В пользу древнего возраста фундамента косвенно свидетельствуют и результаты изучения специалистами ИГГ УрО РАН [Иванов и др., 2012] вулканоплутонического комплекса, вскрытого скважинами на Тыньярской площади (восток ХМАО). Они показали ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, микрозонд SHRIMP-II), что часть цирконов из гранитоидов раннепермского возраста имеет гораздо более древний возраст - 2049 ± 23 млн. лет, что свидетельствует о взаимодействии раннепермской гранитной магмы с древним веществом палеопротерозойского сиалического фундамента. По мнению авторов, он может представлять собой «край Сибирской платформы, утоненный при позднепротерозойско-раннепалеозойском рифтогенезе и растяжении» [Иванов и др., 2012].

Что касается картирования структуры поверхности фундамента, то очевидно, что при наличии качественных сейсмических материалов ОГТ они являются базисной информацией. В частности, характер поверхностей вышележащих осадочных толщ, структуры которых существенно лучше прослеживаются на волновой картине сейсмопрофилей, указывает на блоковое строение фундамента, а данные комплексной интерпретации геофизических материалов свидетельствуют о значительной роли интрузивных образований и дизъюнктивных нарушений в формировании современной структуры этих блоков (подробнее в Главе 5, посвященной структурно-тектоническому районированию).

Поскольку на территории бассейна, наряду с относительно густой сетью качественных региональных профилей, есть обширные участки с отсутствием сейсмических материалов, либо их качество неудовлетворительно, то достоверность выделенных структур не всегда одинакова. В этих случаях для уточнения их геометрии эффективно привлечение гравимагнитных данных.

Как уже отмечалось в разделе, посвященном методике работ, для выделения региональной и локальной составляющей результирующего гравитационного поля выполнялись соответствующие трансформации (разложение полей с использованием частотных спектров и выделение остаточных аномалий). Для картирования региональных разломов, контролирующих крупные структурные элементы (блоки) фундамента, наряду с анализом волновой картины на сейсмических разрезах, использовался анализ градиентных характеристик потенциальных полей. Так, по низкочастотным трансформантам ΔT и Δg были рассчитаны модули полного горизонтального градиента и построены сглаженные схемы линейментов, которые служили исходным материалом для выделения и картирования разломов. Для территории Предъенисейского бассейна данные операции (с использованием программных пакетов «КОСКАД-3D», «TRANS», GEOSOFT, СИГМА-3D и др.) в последние годы выполнялись в рамках ряда проектов регионального изучения и оценки нефтегазоносности доюрских комплексов в левобережной части Енисея. В 2007 году на территории Красноярского края, охватывающей значительную часть бассейна, соответствующие построения и анализ потенциальных полей проводился группой геофизиков ОАО «Гравиметрическая экспедиция № 3 под руководством А.П. Четвергова [Формирование..., 2007ф]. Работы проводились ООО ГП «Сибирьгеофизика» в рамках проекта «Комплексная аэромагнитная, аэрогеохимическая и аэрогаммаспектрометрическая съемка масштаба 1:100000 в южной части Предъенисейской нефтегазоносной субпровинции». Автор принимал участие в проекте, где на базе выполненных геофизических построений им была впервые предпринята попытка тектонического (преимущественно структурного) районирования доверхнеопротерозойского фундамента.

В 2011-2013 гг. были проведены исследовательские работы доюрских комплексов геофизиками ООО ГП «Сибирьгеофизика» (в другом персональном составе под руководством В.С. Емельяновой) в рамках федерального заказа МПР России по обобщению геолого-геофизических материалов и прогноза нефтегазоносности юго-востока ЗСП [Разработать..., 2013ф]. Автор являлся ответственным

исполнителем подрядных работ, касающихся изучения доюрской части разреза. Помимо использования полученных в этих проектах данных геофизических материалов, в рамках диссертационной работы автором выполнялись собственные построения с применением трансформант потенциальных полей на базе оригинальных программных пакетов «GridBilder» и «GridMaster» (разработка В.В. Лапковского и В.А. Конторовича, ИНГГ СО РАН) и GS Surfer.

Анализ спектрального состава полей, проведенный В.С. Емельяновой, позволил выполнить оценку глубин аномалиеобразующих объектов и выделить 2 класса таких объектов, разделенных по глубинности: 1) более 10 км (низкочастотная составляющая спектра) и 2) 3-4 км (высокочастотная составляющая). Эти данные согласуются с характером волновой картины на сейсмических разрезах, где хаотичный характер отражений, связанный с магматическими объектами, наблюдается в основном в доверхнепротерозойской части разреза (большие глубины) и реже, локально, появляется на предъюрской поверхности. Данные позволили разделить региональную (низкочастотную) и локальную (высокочастотную, остаточные аномалии) составляющие компоненты, которые были использованы автором для тектонического районирования и картирования магматических очагов фундамента и палеозойского чехла. Понятно, что из-за сложного совокупного влияния отдельных объектов полного разделения компонент достичь невозможно, что наряду с возможным наличием аномалиеобразующих объектов на промежуточных глубинах может сделать результаты картирования некорректными. Чтобы избежать возможных ошибок при интерпретации в каждом отдельном случае процесс по возможности «вручную» контролировался анализом сейсмической и геологической (скважинной) информации.

Несмотря на то, что фундамент в настоящее время не является объектом поисков УВ, практическая значимость в изучении его геологического строения для решения нефтегазопроисловых задач важна. Именно тектонические элементы фундамента определяли формирование и развитие осадочного чехла. При этом особая роль, помимо других факторов в нефтегазоносности исследуемого района, отводится разломным зонам доверхнепротерозойского времени заложения.

Главным объектом для изучения тектонических и структурно-вещественных особенностей строения и оценки перспектив нефтегазоносности бассейна является верхненеопротерозойско-нижнепалеозойский субплатформенный комплекс, повсеместно перекрывающий древний фундамент и составляющий средний структурный этаж.

Этот структурный этаж, контролируемый отражающими горизонтами Р в кровле и F в подошве, в плане характеризует зону развития верхненеопротерозойско - нижнепалеозойских слабодислоцированных отложений. На всех временных сейсмических разрезах выше горизонта F фиксируется серия энергетически выраженных отражающих горизонтов, подчеркивающих слоистую модель среды.

Анализ сейсморазведочных материалов территории свидетельствует о том, что в его пределах суммарная сохранившаяся мощность верхненеопротерозойско-нижнепалеозойских отложений изменяется от 1-2 км м в восточных, непосредственно прилегающих к Енисейскому кряжу районах и в пределах выступов протерозойского основания на западе территории, до 10-11 км в осевых частях палеодепрессий (Кас-Сымская и Елогуй-Туруханская мегавпадины).

Средний этаж. В составе среднего структурного этажа выделено 5 согласно залегающих сейсмогеологических комплексов, площади распространения которых уменьшаются от более древних к более молодым из-за денудационных процессов. Нижнекембрийский комплекс в зонах его соленасыщенности расчленяется на более мелкие подкомплексы.

Верхненеопротерозойский (до верхнего венда) комплекс, контролируемый на временных разрезах горизонтами V₁ в кровле и F в подошве, на большей части Предъенисейской зоны представлен в полном объеме. На временных разрезах получили развитие отражающие горизонты, контролирующие как кровлю, так и подошву комплекса. Исключение составляют осевые части значительно приподнятых блоков, главным образом, в западных приграничных районах бассейна (Райгинско-Ажарминская гряда), где верхние фрагменты (нижневендские) отложений могут частично или полностью отсутствовать. В пределах Предъенисейского бассейна мощность комплекса изменяется от 1000 до 3000 м.

Детальная интерпретация этого сейсмокомплекса невозможна ввиду значительных глубин и, как следствие, отсутствия данных бурения. Датирование верхних частей комплекса ранневендским возрастом проводится по косвенным признакам: согласно залеганию ниже поздневендских отложений, вскрытых двумя скважинами, и аналогии строения этой части разреза на смежных территориях СП и Енисейского кряжа. В юго-западных районах платформы отложения этого стратиграфического уровня представлены нижними фрагментами тасеевской серии (непский горизонт, алешинская, ванаварская свиты), на Енисейском кряже – также нижними горизонтами тасеевской и чапской серий преимущественно терригенного состава.

Возраст нижних фрагментов комплекса предполагается не древнее эдиакария (около 630 млн. лет). Более ранний - среднепротерозойский (криогений) возраст нижних фрагментов сейсмокомплекса спорен. С одной стороны, мощность комплекса, достигающая 3 км в наиболее погруженных частях бассейна, и отсутствие на большей части смежных территорий СП и Енисейского кряжа нижневендских комплексов такой мощности (за исключением локальных прогибов на севере и юге кряжа) свидетельствуют в пользу того, что какая-то часть сейсмокомплекса может быть представлена довендскими отложениями. В этом случае можно ожидать, что верхнерифейские толщи, представленные чередованием карбонатных и терригенных пород и известные как отложения «байкалия» (вороговская, чингасанская, ослянская серии), в пределах Енисейского кряжа и в его прилегающих районах общей мощностью до 5-6 км (на Енисейском кряже), будут давать на сейсмических профилях именно такую волновую картину - энергетически выдержанные и хорошо прослеживаемые ОГ, чередующиеся с зонами отсутствия отражений.

С другой стороны – краевое положение бассейна в области перикратонного опускания, где мощности осадков, как правило, существенно увеличены, а также наличие зон на территории Енисейского кряжа с аномальными мощностями вендских толщ, свидетельствуют о потенциальной возможности таких толщин у собственно вендских (эдиакарских) комплексов - без участия верхнерифейских.

С учетом геодинамических реконструкций (Глава 5), на данном этапе исследований автор считает более правильным датировать нижний докембрийский сейсмокомплекс поздним неопротерозоем (эдиакарием). Соответственно, в такой интерпретации подстилающий их сейсмофациальный комплекс с хаотичной записью логично отнести к донеопротерозойским складчатым комплексам основания, значительно дислоцированным и метаморфизованным. Существенные различия в степени дислоцированности этих сейсмокомплексов указывают на структурное и стратиграфическое несогласие на их границе.

Верхнеопротерозойский (верхневендский) комплекс, контролируемый на временных разрезах горизонтами KV в кровле и V₁ в подошве распространен в Предъенисейском бассейне так же широко, как и подстилающий его комплекс, частично денудирован он только в пределах локальных выступов Райгинско-Ажарминской гряды на западе бассейна. Мощность верхневендских отложений в палеодепрессиях превышает 1 км, несколько сокращаясь на поднятиях. Судя по неоднородности волновой картины, вещественный состав комплекса меняется по латерали: в восточных, прилегающих к кряжу районах он должен быть более контрастен (терригенно-карбонатный состав, возможно соленасыщенный в центральной части), а восточнее меридиана скв. Восток-4, волновая картина комплекса становится менее энергетически и контрастно выраженной, что более соответствует карбонатным разностям.

Контролирующий кровлю комплекса отражающий горизонт KV традиционно является опорным, наиболее энергетически выдержан и используется сибирскими геофизиками (в иной индексации - Ф₆ или Б) для структурных построений. По всей видимости, он лежит в основании соленасыщенной усольской свиты (или чуть ниже в случае засоления верхов тэтэрской свиты и ее аналогов) и с небольшой погрешностью может быть принят за нижнюю границу кембрийской толщи. В прилегающих с востока и юга к Енисейскому кряжу Присаяно-Енисейской синеклизе и Байкитской антеклизе рядом скважин ниже усольской свиты вскрывается существенно доломитовая толща, относящаяся к даниловскому и тирскому горизонтам (в некоторых районах они выделяются в мотскую се-

рию) (тэтэрская, собинская, катангская, оскобинская свиты в Байкитской зоне и их стратиграфические аналоги). Суммарная мощность свит в Нижнеангарской зоне может превышать 2 км, в Байкитской зоне чуть более 400 м. На Енисейском кряже отложения этого возраста представлены нижними фрагментами лебяжинской (обычно несколько сот метров, локально свыше 1 км) и островной свит. Видимо, именно эти отложения мощностью 343 м были вскрыты скважиной Аверинская-150 под нижнекембрийскими соленосными толщами (ниже отметки 4429 м). К этому комплексу относятся и существенно карбонатные отложения райгинской, котоджинской и пойгинской свит в скв. Восток-3 общей (видимой) мощностью свыше 1130 м.

Еще ниже разрез верхнего венда на СП становится более насыщенным терригенным материалом, в основном песчано-алевролитового состава, и объединен здесь в оскобинскую и ванаварскую свиты (Байкитская зона) непского и тирского горизонтов венда мощностью 200 м и мошакловскую и чистяковскую свиты тасеевской серии мощностью до 1800 м в Нижнеангарской зоне. На Енисейском кряже этим комплексам соответствуют терригенные отложения тасеевской (редколесная, мошакловская и чистяковская свиты) и чапской (суворовская, немчанская свита) серий. В пределах бассейна эти части разреза пока не вскрыты.

Нижне-верхнекембрийский существенно карбонатный комплекс, контролируемый на временных разрезах горизонтами KV в подошве и K_2 в кровле, вскрыт скважинами Лемок-1, Аверинская-150, Восток-1, 3, 4 и Тыйская-1. Область распространения комплекса, получившего наиболее широкое развитие в восточных районах Предъенисейской субпровинции, на западе существенно сужается. Здесь отложения нижнего кембрия полностью присутствуют только в относительно небольших по размерам палеодепрессиях. На положительных структурах (Райгинско-Ажарминская гряда, Пурчесско-Кетский мегавал) они полностью, либо частично размыты. Мощность комплекса также существенно разнится, в среднем, составляя 2 км. В пределах центральных частей крупных депрессий она достигает 3-х км.

Важно отметить, что внутри интервала временного разреза, ограниченного

отражающими горизонтами K_2 в кровле и KV в подошве (нижневерхнекембрийский карбонатный кембрийский сейсмокомплекс), с востока на запад происходит принципиальная смена рисунка сейсмической записи и объема комплекса. В восточных районах внутри комплекса выделяется ряд ярко выраженных отражающих горизонтов (K_6 , K_5 , K_4 , K_3), приуроченных соответственно к кровле наиболее соленосной части кембрийского разреза – усольской свите, кровле тыйской и аверинской карбонатно-ангидритовой толщи (стратиграфические аналоги бельской, булайской и ангарской свит Байкитской зоны СП) и кровле кольчумской карбонатной свиты (аналог зелеевской и литвинцевской свит на платформе).

В западном направлении мощность усольской свиты, ограниченной на временных разрезах горизонтами K_6 и KV , сначала уменьшается, а затем горизонты сливаются и формируют единый сейсмический репер. Параллельно в этом же направлении уменьшается толщина всего нижнекембрийского комплекса и меняется характер сейсмической записи верхней части разреза, отвечающего тыйской и аверинской свитам. Если на востоке бассейна на временных разрезах фиксируется «слоистый» характер волнового поля, что связано с переслаиванием солей и карбонатов, то к западу весь комплекс пород характеризуется более хаотическим рисунком сейсмической записи, типичным для монофациальных карбонатных отложений.

Именно характер волнового поля (наряду с градиентным анализом гравитационного поля) послужил основой для прослеживания западной границы распространения усольской соленосной толщи (а значит и всего нижнекембрийского Сибирского солеродного бассейна, частью которого являлся Предъенисейский «залив»). Толщины усольского комплекса в среднем составляют около 1 км, уменьшаясь на склонах поднятий и увеличиваясь в пониженных участках и в сводах антиклинальных структур, связанных с соляным тектогенезом (Касский вал) до 2 и более км. В отличие от Иштыкской антиклинали, имеющей в плане размеры около 10x30 км и амплитуду поднятия около 2-3 км, поднятия в южной части зоны (Касском районе) носят характер узких и линейно вытянутых валоб-

разных структур северо-западного - юго-восточного простирания. При ширине около 8 км они протягиваются на 100 и более км при той же амплитуде 2-3 км.

Надо также отметить, что эффект увеличения мощности слоя в сводах поднятий характерен только для соленасыщенного усольского горизонта - ниже горизонта KV и выше K₆ толщи сохраняют свои мощности, хотя поднятия по ниже- и вышележащим горизонтам также фиксируются. Сходные изменения конфигурации сейсмических границ у поднятий отмечаются вплоть до глубин залегания нижних частей верхнедокембрийских толщ, указывая на воздымание (местами сопровождаемые дизъюнктивными нарушениями) пород под воздействием импульсов снизу. В связи с этим, можно сделать вывод, что обусловленность образования большинства поднятий только соляным диапиризмом не исчерпывается. Наличие на сейсмических разрезах участков со спокойным, субгоризонтальным залеганием верхнепротерозойско-нижнепалеозойских толщ (протяженностью 20-40 км) и ограничивающей их коробчатой складчатости с сопутствующими разломами и валообразными антиклиналями (типа Касского или Касско-Назимовского валов) подтверждает блоковую структуру фундамента в этом районе и существование ослабленных зон между ними. Сложное взаимодействие «стартовых» тектонических движений по этим блокам в сочетании с последующими пластическими деформациями соляных тел, такими как, например, перетекание соли в ослабленные зоны, вероятно, и привело к образованию подобных структур [Филиппов и др., 2009; Конторович и др., 2014].

Известно, что по окраинам солеродных бассейнов, т.е. в зонах замещения карбонатно-соленосных толщ бессолевыми разностями, как правило, получают развитие рифогенные образования, протягивающиеся узкими полосами вдоль внешней кромки шельфа на границе открытого глубоководного бассейна с нормальной соленостью и мелководной шельфовой зоной с затрудненным водообменом. Такая закономерность установлена для многих солеродных бассейнов мира и в общем виде отражена в обобщающих работах по описанию и систематизации бассейнов [Жарков, Кавицкий, 1974 и др.], а также по изучению закономерностей строения и условий образования карбонатных фаций в истории земли

[Уилсон, 1980 и др.].

На территории СП палеогеография нижнекембрийской соленосной формации и закономерности ее фациальной изменчивости изучались давно, наиболее интенсивно - с 60-х годов (работы В.В. Хоментовского и Л.Н. Репиной [1965], М.А. Жаркова [1966], И.Т. Журавлевой [1966], Я.К. Писарчик и др. [1967, 1968] и др.). О наличии в северных районах СП протяженной системы барьерных рифов, отделяющих солеродный бассейн от открытого моря (ее положение менялось в процессе изучения) говорили А.Э. Конторович и В.Е. Савицкий [1970], при этом авторы протягивали эту систему дальше на запад, уже в пределах ЗСП.

В связи с этим уместно предположить подобное развитие органогенных построек в одновозрастных с соленосными отложениями толщах, примыкающих к зоне их выклинивания или фациального замещения с запада платформы. В пользу этого свидетельствуют и имеющиеся геолого-геофизические материалы. Так, характерный бугристый рисунок волновой записи на сейсмическом профиле Восток-10 в районе скв. Восток-4 указывает на развитие в этой части разреза органогенной постройки. Результаты бурения подтвердили эти предположения – скважиной вскрыт разрез фрагментов краевых частей рифового тела.

Анализ других сейсмических материалов в центральной части бассейна показывает, что к западу от зоны развития нижнекембрийских соленосных отложений на многих профилях также фиксируется волновая картина, характерная для рифовых построек. Подробнее этот вопрос рассмотрен в соответствующем разделе, касающемся палеогеографических реконструкций (Глава 6).

Выше по разрезу, между отражающим горизонтом K_2 и группой отражений выше K_1 выделяется *верхнекембрийский существенно терригенный комплекс*. В теле комплекса практически отсутствуют выдержанные субгоризонтальные отражающие горизонты, характерные для подстилающих комплексов. Волновая картина представляет собой хаотичную фрагментарную запись отражений, лишь в редких случаях появляются энергетически слабовыраженные малоамплитудные отражающие площадки. В полном объеме комплекс распространен только в восточной части Предъенисейского бассейна, заполняя его пониженные участки

(Кас-Сымская и Елогуй-Туруханская мегавпадины). К западу (уже на территории Томской области и ХМАО) незатронутые денудацией небольшие его фрагменты сохранились только в пониженных участках. При средней мощности около 2 км, которая хорошо выдерживается на всем протяжении профилей, включая антиклинальные структуры, на большей части территории комплекс залегает непосредственно под юрскими отложениями. Глубины залегания кровли составляют от 1 км (на востоке) до 3-3,5 км (на западе). В пределах Иштыкской антиклинали кровля комплекса «срезана» в сводовой части мезозойскими толщами на две трети мощности. В районе скв. Лемок-1, Восток-4 и Восток-1 комплекс представлен пестроцветными терригенными и глинисто-карбонатными разностями пыжинской толщи (вскрытая неполная мощность от 1350 м, 760 м до 450 м соответственно).

Не повсеместно в кровле комплекса прослеживается прерывистый, то слабый, то средний по интенсивности проявления, горизонт K_1 . Он знаменует появление в верхней части доюрского разреза серии параллельных, прерывистых отражений, согласных нижележащим, Их можно отнести к следующему, *ордовикско-силурийскому(?) комплексу*. По типу кровельного прилегания фаз они контактируют с горизонтом F_m , указывая на положение в разрезе отчетливой поверхности несогласия между мезозойско-кайнозойским и палеозойским структурными этажами.

В целом, комплекс развит только в локальных пониженных участках, прилегающих к крыльям поднятий. В более широких масштабах его распространение прогнозируется в северных районах, где осадочные комплексы бассейна испытывают общее региональное погружение. Частично (ордовикские карбонатные толщи) он вскрыт скважинами на Лекосской и Елогуйской площадях. Резких несогласий в структурных планах этого и нижележащих комплексов не отмечается, что свидетельствует о сингенетичности пликтивных дислокаций всего верхнедокембрийско-нижнепалеозойского структурного этажа.

Верхний этаж. Верхний этаж представлен только в северных частях бассейна одним *пермско-триасовым сейсмокомплексом*, контролируемым горизон-

тами Fm в кровле и Р в подошве. В этих районах (преимущественно на востоке ХМАО) ниже отражающего горизонта Fm, приуроченного к подошве юрских отложений, часто фиксируется отражающий горизонт Р, который формируется на геологической границе, залегающей субпараллельно кровле домезозойских пород и несогласно с нижележащими отложениями.

Поскольку на этих территориях скважины в верхней части палеозойского разреза вскрывают отложения перми и триаса (в частности, на Лекосской и Тыньярской площадях), несогласно перекрывающие более древние горизонты кембрия и ордовика, следует предположить, что отражающий горизонт Р формируется на поверхности, связанной с перерывами в осадконакоплении, которые имели место на разных рубежах от ордовика до перми. Мощность комплекса в пределах бассейна может достигать более 1000 м.

Подошва перекрывающего мезозойско-кайнозойского чехла залегает на глубинах от 0 на восточных, примыкающих непосредственно к Енисейскому кряжу районах, до 3 (локально до 3,5) км в северо-восточных районах Томской области, постепенно погружаясь с востока на запад, испытывая небольшие отклонения (поднятия) в районе антиклиналей.

4.2.2 Выделение и картирование интрузивных тел.

Как уже отмечалось, слоистый характер волнового поля верхненеопротерозойско-палеозойского осадочного комплекса, выраженный на сейсмических разрезах субпараллельными энергетически выдержанными отражающими границами, в ряде случаев нарушен зонами с хаотичным рисунком, связанными с областями дезинтеграции, дислокаций и внедрением интрузий. В этих случаях при комплексировании с данными бурения и анализом гравимагнитных полей становится возможным картирование магматических очагов на предбуровой поверхности в палеозойской части разреза. По данным бурения, в основном, они представлены интрузивными и эффузивными телами основного-ультраосновного состава или гранитами и граносиенитами. Крупные интрузии основного-ультраосновного и сложного состава, исходя из их размеров в Алтае-Саянской

складчатой области, а также Енисейском кряже, создают положительные гравитационные и магнитные аномалии, соответственно, от 6 до 20 мГал и от 200 до 1000 нТл. Не менее интенсивные, но отрицательные гравитационные аномалии, создают интрузии гранитоидов и гранитогнейсов. Результаты проведенного автором комплексного анализа геофизических материалов представлены на схеме распространения доюрских интрузивных комплексов Предъенисейского бассейна и прилегающих территориях Алтае-Саянской складчатой области (Рисунок 4.9).

На территории южной части Предъенисейского бассейна магматические комплексы, представленные как вулканогенными, так и интрузивными образованиями, вскрываются в разрезах скважин на Вездеходной, Няргинской, Корбыльской, Западной, Еланской площадях и скважине Восток-3 (северо-восток Томской области), а также на Тыньярской и Лекосской площадях (восток ХМАО). Кроме того, аналогичные комплексы вскрыты на прилегающих с юга территориях Алтае-Саянской складчатой области (Ярская, Чачанская, Карбинская площади). Подавляющее большинство из них (кроме пермо-триасовых) тяготеют к юго-западным окраинным зонам осадочного бассейна.

Анализ материалов, полученных при изучении вещественного состава магматических комплексов в разрезах скважин, результаты их датирования, а также установление стратиграфических уровней и состава примесной пирокластике в карбонатных и терригенно-карбонатных (в целом амагматичных) разрезах Предъенисейского бассейна, позволили сделать следующие выводы [Филиппов, 2016а; Сараев, Филиппов, 2015, 2016; Филиппов, Сараев, 2015]:

1. На территории Предъенисейского бассейна выделяется раннекембрийский этап развития базальтоидного вулканизма. Он проявлен в разрезах скважин Вездеходная-4 (лисицинская толща) и, вероятно, в скважине Ярская-1. При этом надежные абсолютные $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датировки получены только по базальтоидам и гранодиоритам скв. Вездеходная-4 (соответственно 520 ± 10 и $542 \pm 2,7$ млн. лет) [Конторович и др., 1999; Сараев, Пономарчук, 2005]. Судя по ассоциации дистальных вулканогенно-терригенных турбидитов, силицитов и спилитов без признаков эксплозивных процессов, а также слабой пузыристости базальтовой лавы

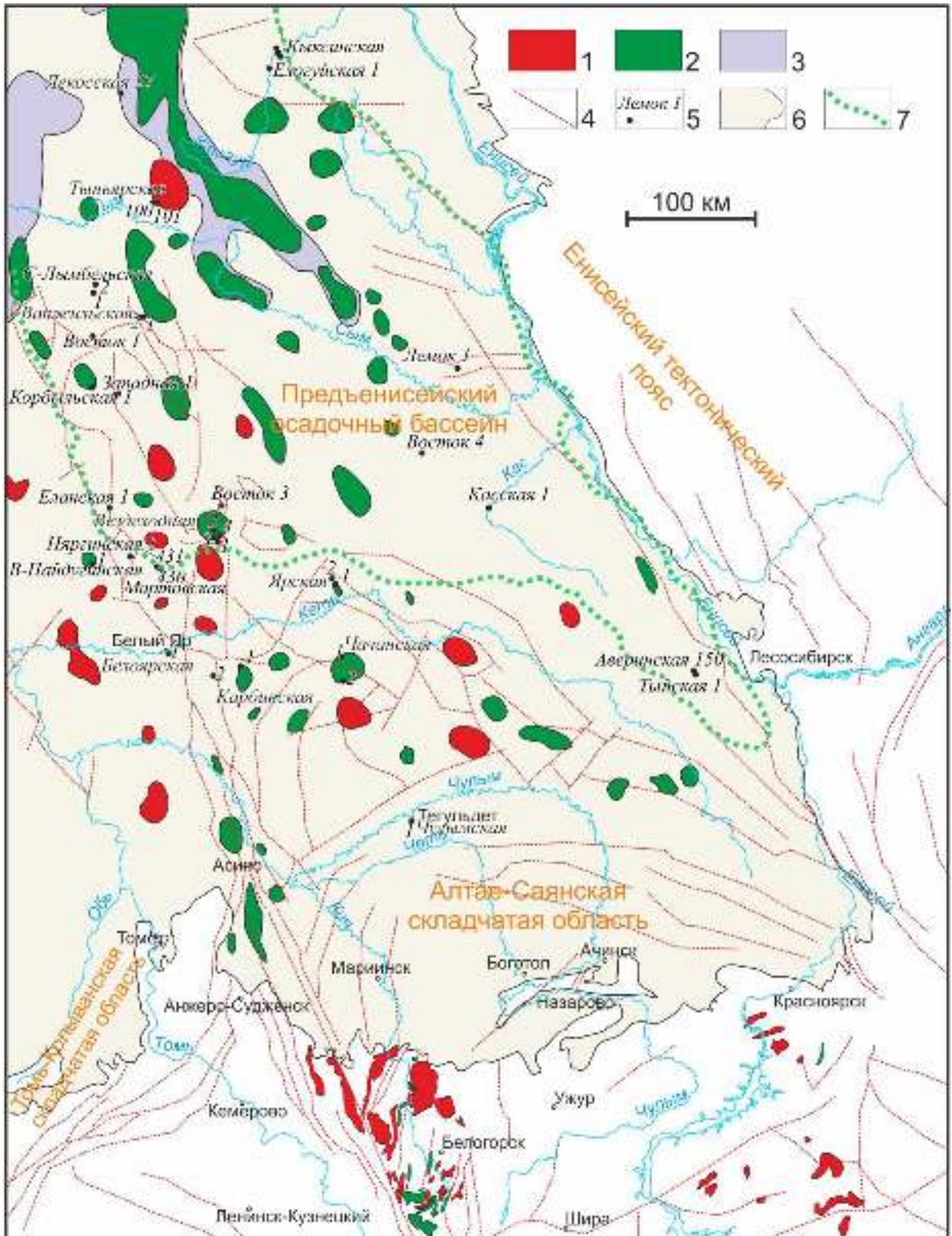


Рисунок 4.9 - Схема распространения доюрских магматических комплексов на юго-востоке Западной Сибири по результатам интерпретации геофизических материалов и данных бурения.

Условные обозначения: 1 - интрузии кислого состава; 2 - интрузии основного состава; 3 - эффузивы основного состава; 4 - разломы; 5 - скважины, 6 - территория ЗСП; 7 - граница Предъенисейского осадочного бассейна.

(разрезы скважин Вездеходная-4 и Ярская-1) подводные излияния этого этапа проходили в сравнительно глубоководной обстановке. Район скважины Вездеходная 4 в это время принадлежал к активной окраине Сибирского континента и располагался в пределах задугового окраинного бассейна. Микроэлементный состав базальтов и долеритов, слагающих последовательность покровов и потоков, соответствует в разных частях разреза составу базальтов как срединноокеанических хребтов, так и островных дуг. Гранодиориты с ксенолитами базальтов, как и залегающие на них гравелитопесчаники, представляют, по-видимому, фрагмент разреза наиболее раннего периода существования дуги до ее «расщепления» и образования зоны растяжения. Задуговый окраинный бассейн на востоке в тыльной, неактивной своей части переходил в эпиконтинентальный эвапоритовый бассейн с корой континентального типа, который был отделен от активной части системой барьерных рифов.

2. Более поздний этап кембрийского вулканизма характеризуется пёстрым составом вулканизма. Он проявился появлением вулканитов в составе вездеходной карбонатной толщи (скв. Вездеходная-3 и 4). Наряду с базальтами, среди вулканитов появляются андезиты и ещё более кислые и щелочные разновидности (дациты, альбитофиры, кератофиры, трахитоиды, кислые туфы). Этот тип вулканизма сопутствовал терригенно-карбонатной седиментации, господствующей на большей части бассейна. Проявление вулканических процессов было более дискретно, чем в ранний, существенно базальтоидный этап. Сравнительно редкие излияния базальтов проходили в более мелководной обстановке на фоне карбонатной седиментации с появлением пузыристых лав на мелководье (разрез скважины Вездеходная-3).

3. На территории Предъенисейского бассейна в абсолютном большинстве пройденных по раннепалеозойским отложениям скважин (Восток-1 и 4, Западная-1, Ванжильская-1 и 2, Северо-Лымбельская-1 и 2, Лемок-1, Тыйская-1, Аверинская-150) вулканогенный материал устанавливается только в виде примеси дистальной пирокластики. Благодаря детальной изученности разрезов скважин Восток-1, 3, 4, надёжной датировке и корреляции выделенных литолого-

стратиграфических толщ (Глава 3) удалось уточнить и возраст следов вулканической активности. Так, первый резкий всплеск вулканических событий зафиксирован только во второй половине раннего кембрия и в амгинском веке. При этом, подстилающие отложения венда полностью лишены примеси пирокластики. В аверинской свите (ботом) появляются мелкие прослой с примесью кислой ультракалиевой пирокластики. По данным петрохимического анализа содержание K_2O в них приближается к 14%. Тонкие прослой пирокластики кислого состава, отвечающие единичным пеплопадам, зафиксированы С.В. Сараевым [Сараев, Филиппов, 2015, 2016] в шлифах и среди вышезалегающих доманиковых отложений (пайдугинская свита, тойонский-раннеамгинский ярус), обладающих замедленным темпом седиментации.

Выше, в пуджелгинской свите амгинского яруса, в составе примесной пирокластики и вулканокластики также преобладают обломки кислых эффузивов, их туфов и кварца, но уже появляются и обломки базальтоидов. Во время формирования поделгинской свиты (майский век) характер вулканизма меняется. В нижней подсвите среди пирокластики и вулканокластики резко преобладают обломки риолитов, кислых туфов, трахитоидов, кварца и полевых шпатов различного состава, в то время как в верхней подсвите этот материал сменяется обломками базальтов и плагиоклазами. В вышезалегающей кондесской свите (позднемайский и раннеаюссоканский века) состав вулканокластики становится смешанным (кислые вулканыты и базальтоиды). И, наконец, в шеделгинской свите (позднеаюссоканский-сакский века) вновь начинают резко преобладать обломки базальтов и плагиоклазов.

4. Менее уверенно выделяется ордовикский магматический этап. Близкие по составу лисицинской толще вулканыты вскрыты на расположенных вблизи южных и западных границ бассейна площадях (Корбыльская, Няргинская, Чачанская). К-Аг методами они датируются поздним ордовиком [Сурков, Жеро, 1981]. При этом надо иметь ввиду, что кембрийские вулканыты в скважине Вездеходная-4 подвергались процессам более поздних вторичных преобразований [Конторович и др., 1999; Сараев, Пономарчук, 2005], и в данных скважинах не исключен

вариант датировки следов этих процессов, а не собственно фаз магматической активности. Об этом также свидетельствуют результаты датировки вулканитов скв. Вездеходная-4, независимо проведенной в 2013 г. специалистами ИГМ СО РАН В.А. Симоновым и С.И. Ступаковым (данные не опубликованы). Аналогичная ситуация наблюдается и для вулканитов на Чкаловской площади, расположенной западнее бассейна (доклад этих же авторов на научной конференции в г. Тюмени, 2012 г.).

Вероятнее всего, эти комплексы являются фрагментами единой вулканической зоны раннего палеозоя (кембрий-ордовик), протягивающейся с юга (районы Золотокитатского вулканического района Кузнецко-Алатаусской зоны) на север, примерно до 60°с.ш.

5. Проявление пермско-триасового траппового магматизма на территории Предъенисейского бассейна нашло отражение в разрезах скважины Восток-3 и Восточно-Пайдугинская-1 на юге и скважин на Тыньярской и Лекосской площадях на севере, территориально соответствующей южной части Худосейского «грабен-рифта», выделяемого В.С. Сурковым и его коллегами [Сурков, Жеро, 1981 и др.]. Для трапповой формации Предъенисейского бассейна характерны все те же специфические черты, что установлены для сибирских траппов в целом.

Масштабное проявление трапповой формации в северных районах зафиксировано в разрезе скважины Лекосская-27, где субщелочные базальты, судя по возрасту вмещающих аргиллитов [Могучева и др., 2011], относятся к красноселькупской серии нижнего и среднего триаса.

На расположенной чуть южнее Тыньярской площади вулканиты скважины Тыньярская-100 относятся к дацитам и трахидацитам, а комагматичные им граниты к щелочным типам. Вулканиты и субинтрузивные образования из разреза этой скважины датируются прецизионными методами ранней пермью [Иванов и др., 2012]. По-видимому, они так же, как и их аналоги в западных разрезах ЗСП, связаны с трапповой формацией.

Долериты из силла мощностью 14 м в разрезе скважины Восток-3 по составу относятся к щелочным базальтам и трахибазальтам, а по данным $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ - да-

тирования имеют среднепермский возраст ($267,8 \pm 2,9$ млн. лет) [Сараев, Филиппов, 2015, 2016].

Скважиной Восточно-Пайдугинская-1 у юго-западных границ бассейна вскрыт мощный (более 600 м) вулканогенно-осадочный комплекс. Его вулканогенная часть представлена базальтами, андезитобазальтами и долеритами, а также прослоями вулканогенно-обломочных пород (туфы, брекчиевые лавы). Терригенная часть представлена прослоями углистых аргиллитов, возраст которых по результатам палинологического анализа был определен как нижний-средний триас (оленок-анизий) [Смирнов и др., 2014; Научное..., 2014ф;]. В целом, вскрытый комплекс сопоставляется авторами с известной туринской серией.

Как уже отмечалось, следы магматической активности в перми и триасе в скважине Восток-3 и материалы бурения скв. Восточно-Пайдугинская-1 свидетельствуют в пользу того, что проявления пермско-триасового базальтового магматизма на территории ЗСП достаточно мозаичны и, вероятно, не так тесно связаны с выделяемыми «грабен-рифтами» [Сурков, Жеро, 1981 и др.]. Либо последние продолжают дальше на юго-восток, нежели предполагалось ранее.

4.2.3 Картирование разломов

Задача трассирования и ранжирования разрывных нарушений решалась комплексно, на основе: а) линеаментного анализа полных нормированных градиентов гравитационного и магнитного полей, их разночастотных трансформант; б) анализа структурных поверхностей; в) анализа волновой картины на сейсмических профилях.

Что касается анализа потенциальных полей, то для картирования разломов, контролирующих границы крупных тектонических элементов и блоков фундамента, наряду с сейсмическими данными, изучались градиентные характеристики этих полей. По низкочастотным трансформантам $(\Delta T)_{нч}$ и $\Delta g_{нч}$ в программном пакете GridBilder были рассчитаны модули горизонтальных градиентов, выполнен их линеаментный анализ и построены схемы линеаментов, ставших исходным материалом для картирования разломной тектоники. При преобразовании гори-

зонтальных градиентов в схемы линеаментов сеточные модели горизонтальных градиентов дифференцировались с целью выделения локальных компонент, в которых наиболее отчетливо проявляются узкие градиентные зоны. Затем было выполнено сглаживание, объединение близких и удаление точечных линеаментов. Линейные элементы были также прослежены на картах высокочастотных полей в виде узких аномальных зон магнитного поля. Полученные схемы линеаментов показаны на рисунках (Рисунки 4.10 и 4.11).

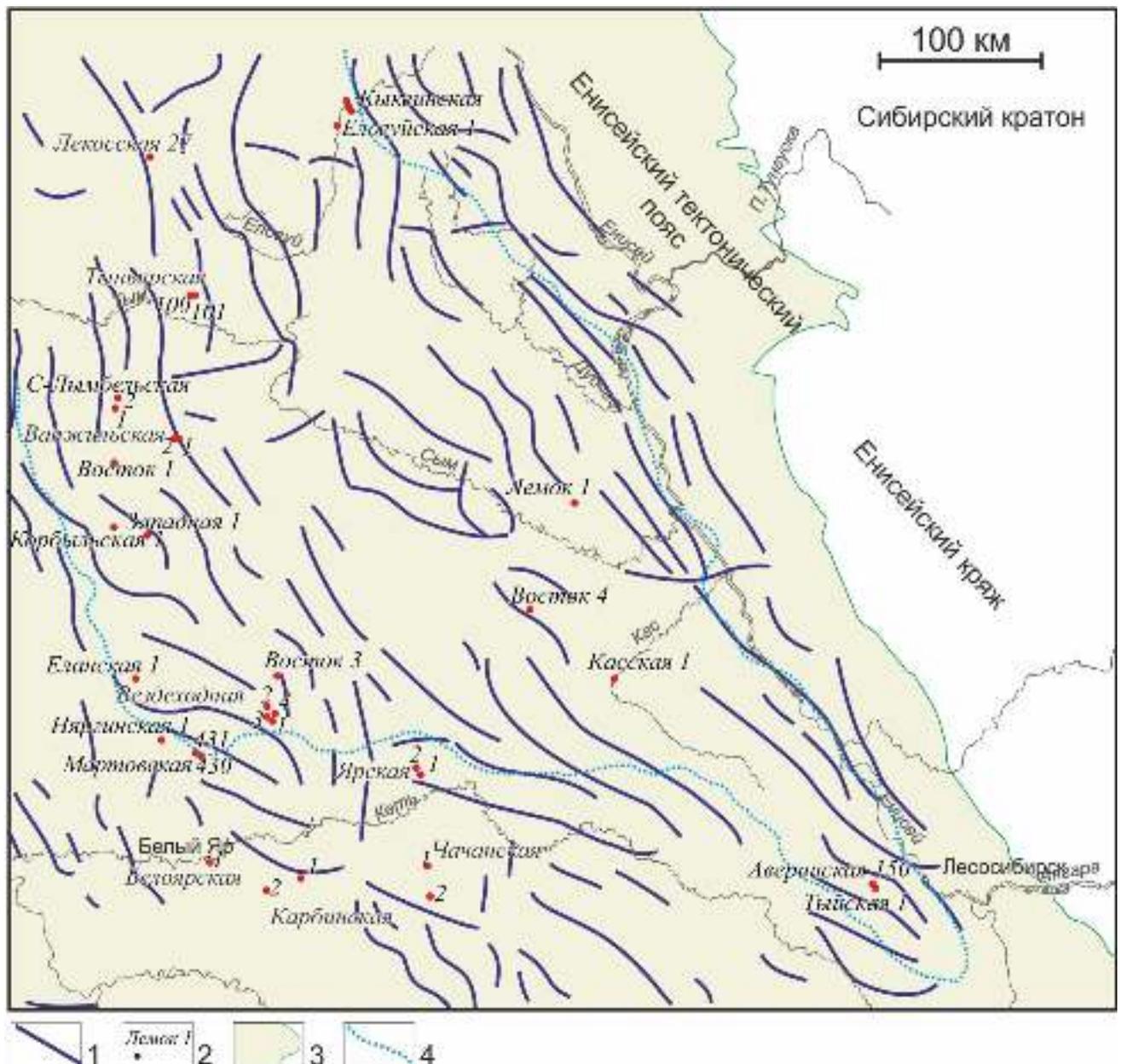


Рисунок 4.10 - Схема линеаментов гравитационного поля.

Условные обозначения: 1 – основные линеаменты; 2 – скважины; 3 – зона распространения мезозойско-кайнозойского чехла ЗСП; 4 – границы Предъенисейского бассейна.

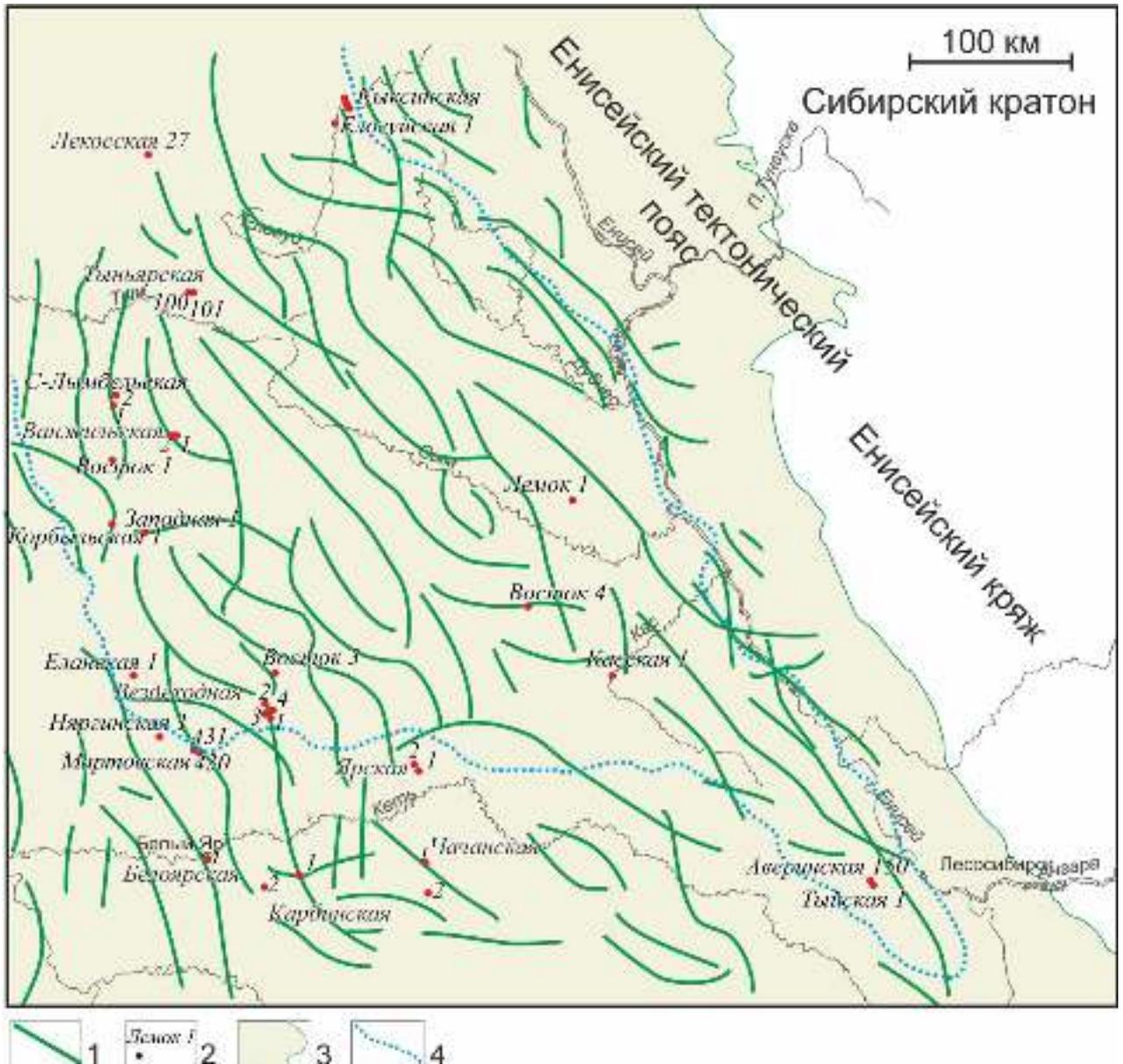


Рисунок 4.11 - Схема линеаментов магнитного поля.

Условные обозначения: 1 – основные линеаменты; 2 – скважины; 3 – зона распространения мезозойско-кайнозойского чехла ЗСП; 4 – границы Предъенисейского бассейна.

Сопоставление линеаментов магнитного и гравитационного полей указывает на значительное сходство во взаимном расположении структурных элементов в разных частях бассейна, что свидетельствует о том, что поля ΔT и Δg обусловлены преимущественно одними и теми же геологическими источниками.

При выделении разломов традиционно учитывались другие косвенные факторы - наличие линейных аномальных зон, резкая смена их простирания, цепочки локальных магнитных аномалий, совпадающие с линейно-вытянутыми зонами

повышенных градиентов гравитационного поля, ундуляции и смещения аномалий в плане и др. Понятно, что достоверность и значимость выделяемых разломов повышается в случаях их проявления одновременно в магнитном и гравитационном полях.

Из приведенных схем видно, что среди разломов преобладающим является северо-западное, редко переходящее в субмеридиональное или наоборот - близкое к субширотному. Преобладающее большинство таких нарушений подтверждается данными сейсморазведки.

Что касается сейсмических данных и анализа структурных поверхностей, то настоящее время в ИНГГ СО РАН разработана и активно используется методика выделения и трассирования разрывных нарушений, основанная на комплексном анализе временных сейсмических разрезов, структурных карт, карт изопахит, карт градиентов, кривизны структурных поверхностей и толщин сейсмогеологических комплексов. Для выделения разломов, контролирующих блоки (выступы) фундамента, используются также карты распределения динамических, в первую очередь, амплитудно-энергетических параметров сейсмической записи, которые дали положительные результаты при интерпретации материалов разномасштабных геолого-геофизических исследований в различных регионах Сибири.

В основу выделения разрывных нарушений на временных разрезах входят и классические сейсмостратиграфические критерии: нарушение осей синфазности отражающих горизонтов, наличие дифрагированных волн, падение энергетического уровня сейсмической записи т.д. На картах градиентов и других производных структурных поверхностей разломам соответствуют относительно протяженные узкие линейные зоны увеличенных значений параметра. В рамках разработанной методики для дифференциации разрывных нарушений по глубине проникновения и времени формирования помимо сейсмических разрезов, на которых фиксировались «уровни затухания» разломов, использовались карты изопахит сейсмогеологических комплексов и их горизонтальных градиентов. Поскольку дизъюнктивная тектоника тесно связана с интенсивностью тектонических движений, то линейные зоны увеличенных значений градиентов изопахит качественно

характеризуют участки возможного развития разрывных нарушений, а время, на протяжении которого происходило формирование этих комплексов, позволяет ограничить «сверху» и «снизу» их возраст и глубину проникновения.

Градиентный анализ структурных поверхностей проводился также в программном пакете GridBilder с дальнейшей корректировкой с учетом анализа волновой картины на сейсмических профилях. Схема основных (наиболее выраженных) разломов показана на рисунке 4.12.

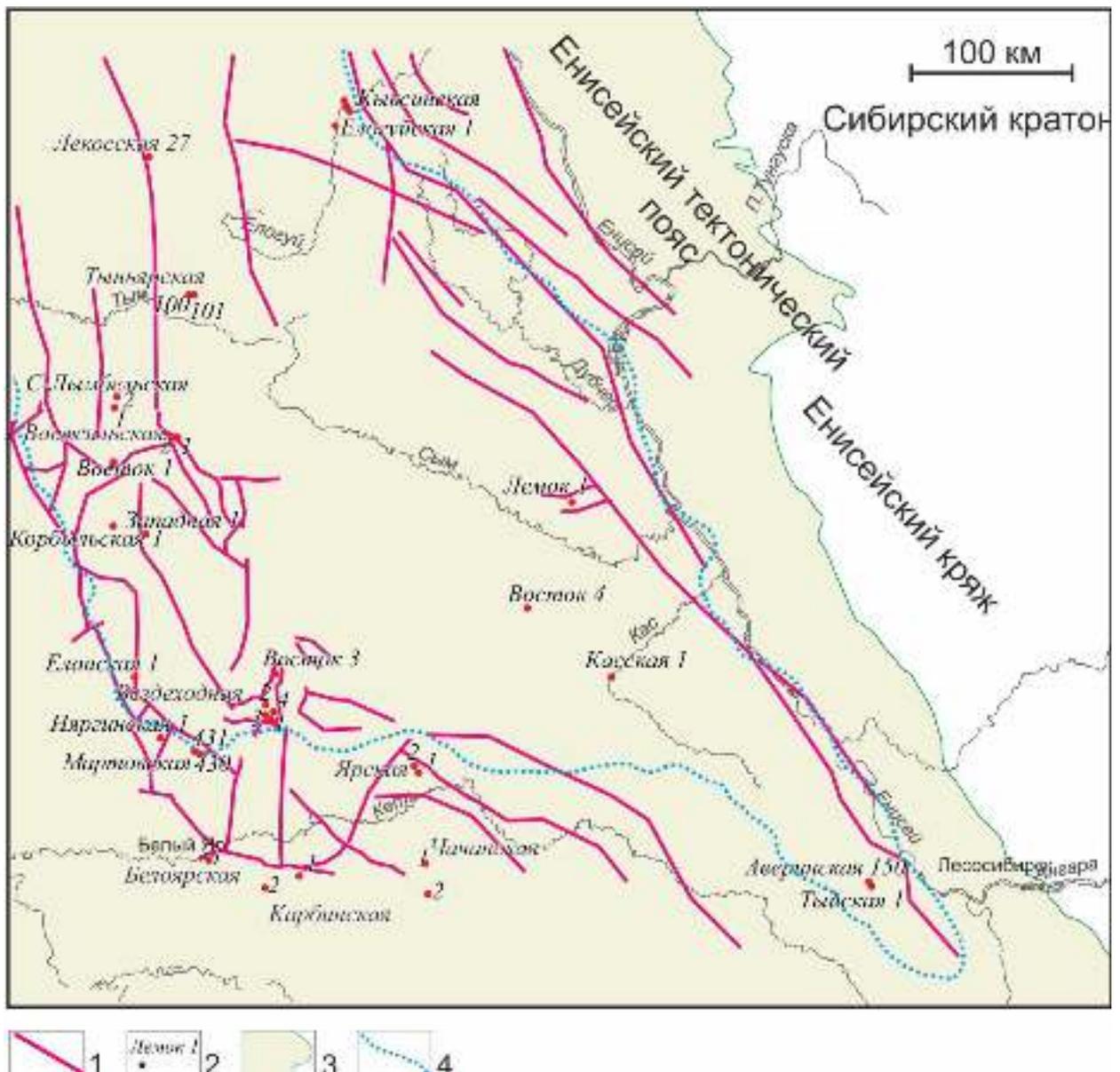


Рисунок 4.12 - Схема основных разломов по сейсмическим данным.

Условные обозначения: 1 – основные разломы; 2 – скважины; 3 – зона распространения мезозойско-кайнозойского чехла ЗСП; 4 – границы Предъенисейского бассейна.

4.3 Структурные построения

Методика построения структурной карты по отражающему горизонту F_m включала следующий набор процедур:

- корреляцию горизонтов в ручном и автоматическом режимах;
- выделение на временных разрезах и трассирование по площади разрывных нарушений;
- расчет сетки значений T_0 – построение карты изохрон;
- определение значений средних скоростей до целевого отражающего горизонта в точках скважин, построение сетки значений V_{cp} – карты средних скоростей до целевого горизонта;
- вычисление сетки значений N_{abc} до целевого горизонта – построение структурной карты.

После определения значений T_0 вдоль отражающих горизонтов были рассчитаны значения невязок по времени на крестах профилей. Анализ полученных материалов позволил сделать вывод о том, что этот параметр в единичных случаях достигает 20-30 мс, а в целом лежит в диапазоне 0-10 мс.

Коррекция значений T_0 с целью устранения невязок в точках пересечения профилей осуществлялось с использованием специализированных процедур пакета W-Seis. Эти процедуры, помимо коррекции невязок времен наблюдений позволяют осуществлять и коррекцию динамических характеристик сейсмической записи. Это позволило отчасти снивелировать динамическую неоднородность временных разрезов, полученных по профилям, отработанным в разные годы с использованием различных систем полевых наблюдений.

С целью построения карты изохрон данные о временах наблюдений отражающего горизонта вдоль линий сейсмических профилей импортировались в пакеты GridBilder и GS Surfer, где с использованием процедуры Kriging с радиусом 50 км осуществлялся расчет сеточной модели изохрон с шагом 250×250 метров.

При расчете карты средних скоростей были использованы следующие процедуры:

- с сеточной модели изохрон в точках всех скважин, вскрывших целевую

отражающую границу, были сняты значения T_0 ;

- путем расчета частного значения абсолютных глубин залегания геологической поверхности и значений T_0 были определены значения V_{cp} в точках скважин;

- с помощью пакетов GridBilder, GS Surfer методом линейной интерполяции осуществлялось построение сеточной модели V_{cp} с шагом 250×250 метров – построение карты средних скоростей.

На заключительном этапе рассчитывалось произведение сеточных моделей изохрон и средних скоростей, результат, которого представлял собой результирующую структурную поверхность в виде GRD-файлов. Перед расчетом структурной карты с целью уничтожения «дребезга», порожденного нерегулярностью исходных данных, карта изохрон была сглажена на базе 500×500 м.

Корреляция отражающих горизонтов K_2 -F, контролирующих внутрикембрийские и докембрийские сейсмокомплексы, была выполнена в ручном режиме. Сетки значений изохрон для горизонтов K_2 -F также были рассчитаны с шагом 250×250 м.

Для расчета структурных карт по доюрским отражающим горизонтам были использованы интервальные скорости ($V_{инт}$), которые определялись по данным ВСП для каждого сейсмокомплекса.

Далее строились карты интервальных времен по каждому сейсмокомплексу (Δt Fm- K_2 ; Δt K_2 -KV; Δt KV-F). Перемножением значений интервальных времен со значениями интервальных скоростей были рассчитаны карты изопахит соответствующих сейсмокомплексов. Последовательно суммируя значения на сеточных картах изопахит и значения на карте структурной поверхности по отражающему горизонту Fm, были получены структурные карты по кровле верхнекембрийских, нижнекембрийских и кембрийских осадочных комплексов, а также по подошве верхнеэоценового-нижнепалеозойских отложений.

В программе Surfer по сеточным моделям строились карты в изолиниях, экспортировались и окончательно оформлялись в графическом редакторе Corel Draw. Результаты картопостроений представлены на рисунках 4.13-22.

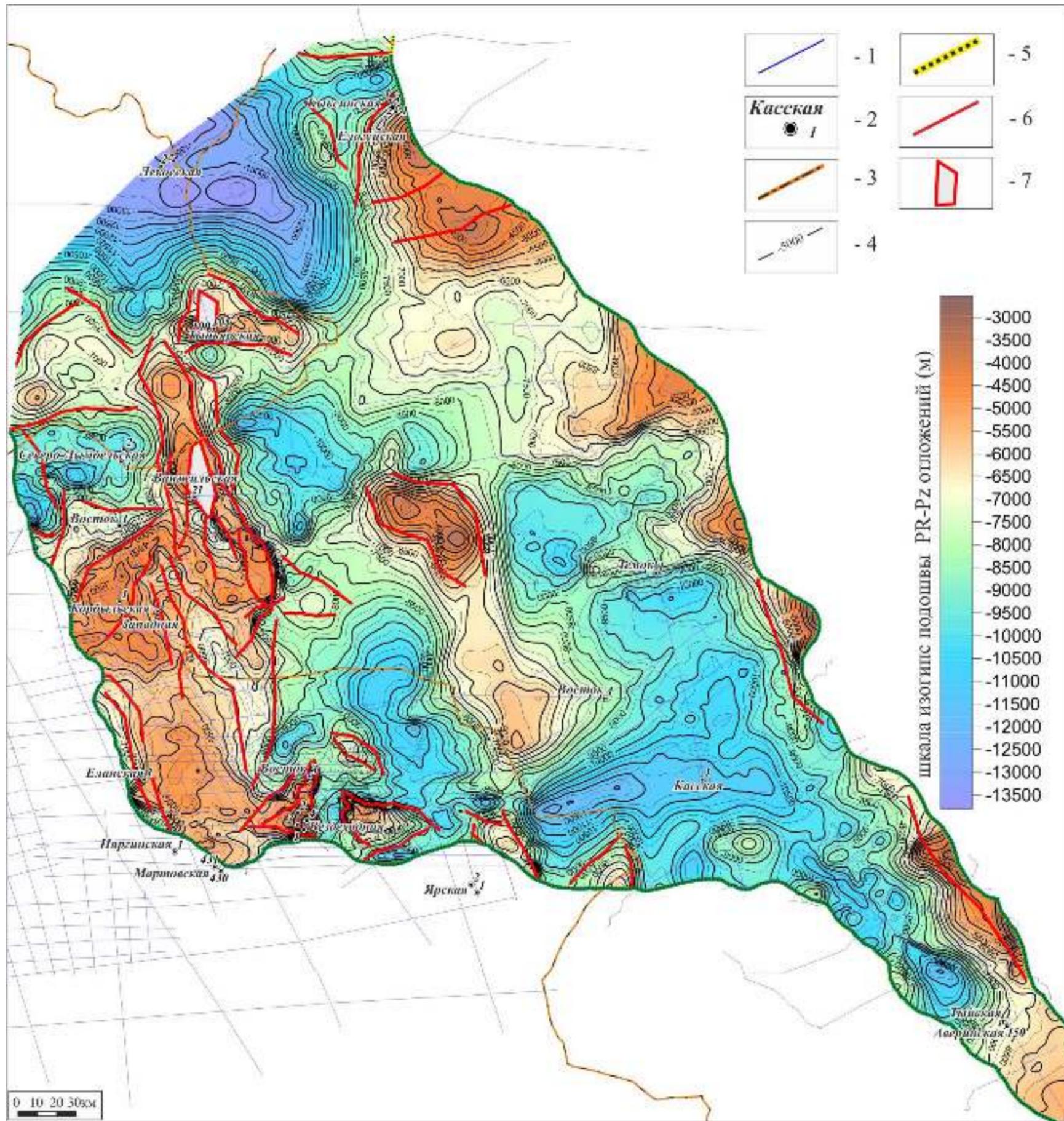


Рисунок 4.13 - Структурная карта по подошве верхнепротерозойско-палеозойских отложений (горизонт F).

Условные обозначения: 1 - линии сейсмических профилей; 2 - скважины; 3 - административная граница; 4 - изогипсы подошвы верхнепротерозойско-палеозойских отложений; 5 - граница Предьенисейского бассейна; 6 - разрывные нарушения; 7 - зоны потери корреляции (эрозионно-тектонические выступы блоков магматических пород).

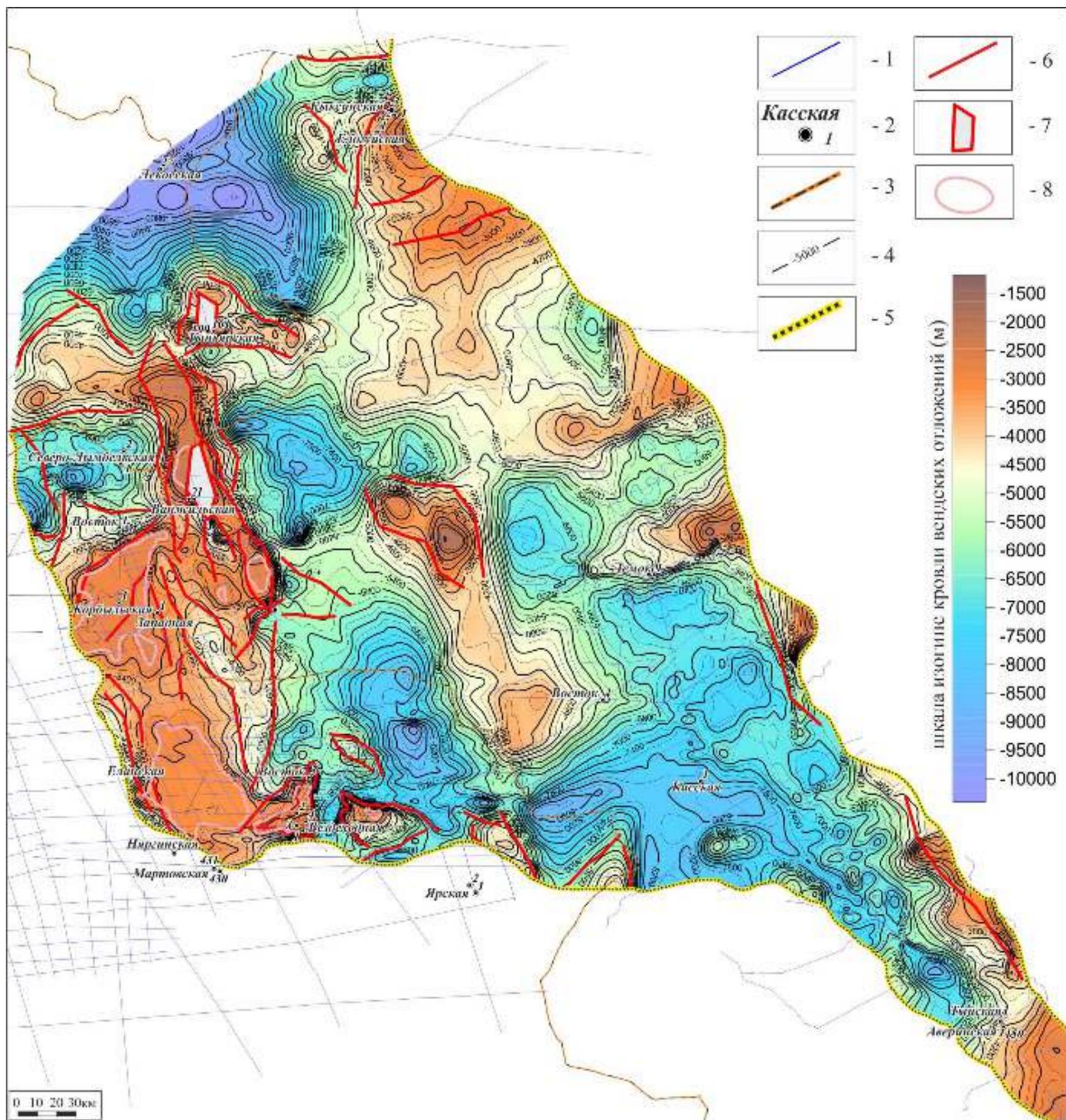


Рисунок 4.14 - Структурная карта по кровле вендских отложений (горизонт KV).

Условные обозначения: 1 - линии сейсмических профилей; 2 - скважины; 3 - административная граница; 4 - изогипсы кровли вендских отложений; 5 - граница Предъенисейского бассейна; 6 - разрывные нарушения; 7 - зоны потери корреляции (эрозионно-тектонические выступы блоков магматических пород); 8 - зоны отсутствия верхних частей вендских отложений.

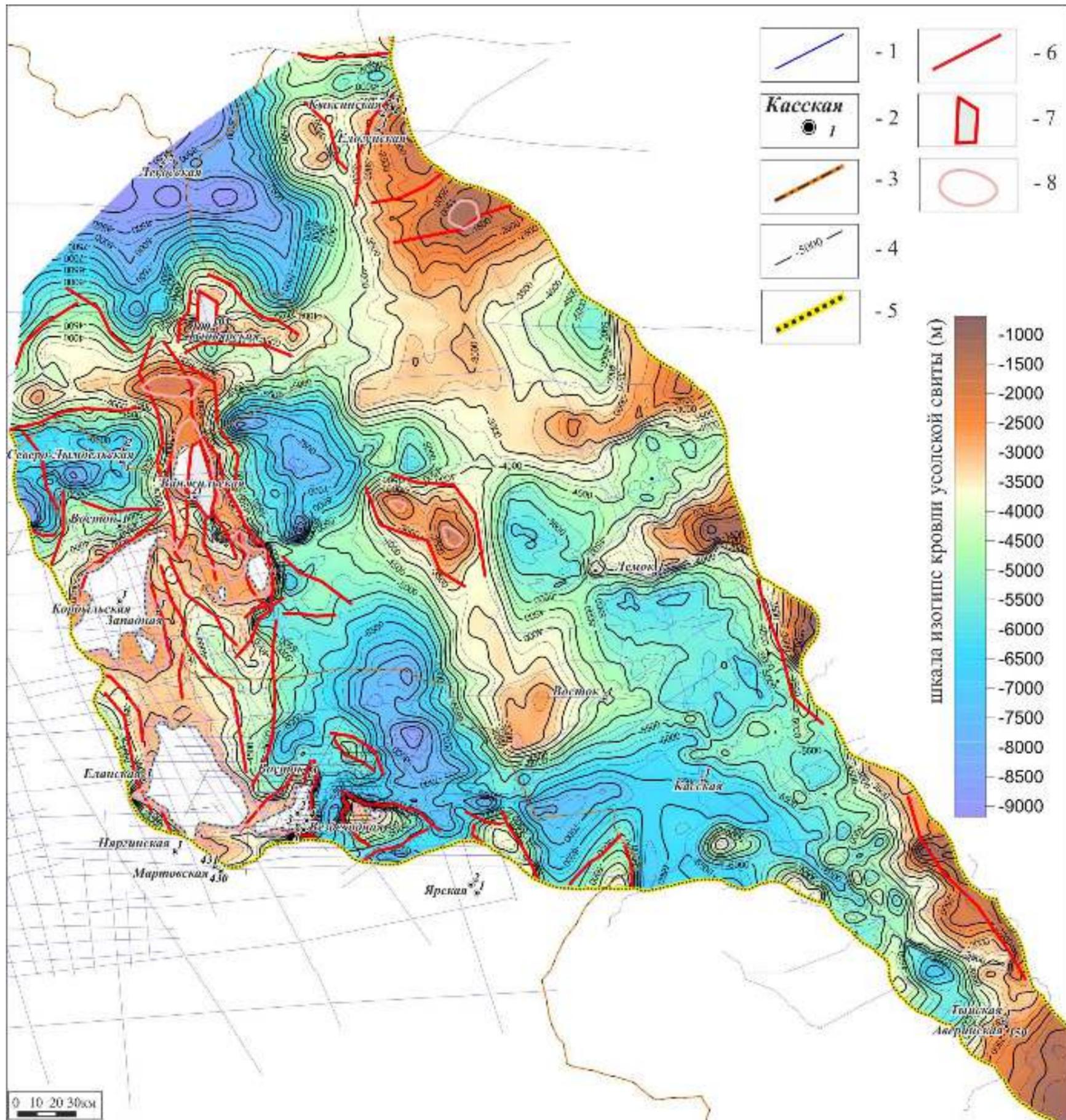


Рисунок 4.15 - Структурная карта по кровле усольской свиты и ее возрастным аналогам (нижний кембрий, горизонт К₆).

Условные обозначения: 1 - линии сейсмических профилей; 2 - скважины; 3 - административная граница; 4 - изогипсы кровли усольской свиты и ее возрастных аналогов; 5 - граница Предъенисейского бассейна; 6 - разрывные нарушения; 7 - зоны потери корреляции (эрозионно-тектонические выступы блоков магматических пород); 8 - зоны отсутствия верхних частей усольской свиты и ее аналогов.

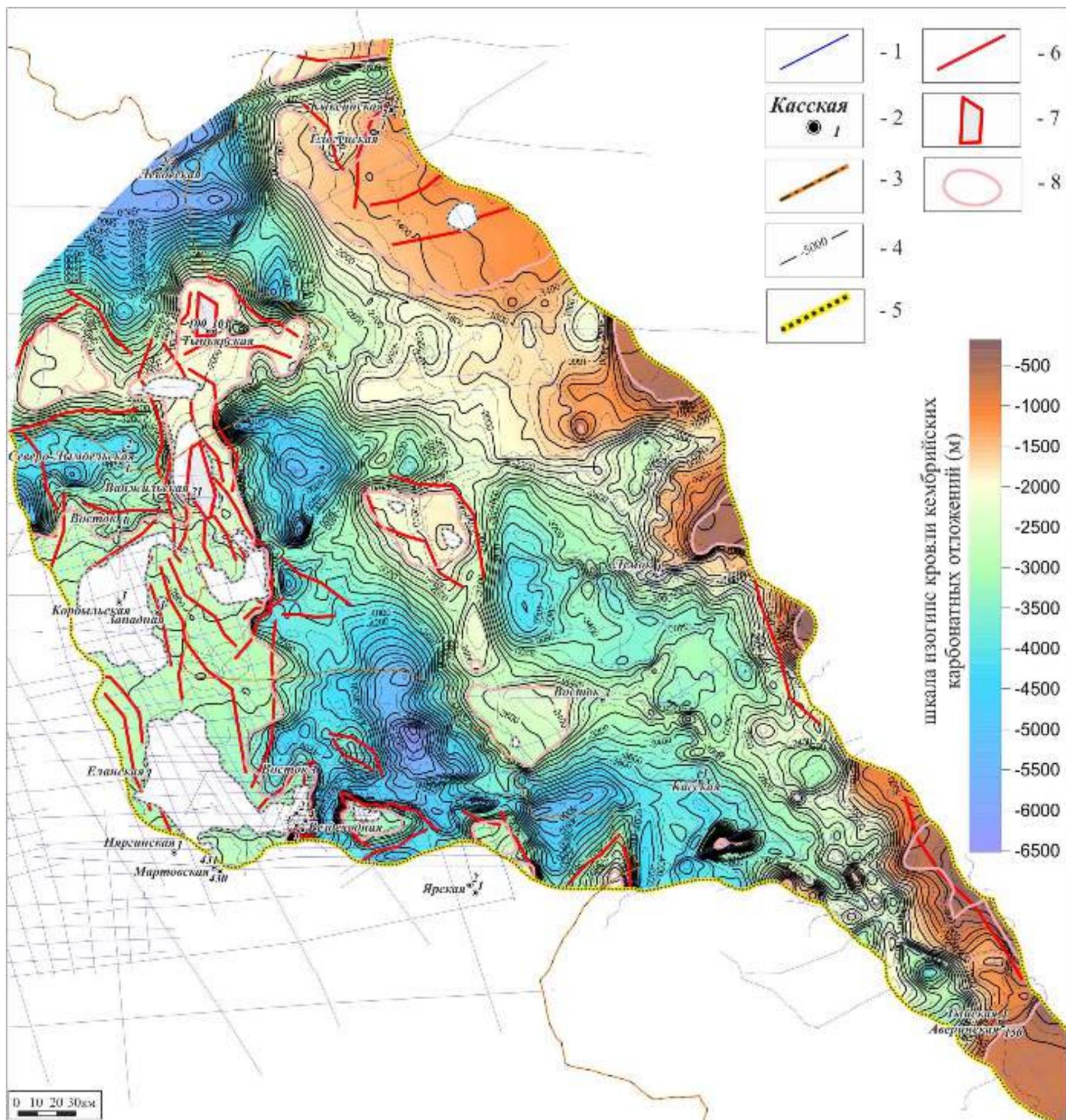


Рисунок 4.16 - Структурная карта по кровле кембрийских карбонатных отложений (средней подшивы эвенкийской свиты, верхний кембрий, горизонт К₂).

Условные обозначения: 1 - линии сейсмических профилей; 2 - скважины; 3 - административная граница; 4 - изогипсы кровли кембрийских карбонатных отложений; 5 - граница Предъенисейского бассейна; 6 - разрывные нарушения; 7 - зоны потери корреляции (эрозионно-тектонические выступы блоков магматических пород); 8 - зоны отсутствия верхних частей кембрийских карбонатных отложений.

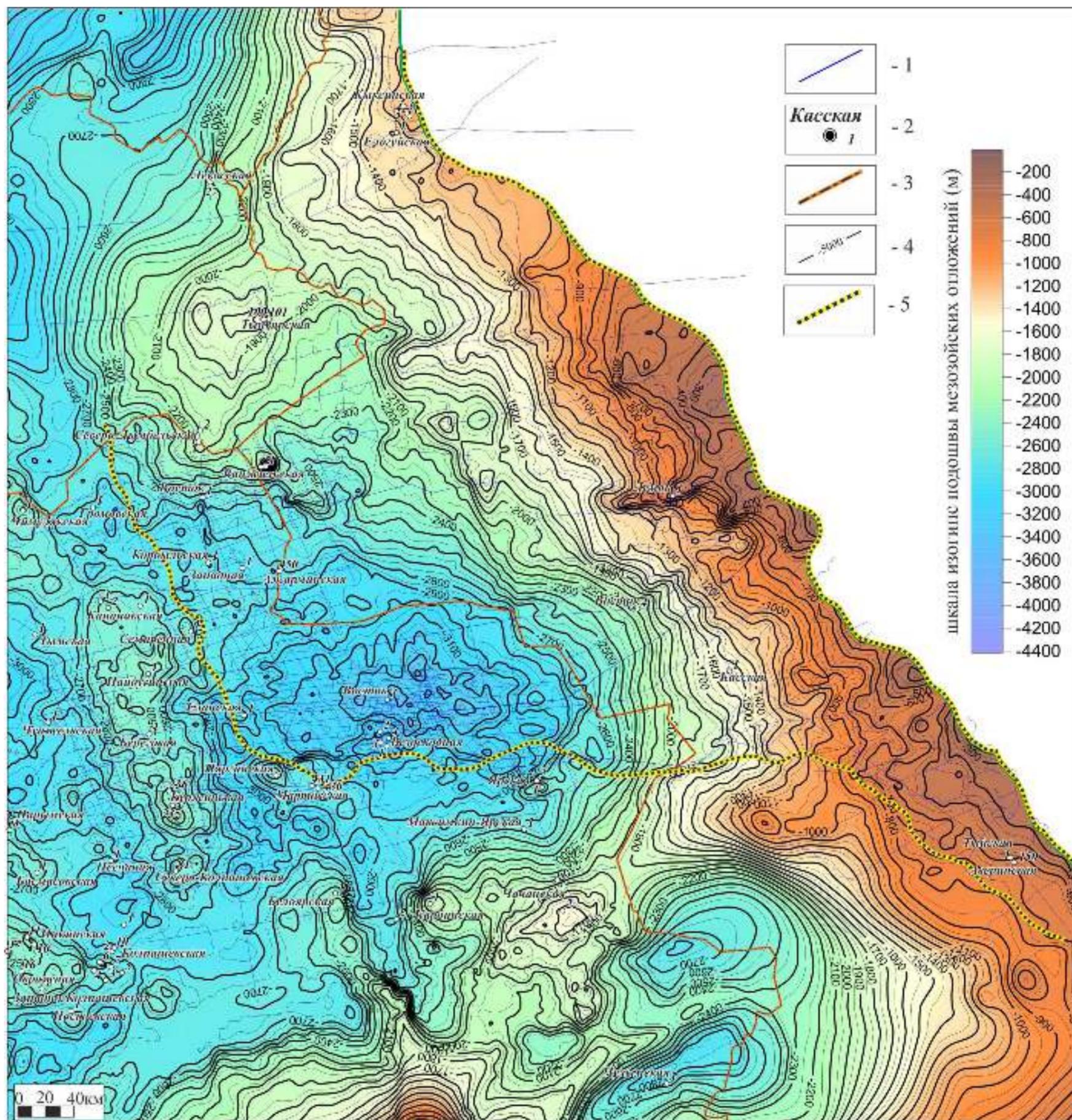


Рисунок 4.17 - Структурная карта по подошве мезозойских отложений (горизонт Fm).

Условные обозначения: 1 - линии сейсмических профилей; 2 - скважины; 3 - административная граница; 4 - изогипсы подошвы мезозойских отложений; 5 - граница Предьенисейского бассейна.

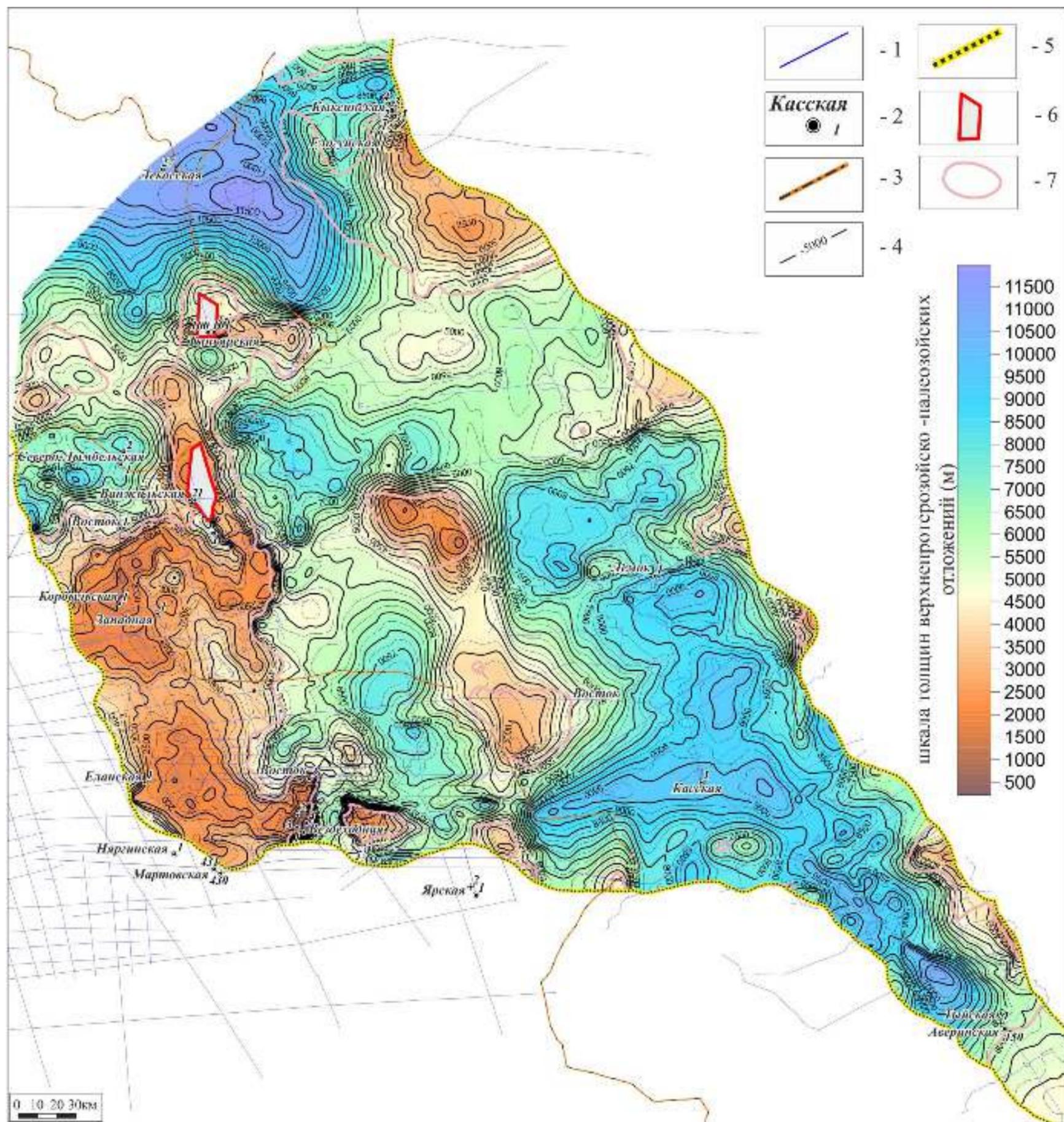


Рисунок 4.18 - Карта толщин верхнепротерозойско - палеозойских отложений.

Условные обозначения: 1 - линии сейсмических профилей; 2 - скважины; 3 - административная граница; 4 - изопахиты верхнепротерозойско-палеозойских отложений; 5 - граница Предъенисейского бассейна; 6 - зоны потери корреляции (эрозионно-тектонические выступы блоков магматических пород); 7 - зоны отсутствия верхних частей верхнепротерозойско-кембрийских отложений.

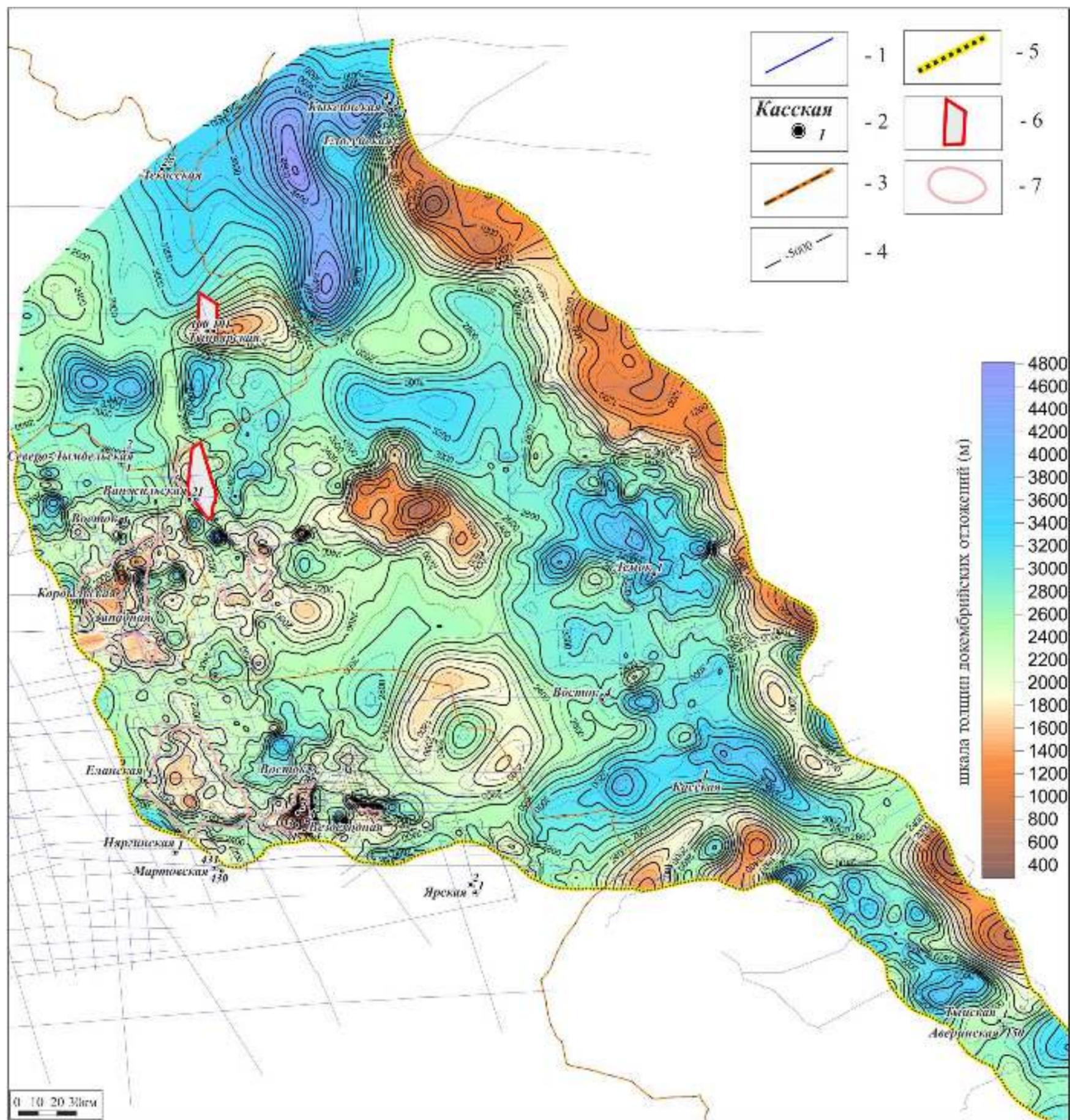


Рисунок 4.19 - Карта толщин докембрийских отложений.

Условные обозначения: 1 - линии сейсмических профилей; 2 - скважины; 3 - административная граница; 4 - изопахиты докембрийских отложений; 5 - граница Предьенисейского бассейна; 6 - зоны потери корреляции (эрозионно-тектонические выступы блоков магматических пород); 7 - зоны отсутствия верхних частей вендских отложений.

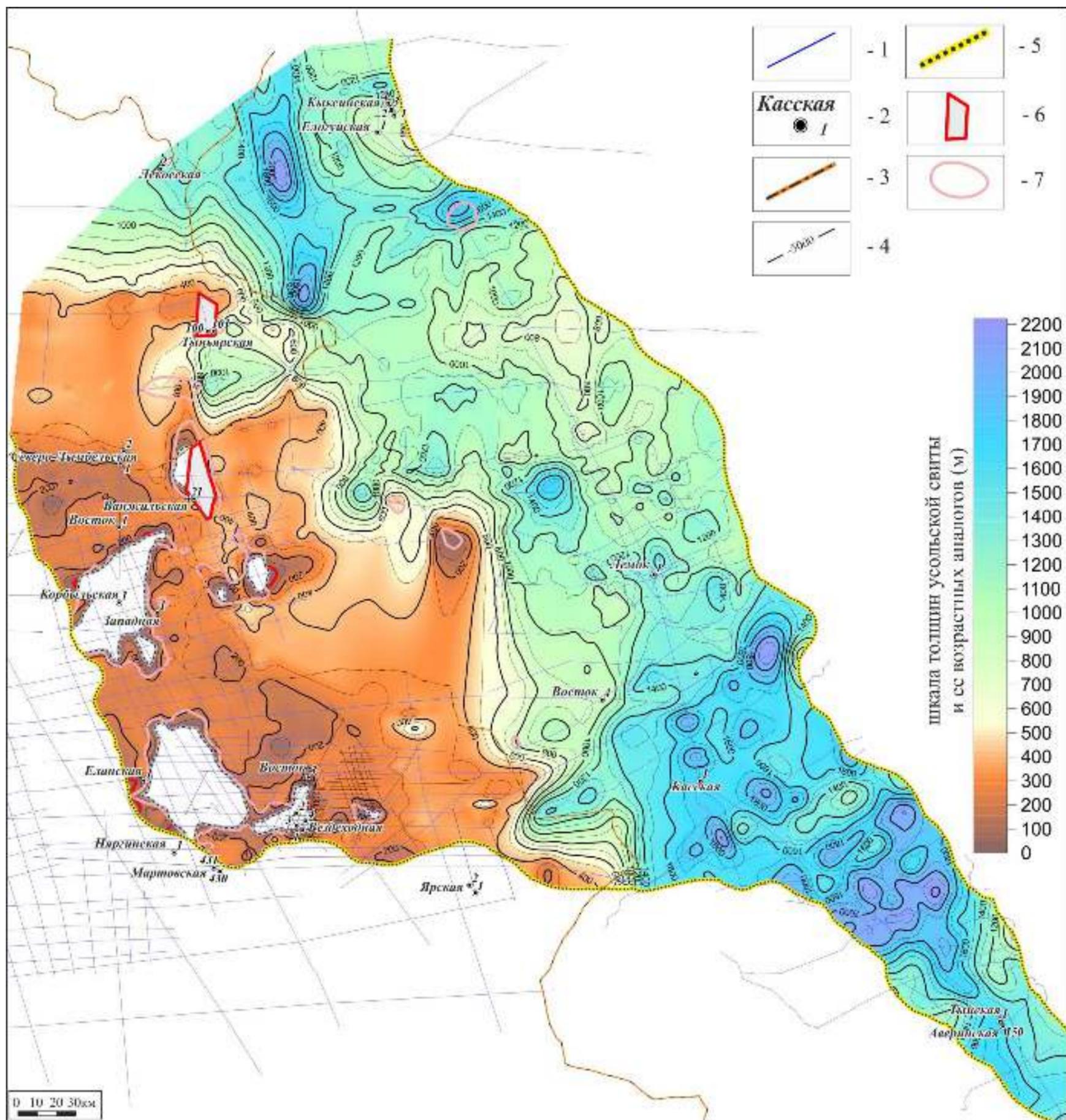


Рисунок 4.20 - Карта толщин усольской свиты и ее возрастных аналогов (нижний кембрий).

Условные обозначения: 1 - линии сейсмических профилей; 2 - скважины; 3 - административная граница; 4 - изопакиты усольской свиты и ее возрастных аналогов; 5 - граница Предъенисейского бассейна; 6 - зоны потери корреляции (эрозионно-тектонические выступы блоков магматических пород); 7 - зоны отсутствия верхних частей усольской свиты и ее аналогов.

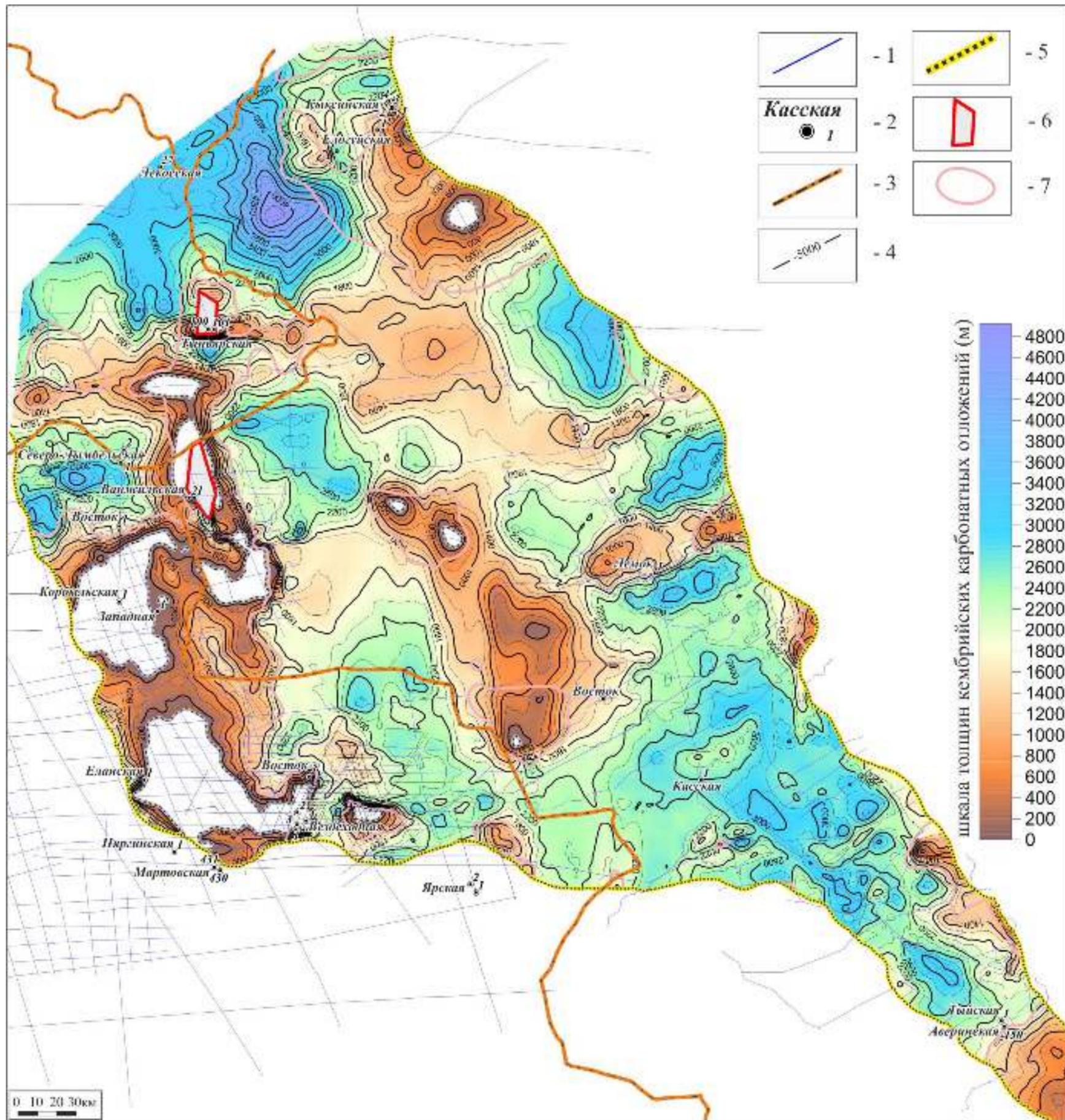


Рисунок 4.21 - Карта толщин кембрийских карбонатных отложений (нижний-верхний кембрий).

Условные обозначения: 1 - линии сейсмических профилей; 2 - скважины; 3 - административная граница; 4 - изопахиты кембрийских карбонатных отложений; 5 - граница Предъенисейского бассейна; 6 - зоны потери корреляции (эрозионно-тектонические выступы блоков магматических пород); 7 - зоны отсутствия верхних частей кембрийских карбонатных отложений.

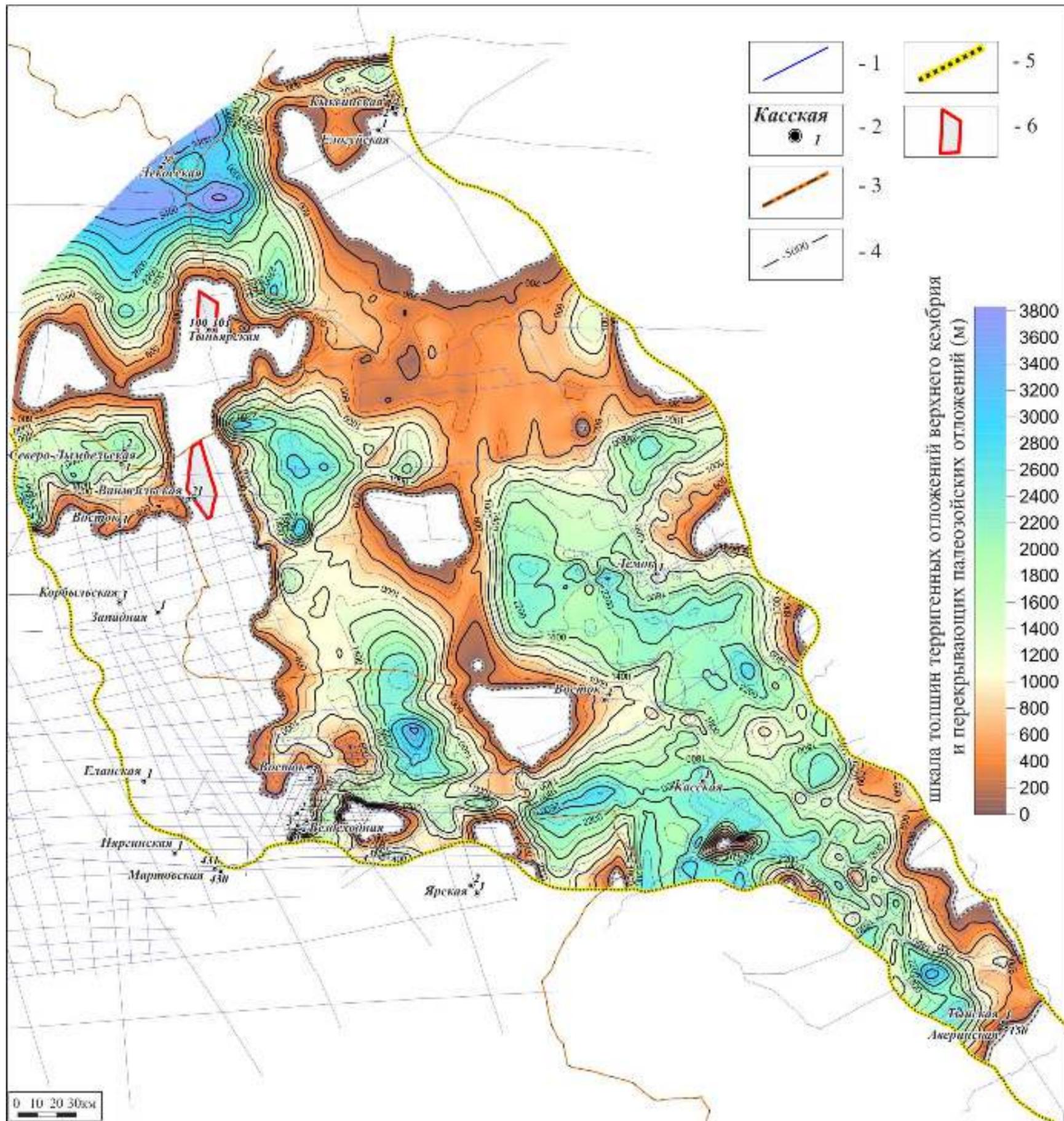


Рисунок 4.22 - Карта толщин терригенных отложений верхнего кембрия (пыжинская толща) и перекрывающих палеозойских отложений.

Условные обозначения: 1 - линии сейсмических профилей; 2 - скважины; 3 - административная граница; 4 - изопачты терригенных отложений верхнего кембрия (пыжинская толща) и перекрывающих палеозойских отложений; 5 - граница Предьенисейского бассейна; 6 - зоны потери корреляции (эрозионно-тектонические выступы блоков магматических пород).

4.4 Геологическая карта доюрских комплексов

При создании карты геологического строения Предъенисейского бассейна для определения объема и возраста домезозойских сейсмокомплексов были учтены данные, полученные в скважинах, расположенных в левобережной части Енисея, в первую очередь, в скважинах Восток-1, 3 и 4, Лемок-1 и Аверинская-150 и в скважине Вездеходная-4, вскрывших наиболее полный домезозойский разрез.

Основой для построения геологической карты послужили структурные карты поверхностей, ограничивающих основные литостратиграфические комплексы, выделяемые на данной территории по результатам геологической интерпретации сейсмических разрезов и данных бурения скважин. Путем сложения сеточных значений структурной поверхности каждого отдельного горизонта с подошвой основания юрского комплекса в GS Surfer были получены линии пересечения этих поверхностей и, соответственно, границы литостратиграфических комплексов, выходящих на предъюрскую поверхность.

На карте (Рисунок 4.23) видно, что основную часть бассейна занимают поля выходов кембрийских отложений. В наиболее погруженных местах (Каско-Сымский прогиб и южная оконечность Елогуй-Туруханского прогиба) картируются нерасчлененные отложения ордовикско-силурийского возраста, а в приподнятых зонах (в основном это западные районы территории, где выделяется Райгинско-Ажарминский вал, а также локальные поднятия на границе Томской области и Красноярского края) на предъюрскую поверхность выходят, предположительно, верхнепротерозойские и вендские отложения.

Характеризуя геологическое строение бассейна в целом, можно отметить следующее.

Перекрывающие складчатый и метаморфизованный фундамент верхнепротерозойско-нижнепалеозойские отложения в региональном масштабе имеют единый структурный план, характеризующийся субгоризонтальным моноклиналильным залеганием толщ и небольшим градиентом их мощностей (исключение составляют нижне- среднекембрийские комплексы, для которых ярко выражена региональная редукция мощности от осевой части бассейна к западному флангу).

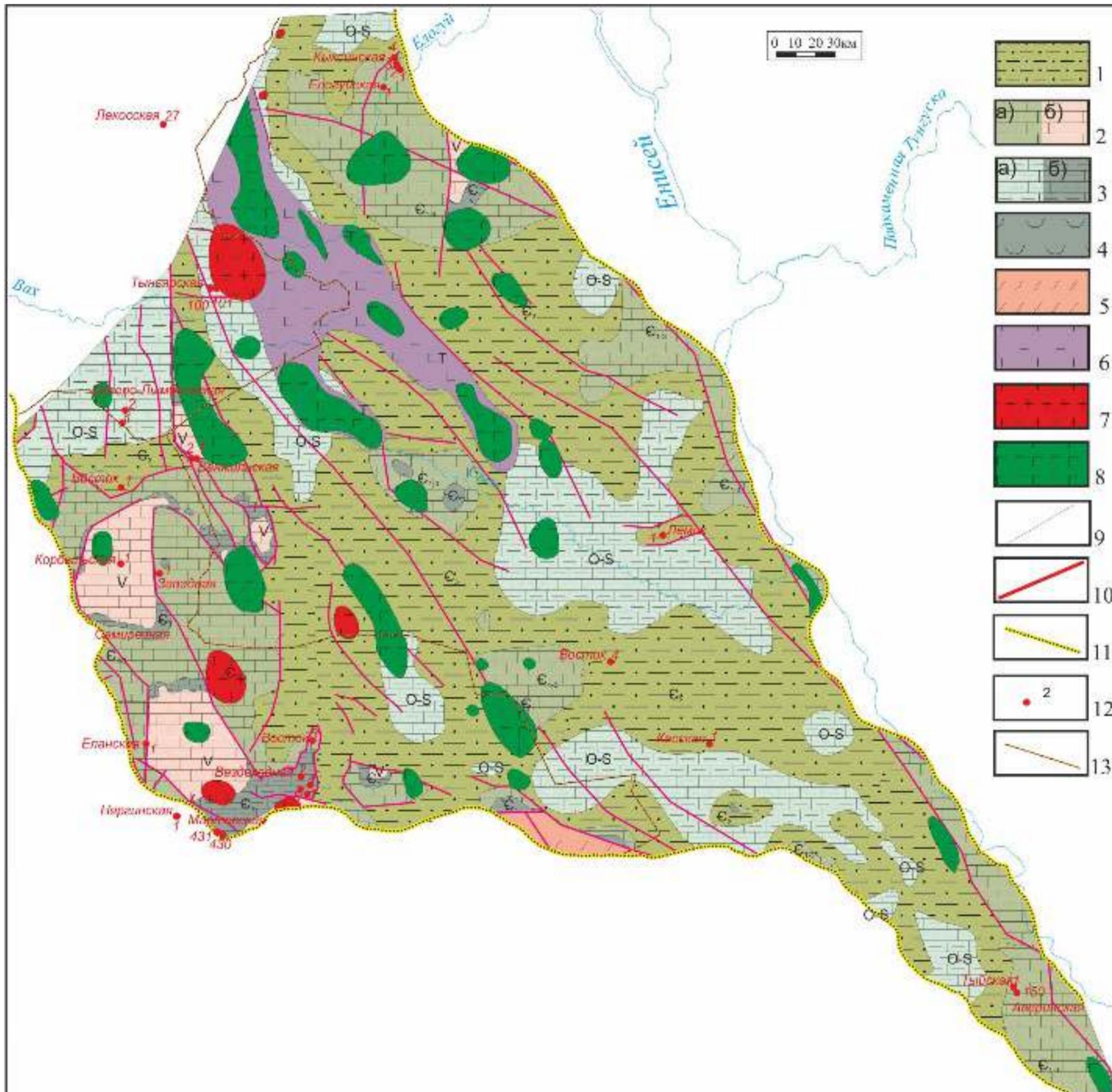


Рисунок 4.23 - Геологическая карта доюрских отложений Предьенисейского бассейна.

Условные обозначения: 1 - преимущественно терригенные отложения позднекембрийского возраста; 2 - преимущественно карбонатные отложения кембрийского(а) и вендского (б) возраста; 3 - преимущественно терригенно-карбонатные отложения ордовик-силурийского(а) и кембрийского(б) возраста; 4 - карбонатно - соленосные отложения раннекембрийского возраста (усольская свита); 5 - преимущественно глинисто-кремнистые метаморфизованные отложения позднепротерозойского возраста; 6 - преимущественно эффузивные отложения основного состава пермо-триасового возраста; 7 - интрузивные тела кислого состава; 8 - интрузивные тела основного состава; 9 - геологические границы; 10 - дизъюнктивные нарушения; 11 - границы Предьенисейского бассейна; 12 - скважины, вскрывшие доюрские отложения; 13 - административные границы.

При этом, в южной части спокойное, в целом, залегание осложнено рядом узких и протяженных валообразных поднятий северо-западного простирания, сформированных над ослабленными межблоковыми зонами деструкции фундамента. В восточных, прилегающих к Енисейскому кряжу районах бассейна, блоки фундамента по разломам взбросового характера испытывают ступенчатый подъем. Это 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.

В основании нижнекембрийской толщи здесь картируются соленосные отложения - аналоги усольской свиты СП. В западном направлении происходит изменение формационного состава этих отложений - роль солей в разрезе постепенно ослабевает, сначала замещаясь сульфатами, а затем полностью исчезая при уменьшении суммарной мощности нижнекембрийского комплекса и увеличении терригенной составляющей.

Вышележащие надсолевые карбонатные и глинисто-карбонатные комплексы нижнего, среднего и части верхнего кембрия и преимущественно терригенные верхов верхнего кембрия согласно залегают на подстилающих отложениях и полностью повторяют их структурный план. Судя по сейсмическим данным, в разрезе могут присутствовать и более молодые отложения ордовика и силура.

В отличие от более ранних (в большей части гипотетических) построений, наличие более молодых палеозойских отложений (до перми) в пределах бассейна данными не подтверждаются.

В северных частях бассейна по данным бурения в восточных районах ХМАО и косвенным геофизическим данным предполагается наличие пермско-триасовых осадочно-вулканогенных комплексов. Возможно, это южное окончание выделяемой здесь специалистами СНИИГГиМС по геофизическим данным Худосейской грабен-рифтовой зоны [Сурков, Жеро, 1981 и др.]

Помимо данных бурения, косвенные свидетельства о наличии магматических тел в пределах Предъенисейского осадочного бассейна связаны с анализом потенциальных полей. По предварительным результатам интерпретации матери-

алов гравиметрических и магнитных съёмок на территории Предъенисейского бассейна и прилегающих районов устанавливаются контуры участков возможного развития магматических комплексов основного и кислого состава. Вместе с тем, надо иметь в виду, что геофизические материалы не всегда дают возможности надёжно расчленить их по возрасту и обстановкам формирования.

На юге выделенные геологические комплексы граничат со структурами Алтае-Саянской складчатой области, где осадки рифея, венда и раннего кембрия формировались в обширном морском бассейне, который простирался далеко на юг. В это время здесь происходило накопление разнообразных в фациальном отношении карбонатов, в том числе органогенных и битуминозных. В верхах раннего кембрия (усинская свита) отмечаются пачки кремнистых сланцев, марганцевых руд и туфов. На дислоцированные раннекембрийские отложения с резким угловым несогласием налегают раннедевонские красноцветно-терригенные формации, разделенные мощными толщами эффузивов и туфов с прослоями континентальных красноцветов. Вся область прошла каледонский складчатый этап развития, вследствие чего докембрийские и раннепалеозойские отложения в значительной степени метаморфизованы, собраны в линейные складки, разбиты разломами на блоки и насыщены разнообразными интрузивными образованиями. На север складчатые структуры Алтае-Саянской области прослеживаются, по грубым оценкам, до течения р. Кеть, южнее которой наблюдается чрезвычайно сложный характер магнитного поля, имеющего, в основном, мозаичное строение.

Севернее р. Кети восточные районы территории (Предъенисейский бассейн) характеризуются уже четко выраженными более широкими полями положительных и отрицательных значений северо-западной ориентировки. Гравитационное поле здесь также дифференцировано. Центральная часть территории (район Райгинско-Ажарминской гряды) представляет собой вытянутую в субмеридиональном направлении приподнятую, в целом, зону. Здесь в подошву юрских толщ выходят докембрийские и кембрийские осадочные и вулканогенные комплексы.

Западная граница бассейна картируется по резкой смене волновой картины

на сейсмических разрезах, а именно прекращению прослеживания ярко выраженных отражающих границ в доюрском этаже. Эта граница примерно совпадает с Белоярской разломной зоной, простирающейся с Кузнецко-Алатауской вулканической зоны в верховьях р. Кия на северо-северо-запад через п. Асино, Белый Яр в направлении п. Корлики.

В этой связи, следует упомянуть работу сотрудников ИНГГ СО РАН Е.В. Павлова, В.Д. Суворова и В.А. Кочнева [Павлов и др., 2015], где была предпринята попытка определения западной границы Сибирского кратона с привлечением данных глубинных сейсмических зондирований (ГСЗ) и гравиметрии. По профилю ГСЗ, проходящему в субширотном направлении через СП, Енисейский кряж (на широте Енисейска), Предъенисейский бассейн и далее на запад, были рассчитаны зависимости глубин Мохо от глубин подошвы чехольных образований ЗСП (мезозой) и СП (палеозой) и найдены 2 типа такой корреляции, природа которой обусловлена изостатическим эффектом. В результате авторы показали, что на участке профиля от п. Белый Яр до Енисейска (территория Предъенисейского бассейна) наблюдается отчетливая корреляция, характерная для Сибирского кратона, в отличие от более западных участков. При этом, если учесть гравитационный эффект от мезозойского осадочного чехла и пересчитать аномалии Буге на подошву мезозоя, то фиксируется обратная корреляция глубины Мохо от значений аномалий Буге на территории «классической» ЗСП и в районе Предъенисейского бассейна, где корреляция, в свою очередь, аналогична таковой для СП. Если предположения авторов верны, а корреляции выполнены корректно, то западную границу структур Сибирского кратона по мнению авторов следует проводить под мезозойским чехлом ЗСП, примерно в 100 км западнее п. Белый Яр. В целом, это подтверждает результаты, полученные автором диссертации при анализе сейсмических материалов ОГТ и картировании границ осадочного бассейна. Отдельный вопрос – насколько корректно называть внешнюю границу причленившегося в предэдиакарское время жесткого массива границей кратона, но остается фактом сходство их тектонического режима в эдиакарии и палеозое, выразившееся в формировании единого осадочного чехла.

На востоке домезозойские комплексы граничат со структурами Енисейского тектонического пояса и, в частности, с Енисейским кряжем, где на эрозионную поверхность выходит покровно-складчатая система верхнерифейского (байкальского) возраста, в составе которой особое место занимает Исаковская покровно-складчатая зона. Из многочисленных публикаций известно, что она представляет собой пакет деформированных пластин, сложенных типичным офиолитовым комплексом, в составе которого присутствуют метапериодиты, метагабброиды, лавы основного состава, чередующиеся с глинисто-кремнистыми и карбонатсодержащими слюдястыми сланцами. Присутствуют также метаморфизованные пиллоу-лавы.

Складчатые структуры Енисейского тектонического пояса хорошо прослеживаются по геофизическим данным и под мезозойским осадочным чехлом в левобережной части р. Енисей севернее устья р. Подкаменная Тунгуска. В районах, непосредственно прилегающих к кряжу с запада, на сейсмических профилях можно отчетливо видеть ступенчатое погружение рифейских комплексов (Ангаро-Елогуйская ступень), осложненных серией разломов северо-западного простирания и перекрытых более молодыми платформенными осадочными комплексами позднедокембрийско-раннепалеозойского возраста. На ряде сейсмических профилей в северной части района (низовья р.р. Дубчес и Елогуй) под мезозойским чехлом хорошо видны зоны с хаотическим рисунком записи отражений, характерных для складчатых и метаморфизованных сооружений.

Аналогичная картина наблюдается и на сейсмических профилях в правобережной части Енисея. Это свидетельствует о том, что байкальские структуры Енисейского тектонического пояса продолжают на север от Енисейского кряжа под мезозойским чехлом ЗСП на расстоянии до 60-80 км к западу от р. Енисей (широты устья р. Подкаменной Тунгуски и р. Бахты). Эти выводы полностью подтверждаются и данными гравимагнитных наблюдений.

Глава 5

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ

Предъенисейский осадочный бассейн в тектоническом плане охватывает мегаблок земной коры, претерпевший длительную и специфическую историю своего развития, отразившуюся на формационных, лито-фациальных и структурных особенностях геологического разреза, а также на его потенциальной нефтегазоносности. Как показано в Главе 1, о существовании в левобережье Енисея древнего (архейско-протерозойского) жесткого фундамента, аналогичного Сибирскому кратону или его фрагмента, говорилось давно. Одной из первых работ, где этот факт обосновывался геофизическими (преимущественно гравиметрическими) данными была неопубликованная в печати схема Н.Н. Дашкевича [Глубинное..., 1970ф], на которой автором в восточной части ЗСП показана зона развития древнего блока земной коры (архейско-нижнепротерозойский кристаллический фундамент).

На тектонических картах фундамента ЗСП [Сурков, Жеро, 1981] в этом районе также выделены «докарелиды и карелиды, переработанные байкальским тектогенезом», ограничивающие с запада область байкальской складчатости (Енисейский кряж и Касская впадина).

Позднее, когда в геологии начали доминировать идеи плитной тектоники, по геодинамическим реконструкциям С.В. Аплонова [1989], в этой части ЗСП (также по косвенным геофизическим данным) был выделен «Верхнекетский микроконтинент».

Новые материалы обработки данных ГСЗ по профилю «Батолит», полученные сотрудниками СНИИГГиМС [Сурков и др., 1996], привели авторов к сходной интерпретации существования в этой части Урало-Монгольского складчатого пояса жесткого мегаблока земной коры в виде «Верхнекетского устойчивого мас-

сива». С запада этот блок ограничен «рифтогенной» тектоно-магматической зоной меридиональной ориентировки, в которой сформировался Худосейский «грабен-рифт» [Сурков, Жеро, 1981], протягивающийся далее на север. Ранее В.С. Сурковым и В.С. Старосельцевым эта «рифтогенная» зона была названа зоной «Саяно-Худосейского трансорового сдвига». Юго-западная граница мегаблока совпадает с региональной зоной глубинных разломов (Белоярской) северо-западной ориентировки, ограничивающей Алтае-Саянскую и Томь-Колыванскую складчатые области и вдоль которого сформировались блоки-выступы фундамента. С востока он ограничен зоной развития складчатых байкалид (Енисейский кряж и структуры Енисейского тектонического пояса), прослеживающихся по данным гравимагниторазведки и сейсморазведки и под мезозойским осадочным чехлом.

С конца 90-х вопросами возможных сценариев геодинамической эволюции Предъенисейского бассейна, рассматриваемого в качестве чехольных образований такого жесткого массива (или микроконтинета) занимался и автор, совместно со своими коллегами – А.К. Башариным, С.Ю. Беляевым, В.А. Каштановым, А.Э. Конторовичем, С.В. Сараевым [Беляев и др., 1998, 2001, Филиппов, 2001, Конторович и др., 2003, 2006, Филиппов, Сараев, 2015, Филиппов, 2016а, 2017].

Одновременно в ИНГГ и ИГМ СО РАН (ранее в составе ОИГГиМ СО РАН), а также в ряде других организаций, велись (и ведутся в настоящее время) работы, касающиеся палеогеодинамических аспектов Енисейского кряжа, реконструкций рифейской седиментации, офиолитовых ассоциаций и гранитоидов, метаморфической зональности осадочных и магматических комплексов [Волобуев, 1993; Хабаров, 1994, 2011; Верниковский, 1996; Верниковский и др., 1994, 2009, 2016; Качевский и др., 1998; Хераскова, 1999; Хераскова и др., 2010; Vernikovskiy et al, 2003; Верниковский, Верниковская, 2006; Старосельцев и др., 2003; Метелкин и др., 2005, 2007, 2012; Хоментовский, 2007; Ножкин и др., 2007, 2008, 2011, 2013, 2015; Ножкин, 2009; Лиханов и др., 2007, 2011, 2014; Kuzmichev, Sklyarov, 2016; Кузьмичев и др., 2017 и др.]. При этом важно отметить, что ключевым фак-

тором при неопротерозойских геодинамических реконструкциях для большинства исследователей является наличие в пределах западной окраины Енисейского края фрагментов офиолитового пояса (показанного еще на схеме Н.Н. Дашкевича (Рисунок 1.8)) с океаническим и островодужным комплексами пород. Наличие пояса аллохтонной природы (Исаковский и Предивинский террейны) свидетельствует о коллизионных процессах в неопротерозое и его образовании в результате взаимодействия микроконтинента и краевой части Сибирского кратона. Заметим, что название выделенного микроконтинента со временем в литературе менялись – «Касский», «Предъенисейский» и др. В данной работе используется название «Касско-Туруханский», предложенное ранее С.Ю. Беляевым и автором ввиду вероятного его продолжения далее на север.

Остановимся подробнее на анализе строения доверхнеопротерозойского фундамента бассейна.

5.1 Строение фундамента

В сечении регионального профиля «Батолит» (по данным ГСЗ и ОГТ) структура земной коры Предъенисейского мегаблока представлена положительными (в рельефе поверхности Мохо) формами комплексов фундамента. Центр форм совпадает с центром мегаблока, где фиксируется поднятие фундамента шириной до 100 км и амплитудой до 4 км.

Детальную внутреннюю структуру мегаблока по геофизическим данным выявить сложно - картина представляется весьма неоднозначной. Тем не менее, используя сейсмические данные и гравиметрические карты, автору удалось закартировать ее основные структурные элементы, хотя и с разной степенью достоверности. На рисунке 5.1 представлена схема блокового строения фундамента Предъенисейского бассейна, которая дает общее представление о его основных структурных элементах. На схеме выделяются макроблоки архейско-протерозойского кристаллического фундамента различного гипсометрического уровня и возраста образования, вдоль которых по многочисленным разломам сформировались протяженные валообразные структуры, выраженные в большей

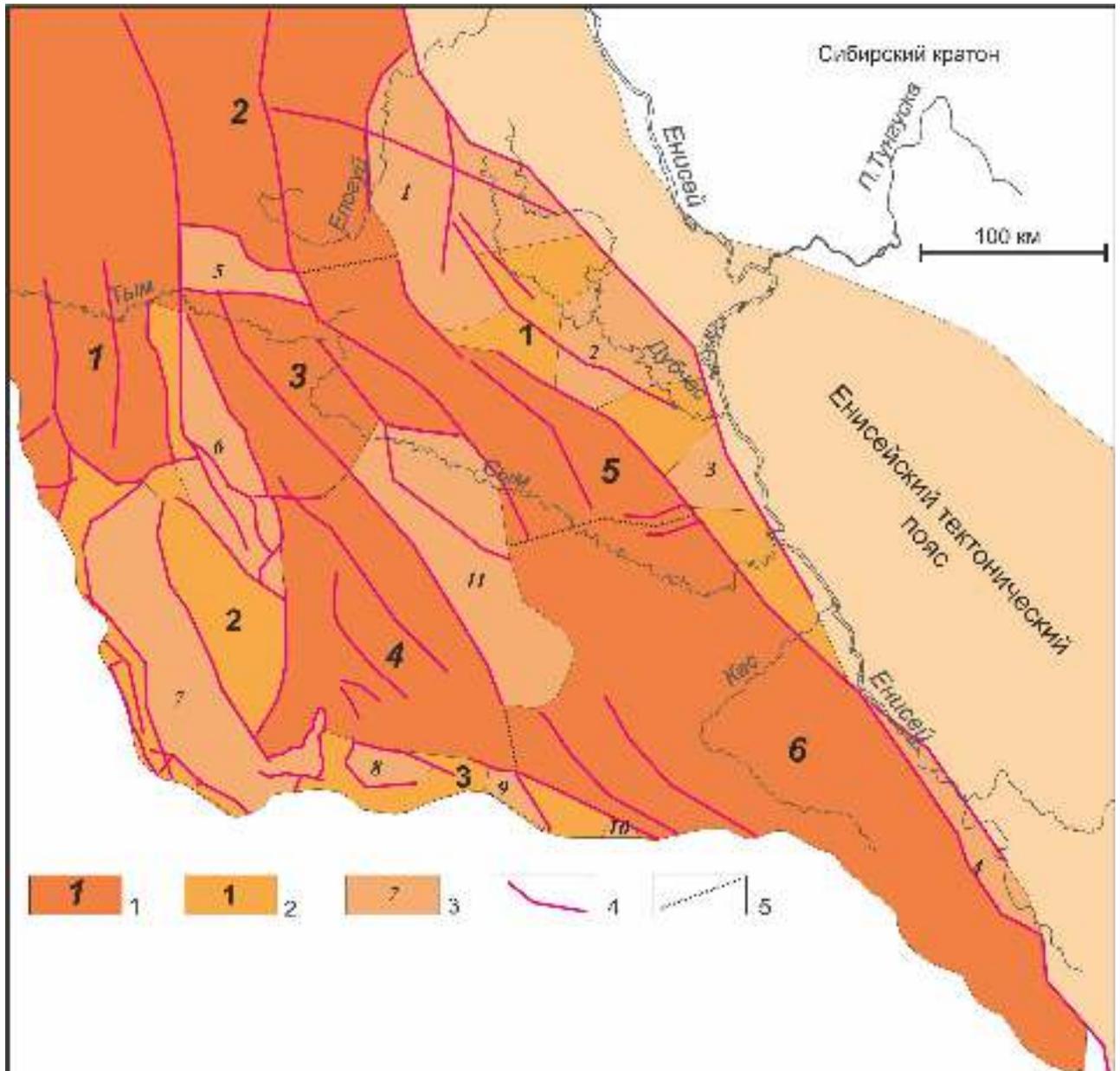


Рисунок 5.1 – Схема блокового строения доверхнепротерозойского фундамента Предьенисейского осадочного бассейна.

Условные обозначения: 1 – погруженные мегаблоки фундамента (1 – Северо-Лымбельский, 2 – Лекооский, 3 – Верхнесымский, 4 – Северо-Кетский, 5 – Северо-Сымский, 6 – Кас-Сымский); 2 – крупные приподнятые мегаблоки фундамента (1 – Елогуй-Тыйский, 2 – Райгинско-Ажарминский, 3 – Кетский); 3 – отдельные приподнятые блоки фундамента (1 – Елогуйский, 2 – Дубчесский, 3 – Южно-Дубчесский, 4 – Анциферовский, 5 – Тыньярский, 6 – Ванжильский, 7 – Райгинский, 8 – Белоноговский, 9 – Ярский, 10 – Верхнекасский, 11 – Сымский); 4 – основные разломы; 5 – условные границы мегаблоков.

части осадочного верхнепротерозойско-палеозойского чехла. Выступающие макроблоки разделены впадинами и прогибами различных порядков, осложненными, в свою очередь, выступами и валами. При этом отчетливо видно, что мак-

роблоки, в основном, ориентированы своими длинными осями в северо-западном направлении, а ограничивающие их субвертикальные разломы, носят преимущественно сбросо-взбросовый характер. Согласно сейсмическим данным средние амплитуды перемещений по ним оцениваются в 0,5-1,2 км.

Состав фундамента в пределах бассейна не изучен. По результатам интерпретации материалов ГСЗ «Батолит» [Сурков и др., 1996] в составе фундамента могут быть широко развиты серпентинизированные базиты и офиолиты с гранулитами кислого-среднего состава. Данные гравитационного моделирования вдоль профиля ОГТ «Батолит» показывают, что разрез земной коры удовлетворяет графику аномалий Буге при плотности фундамента не более 2,64-2,67 г/см³ [Региональные..., 2005ф]. Поэтому следует, видимо, признать, что фундамент здесь сложен легкими породами повышенной магнитности, к которым можно отнести как чарнокиты (с высоким содержанием акцессорного магнетита), так и серпентиниты и глубоко серпентинизированные базиты и офиолиты.

Состав блоков фундамента, непосредственно примыкающих к Енисейскому кряжу, можно диагностировать благодаря выходу краевых частей в эрозионный срез уже в правобережной части Енисея. По данным специалистов Гравиметрической экспедиции №3 (г. Красноярск) здесь по характерному соотношению гравитационных и магнитных аномалий можно выделить мезо- и лейкократовые блоки архейско-нижнепротерозойского кристаллического основания. Первые выделяются по положительным гравитационным и часто магнитным аномалиям. В их составе различные гнейсы (часто пироксеновые), плагиогнейсы и кристаллические сланцы повышенной плотности и магнитности. Лейкократовые блоки (характеризующиеся отрицательными гравитационными аномалиями) сложены биотитовыми и другими гранито-гнейсами и гранитоидами. Кроме того, как уже отмечалось, вдоль западной границы Енисейского кряжа выделяются блоки рифейского океанического комплекса, частично выходящими на дневную поверхность и сложенные породами metabазальт-андезитовой формации с офиолитовыми ассоциациями. В составе этих блоков широко развиты эффузивы и интрузии основного и ультраосновного состава.

Расчетные глубины до магнитоактивных пород и данные ОГТ о глубине залегания кристаллического основания в пределах бассейна примерно совпадают и колеблются на различных территориях от 7-8 до 11-12 км.

Большая часть фрагментов фундамента к северу и востоку от Райгинско-Ажарминского блока испытывала устойчивое прогибание в течение венда и фанерозоя, что привело к формированию огромных (более 10 км) осадочных комплексов бассейна. Здесь по структурным планам выделяется целая серия более мелких обособленных блоков, слагающих крупный Дубчесско-Касский мегапрогиб, протягивающийся почти через весь бассейн с юга на север, и продолжением которого далее на север служит Елогуйский мегапрогиб. Все они характеризуются контрастными отрицательными гравитационными аномалиями интенсивностью 15-30 мГал, которым в магнитном поле соответствуют положительные магнитные аномалии в сотни нТл.

Показанные на схеме мегаблоки ограничены и осложнены разломами, активизация которых в разное время оказывала влияние на морфологию блоков и глубину их погружения. В основном это структурообразующие разломы. Глубинные разломы предполагаются и в осевых зонах более молодых структур (например, в Худосейском «грабене» на севере территории бассейна).

Отрицательные структуры. В северо-западной части бассейна выделяется погруженная зона фундамента - Северо-Лымбельский мегаблок. Сейсмическими работами он изучен слабо, особенно северные его части. На юге он ограничен приподнятым Райгинско-Ажарминским мегаблоком, на востоке - Ванжильским блоком и далее по субмеридиональному глубинному разлому, вдоль которого, по-видимому, и развивался в пермско-триасовое время Худосейский «грабен-рифт», условно граничит с Лекосским мегаблоком. Его западной границей условно считается так называемая Белоярская зона разломов, отчетливо выделяемая по геофизическим данным и результатам картирования на дневной поверхности южнее - в районе Золотокитатской зоны Кузнецкого Алатау. Она ограничивает Предъенисейский бассейн с запада от герцинских структур ЗСП (Пыль-Караминский антиклинорий и Томь-Колыванская складчатая зона). Размеры бло-

ка превышают 80x150 км. Максимальная глубина кровли фундамента не менее 9 км, на севере до 10 км, минимальная - около 6 км.

В северной части территории выделяется другой крупный погруженный мегаблок фундамента - Лекосский. Эта территория очень слабо изучена сейсмическими работами, и говорить о границах и детальном внутреннем строении блока не представляется возможным. Иногда ее считают составной частью единого Тымско-Кетского прогиба, выделяемого Н.Н. Дашкевичем по кровле нижнекембрийских отложений и протягивающегося в меридиональном направлении вдоль восточной границы Ванжильского блока и Худосейской вулканогенной зоны. Но на структурной карте по подошве субплатформенных отложений (Рисунок 4.13) этот прогиб выражен плохо и, как единая структура, не просматривается. Мегаблок на западе граничит с Северо-Лымбельским мегаблоком, на востоке (немного восточнее Елогуйской площади) он ограничен структурами Енисейского тектонического пояса и Елогуйским блоком, южная его граница проходит условно немного южнее р. Елогуй, где он контактирует с приподнятым Тыньярским блоком. Северные границы его пока не прослежены. Размеры блока, слегка вытянутого в северо-западном направлении, превышают 100x150 км. Максимальная глубина кровли фундамента превышает 12 км.

Верхнесымский мегаблок расположен южнее Лекосского, в верховьях рек Сым и Тым. Его размеры 80x100 км, большей своей осью он вытянут в субширотном направлении. Глубина около 10 км. С юга его ограничивает Сымский приподнятый блок, с севера - Тыньярский. С востока по зоне разломов он граничит с Ванжильским блоком, а на западе контактирует с Елогуй-Тымской приподнятой зоной. Блок разбит субвертикальными разломами северо-западного простирания. Изученность сейсмическими работами этой части территории также слабая.

Чуть лучше охвачен сейсмическими работами находящийся южнее погруженный Северо-Кетский мегаблок, слегка вытянутый в северо-западном направлении. Он разделяет находящиеся с востока и запада от него приподнятые Райгинско-Ажарминский мегаблок и Сымский блок. На юге он ограничен субширот-

ной Кетской приподнятой зоной. Максимальные глубины поверхности блока достигают 9-10 км, а размеры 70x100 км.

К северу от среднего течения р. Сым выделяется погруженный Северо-Сымский мегаблок. На западе он граничит с Елогуй-Тыйской приподнятой зоной, на востоке - с Сымским блоком, северная граница условна и проходит по субширотной приподнятой (в структурном плане по поверхности фундамента) узкой зоне от Дубчесского блока к Сымскому. С юга блок ограничивается субширотной приподнятой зоной (Иштыкская антиклиналь) от Южно-Дубчесского блока к Сымскому. Максимальные глубины поверхности блока также достигают 9-10 км, а размеры 70x60 км.

Южнее Иштыкской зоны располагается наиболее изученный сейсмическими работами крупный Кас-Сымский мегаблок, который охватывает всю осевую часть бассейна. Простираясь на юге до верховьев р. Кемь, он вытянут в северо-западном направлении на 300 км. Максимальная ширина его в районе р. Кас составляет более 100 км. В юго-восточном направлении он сужается до 10 км в верховьях р. Сочур. На широте р. Кас мегапрогиб имеет не только максимальную ширину, но и глубину погружения - более 10 км. В целом, он представляет собой систему осложненных разломами более мелких блоков, вытянутых длинными осями в северо-западном направлении. Вдоль границ таких блоков формируются линейно вытянутые зоны, над которыми в вышележащих отложениях сформировались валообразные структуры, преимущественно соляного тектогенеза. Основная из них (Касский вал) протягивается от р. Кас и заканчивается в нижнем течении р. Кемь. Контролирующие вал разломы, по-видимому, уходят глубоко в земную кору. Максимальная глубина прогибания кристаллического фундамента здесь составляет почти 12 км в сечении по профилю «Батолит». К югу она уменьшается до 6-7 км. В структуре мегаблока по отдельным стратифицированным уровням имеются приподнятые участки, но выражены они слабо. С запада мегапрогиб ограничен Сымским и Кетским приподнятыми блоками. Между этими структурами прогиб без четко выраженного структурного ограничения соединяется с Северо-Кетским мегаблоком. В этой связи его можно рассматривать в

качестве элемента Кас-Сымского прогиба. На востоке ограничением мегапрогиба служат приподнятые структуры Енисейского кряжа (Елогуй-Тыйская зона приподнятых блоков).

Положительные структуры. Как показано на схеме (Рисунок 5.1), к положительным структурным формам фундамента, нашедших отражение на сейсмических разрезах и в гравитационном поле, относятся находящиеся на западном и восточном флангах бассейна Райгинско-Ажарминский, Елогуй-Тыйский и Кетский мегаблоки, состоящие из серии более мелких блоков и разделяющих их относительно пониженных зон, а также отдельные Тынъярский и Сымский блоки, находящиеся в центральной части бассейна. Они также нигде не вскрыты скважинами и выделяются исключительно по геофизическим (гравимагнитным и сейсмическим) данным. По-видимому, благодаря наличию в их структуре архейско-протерозойских метаморфизованных пород, а также интрузивных и вулканических образований основного состава разных тектонических циклов, они характеризуются, в целом, контрастными положительными гравитационными аномалиями. В то же время такая закономерность соблюдается не всегда. В ряде случаев (фрагменты Тынъярского, Верхнесымского блоков и др.) наблюдается обратная зависимость – в приподнятых по сейсмическим данным блоках наблюдаются отрицательные гравитационные аномалии, связанные, вероятнее всего, с наличием в составе блоков лейкократовых (гранито-гнейсовых и гранитоидных) пород.

Судя по геофизическим данным, Елогуй-Тыйский мегаблок - это наиболее крупное поднятие в пределах бассейна по сейсмическому горизонту F, представляющее собой погребенные фланговые структуры Енисейского тектонического пояса. Его протяженность по оси северо-западного простирания составляет почти 300 км (а с учетом его южного (Анциферовского) фрагмента свыше 400 км) при максимальной ширине до 80 км. Мегаблок представляет собой вытянутую вдоль всего западного борта Енисейского кряжа положительную кулисообразную структуру, погруженную под мезозойские отложения, ограниченную и осложненную зонами разломов. Чаще всего в пределах ступени большая часть палеозойских осадочных толщ денудирована, и в подошву мезозойского чехла выходят

докембрийские отложения разных стратиграфических уровней. В наиболее обширных зонах мегаблока (в районе р. Дубчес и устье р. Сым) выделяются отдельные приподнятые блоки (с севера на юг) – Елогуйский, Дубчесский, Южно-Дубчесский и Анцифировский (Рисунок 5.1). В пределах этих блоков мощность вендских перекрывающих осадочных комплексов сокращена до 1 км по сравнению с погруженными участками (в среднем около 2 км).

Крайнюю западную часть бассейна занимает зона поднятий, объединенных в Райгинско-Ажарминский мегаблок, имеющий меридиональную ориентировку. В составе мегаблока выделяются Райгинский (в юго-западной части), Ванжильский (в центральной части) и Тыньярский (отдельный, в северной части) блоки. Отметим тот факт, что эта часть бассейна ранее (до 2008 г.) была изучена сейсморазведочными работами слабо, поэтому границы и конфигурация структуры мегаблока, как и наличие самого мегаблока, выявлены здесь впервые. Для всех поднятий этой зоны характерны воздымание вендско-кембрийских осадочных толщ в подошву юрских отложений с очагами денудации в апикальных частях кембрийских и части вендских отложений. Они ограничены и осложнены разломами меридиональной и северо-западной ориентировки. Местами их активность проявлялась, видимо, не только в каледонский и герцинский тектонические циклы, но и в юрско-меловое время. Об этом свидетельствует выраженность поднятий в изогипсах подошвы юрских отложений и некоторые «сквозные» тектонические нарушения, прослеживающиеся в мезозойском комплексе.

Необходимо отметить, что скв. Вездеходная-4, вскрывшая мощную терригенно-вулканогенную толщу с сопутствующими телами базальтов и массив гранодиоритов под ними, находится на южном продолжении Ванжильского вала (Райгинский блока), что хорошо фиксируется зоной положительных аномалий на карте магнитного поля. По характерным аномалиям гравитационного и магнитного полей на территории мегаблока фиксируются очаги кислого (южные части Райгинского блока) и основного (крупные в Ванжильском блоке и более мелкие в Ажарминском блоке) магматизма.

Размеры Райгинско-Ажарминского мегаблока по длинной (меридиональ-

ной) оси около 280 км при ширине до 100 км. При этом размеры Райгинского блока в его составе 180x40 км, а Ванжильского-140x30 км.

Его северным фрагментом служит Тыньярский блок, выделяемый севернее верхнего течения р.Тым (в восточной части ХМАО) и ограниченный со всех сторон разломами. В центральной части блока по геофизическим данным выделяется крупный магматический очаг с дефицитом плотности (кислого состава). Это подтверждается результатами бурения на Тыньярской площади, где под мезозойскими отложениями вскрыто экструзивное тело риолитов, и которые глубже переходят в щелочные гранитоиды [Иванов и др., 2010, 2012].

В центральной части бассейна, среднем течении р. Сым, в составе фундамента выделяется крупный Сымский блок с размерами 160x50 км. Блок имеет северо-западную ориентировку, подчиненную структурообразующим разломам этого направления, и разделяет Северо-Кетский и Северо-Сымский погруженные мегаблоки. От Елогуй-Сымского вала его отделяют мелкие впадины, являющиеся продолжением Сымской мегавпадины. Следует отметить, что именно эта центральная часть бассейна изучена наиболее слабо: наличие и качество сейсмического материала не позволяет четко закартировать границы блока - вполне возможно, что конфигурация свода имеет несколько иные очертания.

Поднятие почти полностью располагается в отрицательном магнитном поле, что свидетельствует об отсутствии здесь в геологическом разрезе интрузивных и вулканических образований. По отношению к окружающим впадинам оно выделяется по положительной гравитационной аномалии интенсивностью в 8 мГал. Такие показатели часто характерны для высокоглиноземистых и карбонатных пород, например, для пенченгинской свиты раннего рифея. Они не магнитны, но отличаются повышенной плотностью.

В сечении регионального профиля ОГТ «Восток-10», пересекающего центральную часть этого поднятия, оно четко выражено во всех горизонтах домезозойского осадочного чехла, при этом апикальная часть поднятия денудирована, и в подошву юрских отложений выходят докембрийские отложения. Проявленность структуры блока во всем перекрывающем его осадочном субплатформен-

ном чехле, делает его важным фактором при палеогеографической дифференциации бассейна. Это поднятие разделяет территорию бассейна на мелководную эвапоритовую зону (к востоку от блока) и более глубоководную (к западу от блока) открытого моря. Наряду с другими поднятиями, он является маркером для выделяемого в этой разделительной зоне пояса биогермных рифов, и, кроме того, может служить благоприятным фактором для формирования и накопления здесь потенциальных залежей углеводородов.

В южной части блок, вероятно, осложнен интрузиями основного состава, которые картируются по результатам интерпретации гравимагнитных полей. Соотношение и характер магнитных и гравитационных аномалий в районе свода свидетельствует о том, что некоторые его части находились в зоне тектономагматической активности пермо-триасового возраста, прослеженной севернее и, возможно, являющейся их продолжением.

В мезозойском комплексе поднятие практически не выражено, однако зоны разломов, осложняющие структуру свода, пусть и в редуцированном виде, но трассируются в теле мезозойского чехла.

К юго-востоку от Сымского блока, уже на южных границах бассейна картируется линейно вытянутый в субширотном направлении Кетский мегаблок, состоящий из серии приподнятых и разделенных тектоническими нарушениями мелких блоков – Белоноговского, Ярского и Верхнекасского. Протяженность мегаблока составляет 180 км при ширине не более 30-40 км. Площадь отдельных поднятий составляет в среднем 800 км², амплитуда превышает 1-2 км. Анализ соотношений гравимагнитных полей позволяет предполагать в качестве поднятий выступы блоков фундамента преимущественно гранитного и гранитно-гнейсового состава. Структурные особенности и расположение мегаблока конформно границам Алтае-Саянской складчатой области свидетельствует о том, что его время образования является каледонским (и моложе) и генетически связано с тектонической активностью последней.

5.2 Структурно-тектоническое районирование верхнепротерозойско - нижнепалеозойского структурного яруса

Анализ волновой картины на сейсмогеологических разрезах и выполненные структурные построения (Рисунки 4.4-4.8 и 4.13-4.22) показывают, что лежащие на складчатом фундаменте верхнедокембрийские и нижнепалеозойские отложения в региональном плане имеют единый структурный план, характеризующийся субгоризонтальным моноклиналильным залеганием толщ и относительно небольшим градиентом их мощностей. Такое, в целом, спокойное залегание осложнено рядом поднятий северо-западного и широтного (в меньшей степени) простирания, сформированными над выступающими мегаблоками фундамента. При этом, верхнедокембрийские толщи на границах ослабленных зон испытывают в разной степени деструкцию (малоамплитудные взбросы или сбросы) или пликативные дислокации (складки с амплитудой, не превышающей 1,5 км) без явных изменений мощности слоев. Нижнекембрийские (соленосные в восточной части) толщи наоборот, практически не испытывают дизъюнктивных дислокаций, образуя лишь высокоамплитудные антиклинали (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).

Для классификации и характеристики основных элементов структурного плана верхнепротерозойско-нижнепалеозойского осадочного комплекса была построена карта структурно-тектонического районирования по его подошве. В силу субсогласного залегания всех толщ, слагающих осадочный комплекс, эта карта характеризует его геометрию в целом.

Классификация проводилась в соответствии с принципами, предложенными В.Д. Наливкиным [1962] и позднее утвержденными на совещании в Ленинграде [Решения..., 1963]. В ИНГГ СО РАН (под руководством В.А. Конторовича) данная классификация была уточнена, детализирована и представлена в виде классификационной таблицы (Таблица 5.1). С одной стороны, она максимально учитывает традиционные критерии структурно-тектонического районирования, а с другой - позволяет более объективно (жестче) подходить к выделению и карти-

Таблица 5.1 – Классификация структурно-тектонических элементов (по [Решения..., 1963] с уточнениями и детализацией)

Порядок структур	ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ											
	Положительные						Отрицательные					Промежуточные
	замкнутые		полузамкнутые		незамкнутые		замкнутые		полузамкнутые		незамкнутые	незамкнутые
	изометричные	линейные	изометричные	линейные	линейные	изометричные	линейные	изометричные	линейные	линейные	изометричные	линейные
Надпорядковые ($S > 60\ 000-200\ 000\ \text{км}^2$)	Мегаантеклизы	Мегаграды	Мегагемиантеклизы	Наклонная мегаграда Мегагемиграда		Мега-сиплеклизы	Мегажелоб	Мегагеми-сиплеклизы	Наклонный мегажелоб Мегагемижелоб			Мегамоноклизы
0 порядка ($S > 20\ 000-60\ 000\ \text{км}^2$)	Антеклизы	Грады	Гемиантеклизы	Наклонная грады Гемиграда		Сиплеклизы	Желоб	Геми-сиплеклизы	Наклонный желоб Гемижелоб			Моноклизы
I порядка ($S > 6000-20\ 000\ \text{км}^2$)	Свод-куполовидное мегаподнятия	Мегавал	Структурный мегамыс	Наклонный мегавал	Мегавыступ	Мегаплавина	Мегапрогиб	Структурный мегазалит	Наклонный мегапрогиб	Мегаврез	Мега-седловина	Мегамонокли-наль
II порядка ($S > 2000-6000\ \text{км}^2$)	Куполо-видное мезопод-нятия	Мезовал	Структур-ный мезомыс	Наклон-ный мезовал	Мезовы-ступ	Мезо-плавина	Мезо-прогиб	Структур-ный мезозалит	Наклон-ный мезопр-гиб	Мезоврез	Мезо-седловина	Мезо-монокли-наль
III порядка ($S > 200-2000\ \text{км}^2$)	Куполо-видное поднятие	Вал	Структур-ный мыс	Наклон-ный вал	Выступ	Плавина	Прогиб	Структур-ный залит	Наклон-ный прогиб	Врез	Седловина	Моно-клиналь
IV порядка ($S < 200\ \text{км}^2$)	Локальное поднятие					Локальная впадина						

рованию разноранговых структур. В качестве основы для структурно-тектонического районирования верхнепротерозойско-палеозойских отложений использовалась структурная карта по отражающему горизонту F, приуроченному к подошве осадочных отложений (кровле фундамента) и получившему наибольшее распространение на территории бассейна.

В целом по Предъенисейскому бассейну абсолютная глубина залегания подошвы платформенных отложений изменяется в диапазоне от -13800 до -2500 м. Минимальные отметки фиксируются в восточной части территории, вблизи Енисейского кряжа, а максимальные – в депрессионной зоне, расположенной в северной части бассейна (севернее р. Елогуй).

В региональном плане на территории бассейна получили развитие 4 крупных тектонических структуры 0 порядка (Рисунок 5.2). В западной части расположена Райгинско-Ажарминская гряда, в восточной – Елогуй-Тыйская моноклиза. Приподнятые зоны разделены крупной, вытянутой в северо-северо-восточном направлении депрессией, в южной части которой расположена Предъенисейская синеклиза, в северной – Елогуй-Туруханская синеклиза.

Вытянутая в северном направлении Райгинско-Ажарминская гряда в рельефе по горизонту F оконтурена по отметке -7800 м, имеет площадь 27000 км² и амплитуду 3900 м. Гряда осложнена серией положительных структур - Райгинским мегавалом, Ванжильским мезовалом, Корлинским и Тыньярским валами.

Райгинский мегавал расположен в южной части Райгинско-Ажарминской гряды, на юго-западе Предъенисейского бассейна. В структурном плане кровли фундамента Райгинский мегавал ограничен на отметке -6000 м, имеет площадь 9160 км² и амплитуду 2500 м. Мегавал осложнен двумя структурами II порядка – Лымбельским и Северо-Няргинским мезоподнятиями.

Северо-Няргинское мезоподнятие расположено в южной части мегавала. Структура несколько вытянута в северо-западном направлении, контролируется изогипсой -5600 м, имеет амплитуду 2300 м и площадь 3470 км². Мезоподнятие осложнено Еланским и Вездеходным куполовидными поднятиями.

Еланская структура находится в тектонически спокойной зоне, Вездеходное

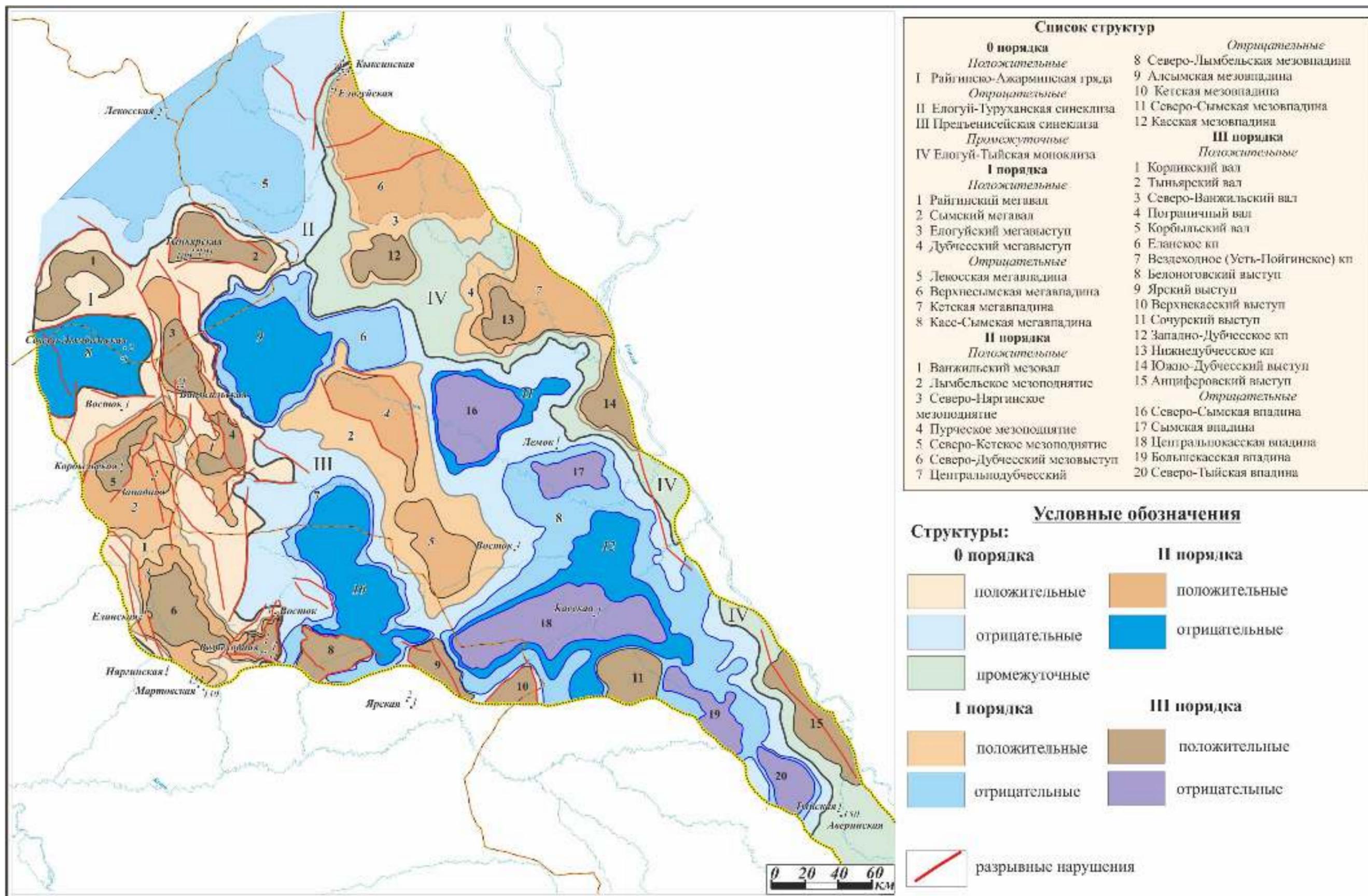


Рисунок 5.2 - Структурно-тектоническая карта верхнепротерозойско-палеозойских отложений.

поднятие осложнено высокоамплитудными разломами и представляет собой горст, погружающийся в северо-северо-восточном направлении.

В северной части Райгинского мегавала находится Лымбельское куполовидное мезоподняtie, в центральной части которого расположен Корбыльский вал. Мезоподняtie имеет сложную форму, контролируется изогипсой -5600 м, имеет площадь 3580 км² и амплитуду 1500 м. Осложняющий мезоподняtie Корбыльский вал вытянут в северо-восточном направлении и контролируется изогипсой -5000 м. Структура осложнена 3 куполами, имеет площадь 2140 км² и амплитуду 1050 м.

К северо-востоку от Райгинско-Ажарминского мегавала расположена вытянутая в северо-северо-западном направлении контрастная линейная положительная структура – Ванжильский мезовал. Он контролируется изогипсой -6000 м, площадь 3400 км², амплитуда 2700 м. В южной части мезовала, расположен Пограничный вал, в северной – Северо-Ванжильский вал. Пограничный вал, оконтурен в рельефе горизонта F на отметке -5000 м. Площадь вала составляет 635 км², амплитуда – 700 м. Структура осложнена большим количеством высокоамплитудных разломов, преимущественно северо-северо-западного простирания.

В северо-северо-западном направлении также вытянут расположенный в северной части Ванжильского мезовала Северо-Ванжильский вал. Структура оконтуривается на абсолютной глубине -5400 м, имеет площадь 880 км² и амплитуду 2100 м. По абсолютной отметке -7000 м Райгинский мегавал и Ванжильский мезовал объединяются в единую замкнутую положительную структуру.

В северной части Райгинско-Ажарминской гряды расположены Корликский и Тыньярский валы. Обе структуры крайне слабо изучены сейсморазведкой, поэтому их контуры, вытянутые преимущественно в широтном направлении, проведены в значительной степени условно.

В северной части Ванжильского мезовала и в осевой части Тыньярского вала расположены блоки, которые на временных разрезах представлены хаотическим рисунком сейсмической записи, характерным для магматических пород. На Тыньярской площади наличие гранитоидного массива подтверждено данными

бурения.

В северном и восточном направлениях относительно Райгинско-Ажарминской гряды отмечается резкое погружение верхнепротерозойско-палеозойских комплексов. В большинстве случаев смещение поверхностей происходит по крупным разломам – сбросам, иногда за счет резкого увеличения градиента погружения поверхностей без видимого влияния разрывных нарушений.

К востоку от Райгинско-Ажарминской гряды получила развитие крупная депрессионная зона, в южной части которой расположена Предъенисейская синеклиза, в северной – Елогуй-Туруханская синеклиза. Последняя представлена на территории бассейна частично и крайне слабо изучена сейсмическими работами. Обе надпорядковые депрессии контролируются изогипсой -7800м, площадь Предъенисейской синеклизы составляет 69000 км², амплитуда – 6200 м.

В Предъенисейской синеклизе выделены Верхнесымская, Кетская и Кас-Сымская мегавпадины, Северо-Сымская мезовпадина и Сымский мегавал.

Сымский мегавал, приуроченный к одноименному блоку фундамента, как уже отмечалось выше, изучен слабо и в рельефе кровли фундамента вытянут в северо-северо-западном направлении. Он оконтурен изолинией, проведенной на отметке -7800 м, имеет площадь 9550 км² и амплитуду 4500 м. Структура осложнена Пурческим и Северо-Кетским мезоподнятиями. Обе осложняющие структуры также вытянуты в северо-северо-западном направлении и оконтурены на отметке -6400 м. Площади Пурческого и Северо-Кетского мезоподнятий составляют, соответственно, 2530 и 1700 км², амплитуды - 3100 и 1100 м.

В южной части Предъенисейского бассейна расположена серия полузамкнутых положительных структур III порядка, ограничивающих на юге Предъенисейскую синеклизу: Белоноговский, Ярский, Верхнекасский и Сочурский выступы (унаследованные структуры приподнятых зон Кетского мегаблока фундамента). Площади этих структур лежат в диапазоне 700-1100 км², амплитуды составляют 2100-2700 м. Исключением является связанный с наднадвиговой зоной Белоноговский выступ, амплитуда которого достигает 4000 м.

К востоку от депрессионной зоны Кас-Сымской мегавпадины происходит

региональное воздымание всех осадочных комплексов в восточном направлении – к Енисейскому кряжу (зона приподнятого Елогуй-Тыйского мегаблока фундамента). В этой зоне выделена Ангаро-Елогуйская моноклиза. На западе моноклиза контролируется изогипсой -3900 м, на востоке – тектонической зоной складчатых структур Енисейского кряжа, выходящих на дневную поверхность.

В пределах моноклизы развиты исключительно полужамкнутые положительные структуры I-III порядков. В северной части расположен Елогуйский мегавыступ, осложненный Северо-Дубчесским мезовыступом. Структуры контролируются, соответственно, изогипсами -7000 м и -6600 м, имеют площади 7500 и 4950 км², амплитуды составляют 3500 и 3100 м. К югу от этих поднятий находится аналогичная по строению полужамкнутая положительная структура - Дубчесский мегавыступ, осложненный Центрально-Дубчесским мезовыступом и Южно-Дубчесским выступом. Площадь структуры I порядка, оконтуренной на абсолютной глубине -7000 м, составляет 5800 км², амплитуда -3300 м.

В южной части Ангаро-Елогуйской моноклизы, к северу от Тыйской и Аверинской площадей находится оконтуренный на отметке -6200 м Анциферовский выступ, площадь которого составляет 1650 км², амплитуда – 3100 м.

Как уже отмечалось, основные структуры, выделенные по подошве верхне-неопротерозойско-палеозойского осадочного комплекса, аналогично трассируются и прослеживаются в его верхних слоях. Так, большая часть структур на нижнекембрийском уровне в восточной части бассейна, имеют северо-западную ориентировку, а в гравитационном поле, как отмечалось выше, проявляется слабо. Исключение составляет Иштыкская горст-антиклиналь, не выраженная в структурном плане докембрийского уровня. Она имеет субширотную ориентировку и четко проявлена в гравитационном поле высокоградиентной положительной аномалией интенсивностью в 11-12 мГал.

Такой аномальный эффект над соленосной структурой выглядит несколько необычным. Геолого-плотностная модель ее неоднократно оценивалась красноярскими специалистами Гравиметрической партии №3, при этом, в их интерпретации определяющая роль придавалась либо структурному фактору, либо лито-

логическому (повышенное содержание ангидритов). Разрез, вскрытый скважиной Лемок-1, указывает на подчиненное количество ангидритов, которое, очевидно, не достаточное для полной компенсации гравитационного дефицита от галитовых пластов.

Автором с коллегами в своих работах [Филиппов и др., 2009; Конторович и др., 2014] были проведены успешные попытки численного моделирования соляного тектогенеза в актуальных условиях Предъенисейского бассейна. Результаты показали, что полученный (и совпавший с реальной картиной) эффект соляного недоразвитого диапиризма был обусловлен большой ролью доломитовых прослоев в соленасыщенном разрезе нижнего кембрия, что и подтверждается данными бурения скважин Лемок-1, Аверинская-150, Тыйская-1 и Восток-4.

Кроме того, вероятно, гравитационный эффект может быть частично вызван слегка приподнятой зоной плотных метаморфизованных пород фундамента, что, в частности, фиксируется на ряде сейсмических разрезов. Такая ситуация довольно типична для зон соляного диапиризма и, в частности, характерна для соляных структур Приенисейской синеклизы СП, например, Троицко-Михайловского вала.

Параметры всех структур, выделенных на территории Предъенисейского бассейна, приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Параметры структур (по подошве верхнепротерозойско-палеозойских отложений) Предъенисейского осадочного бассейна

№	Название	Параметры по ОГ «F»		
		S, км ²	A, м	L
1	2	3	4	5
0 порядка				
Положительные				
I	Райгинско-Ажарминская гряда	27020	3900	-7800
Отрицательные				
II	Елогуй-Туруханская синеклиза	16939	6100	-7800
III	Предъенисейская синеклиза	69391	6200	-7800
Промежуточные				
IV	Елогуй-Тыйская моноклиза	26720	3900	-7800
I порядка				
Положительные				
1	Райгинский мегавал	9159	2500	-6000

1	2	3	4	5
2	Сымский мегавал	9537	4500	-7800
3	Елогуйский мегавыступ	7524	3500	-7000
4	Дубчесский мегавыступ	5798	3300	-7000
Отрицательные				
5	Лекосская мегавпадина	10087	4100	-9800
6	Верхнесымская мегавпадина	6865	3300	-8000
7	Кетская мегавпадина	5878	2500	-9000
8	Кас-Сымская мегавпадина	21048	3100	-9000
II порядка				
Положительные				
1	Ванжильский мезовал	3406	2700	-6000
2	Лымбельское мезоподняtie	3577	1500	-5600
3	Северо-Няргинское мезоподняtie	3471	2300	-5600
4	Пурческое мезоподняtie	2530	3100	-6400
5	Северо-Кетское мезоподняtie	1687	1100	-6400
6	Северо-Дубчесский мезовыступ	4929	3100	-6600
7	Центральнодубчесский мезовыступ	3383	2700	-6600
Отрицательные				
8	Северо-Лымбельская мезовпадина	3616	3700	-7800
9	Алсымская мезовпадина	3731	2500	-8800
10	Кетская мезовпадина	4092	1900	-9400
11	Северо-Сымская мезовпадина	3226	1700	-8800
12	Касская мезовпадина	8071	2100	-10000
III порядка				
Положительные				
1	Корликский вал	1226	1700	-7200
2	Тыньярский вал	1519	3000	-7000
3	Северо-Ванжильский вал	879	2100	-5400
4	Пограничный вал	635	700	-5000
5	Корбыльский вал	2138	1050	-5000
7	Вездеходное (Усть-Пойгинское) кп	403	2050	-5200
8	Белоноговский выступ	978	4200	-8800
9	Ярский выступ	714	2700	-8800
10	Верхнекасский выступ	597	2700	-8800
11	Сочурский выступ	1142	2100	-9800
12	Западно-Дубчесское кп	917	750	-6800
13	Нижнедубчесское кп	635	500	-6200
14	Южно-Дубчесский выступ	963	2700	-6600
15	Анциферовский выступ	1633	3100	-6200
Отрицательные				
16	Северо-Сымская впадина	2250	1350	-9200
17	Сымская впадина	909	700	-9800
18	Центральнокасская впадина	3927	1500	-10600
19	Большекасская впадина	1002	850	-10000
20	Северо-Тыйская впадина	890	1950	-9600

5.3. Дизъюнктивная тектоника

Высокоамплитудные дизъюнктивные дислокации в доюрском осадочном

чехле на большей части территории бассейна развиты относительно слабо. Исключение составляют краевые зоны, прилегающие к складчатым областям (Томь-Колыванская на западе, Алтае-Саянская на юге, Енисейский кряж на востоке), а также в районе Вездеходного поднятия, где их роль заметно выше. Основная масса выделяемых здесь разломов носит взбросовый характер с относительно небольшой амплитудой и глубинного заложения, причем с глубиной линии разломов выполаживаются, приобретая более надвиговый характер, а в кровле нижнепалеозойского комплекса наоборот, становятся практически субвертикальными. На остальной территории подобные разломы устанавливаются лишь в присводовых частях валлообразных структур, охватывая в основном нижние (верхнекембрийские) фрагменты толщ, где они по сути становятся структурообразующими. Вверх по разрезу их интенсивность убывает. Косвенные геофизические данные указывают на то, что эти нарушения проникают на значительные глубины, вплоть до базитовой коры, прорывая комплекс основания архея и протерозоя. Их ориентировка, как правило, совпадает с ориентировкой основных валлообразных структур и имеет северо-западное простирание с осложнениями меридионального направления (Рисунок 5.1).

На западе бассейна, за пределами зоны развития кембрийских солеродных формаций, толщины сейсмокомплексов, входящих в состав верхнепротерозойско-кембрийских отложений изменяются несущественно и сложены преимущественно карбонатными породами. Это свидетельствует о том, что во время их формирования преобладал относительно спокойный тектонический режим. В то же время, анализ современного состояния всей осадочной толщи пород в этом районе указывает на наличие крупных положительных и отрицательных структур, а также редких высокоамплитудных разломов, вертикальное смещение геологических поверхностей по которым достигает 2-3 км.

На востоке Предъенисейского бассейна мощность кембрия существенно увеличивается, регионально уменьшаясь в западном направлении. Связано это не с тектоническими процессами, а со сменой обстановок осадконакопления – с замещением карбонатных и эвапоритовых отложений сначала рифогенными фор-

мациями, ограничивающими солеродный бассейн, а затем и более глубоководными отложениями. Анализ временных сейсмических разрезов на территории бассейна позволяет утверждать, что в этой части практически отсутствуют значимые разрывные нарушения, затухающие внутри верхнепротерозойско-кембрийской толщи пород. На разрезах хорошо видно все выделенные здесь разломы вне зависимости от мощности и возрастного диапазона осадочных комплексов секут всю доюрскую толщу отложений, проникая до подошвы мезозоя (редко выше).

Как было отмечено, в этом регионе получили развитие четыре основные надпорядковые структуры. На западе расположена положительная структура - Райгинско-Ажарминская гряда, в центральной части крупная депрессия - Предъенисейская синеклиза, на востоке - промежуточная структура - Елогуй-Тыйская моноклиза и на севере - южные фрагменты слабо изученной сейсмическими работами Елогуй-Туруханской синеклизы.

Райгинско-Ажарминская гряда. Анализ геолого-геофизических материалов показал, что большая часть разломов, секущих толщу верхнепротерозойско-кембрийских субплатформенных отложений, выделяется в западной части Предъенисейского осадочного бассейна, где они осложняют Райгинско-Ажарминскую гряду и входящие в ее состав более мелкие структуры. Контрастными сбросами с амплитудой более 2 км с запада и востока ограничен Вездеходный выступ, расположенный в южной части Райгинско-Ажарминской гряды. Находящиеся в южной и северной частях Райгинского мегавала Северо-Няргинское и Лымбельское мезоподнятия и также осложнены разломами, секущими всю осадочную толщу пород, но имеющими относительно небольшую амплитуду смещений.

Сбросы с амплитудами более 2-3 км контролируют расположенный к северо-востоку от Райгинского мегавала Ванжильский мезовал, в составе которого выделено две положительные структуры III порядка - Ванжильский и Пограничный валы. Эти вытянутые в северном направлении структуры также осложнены разломами со значительными амплитудами смещений. В частности, высокоам-

плитудный сброс отделяет Пограничный вал от расположенной к югу депрессионной зоны, другой аналогичный разлом разделяет Ванжильский мезовал и Верхнетымскую мегавпадину.

В центральной части Райгинско-Ажарминской гряды в северной части Райгинского мегавала и в зоне его сочленения с Ванжильским мезовалом верхнепротерозойско-палеозойский комплекс пород разбит серией разломов относительно небольшой амплитуды, которые формируют «клавишную» структуру верхнепротерозойско-кембрийских поверхностей.

Разрывными нарушениями также осложнены расположенные на севере Райгинско-Ажарминской гряды Корликский и Тыньярский валы.

Предъенисейская синеклиза. Западная граница Сымской синеклизы практически совпадает с серией относительно крупных разломов, ограничивающих Райгинско-Ажарминскую гряду на востоке. В то же время, внутри этой депрессионной зоны разрывные нарушения, осложняющие структуры, получили крайне ограниченное распространение. Предположительно, высокоамплитудными разломами нарушено только Пурчесское мезоподнятия, осложняющее северную часть Сымского мегавала, и находящиеся в южных приграничных районах Предъенисейского бассейна Белоноговский, Ярский, Верхнекасский и Сочурский выступы. На остальной территории синеклизы значимые разломы отсутствуют. Так, анализ геологического строения этой территории по региональному профилю «Восток-16», проходящему вдоль оси бассейна параллельно Енисейскому кряжу, позволяет отметить ограниченное распространение разломов в пределах прогнутой части бассейна. Выделяемые на временном разрезе небольшие по размеру контрастные положительные структуры связаны, главным образом, с соляной тектоникой.

Елогуй-Тыйская моноклиза. Основная масса сейсмических профилей, расположенных на востоке территории бассейна, ориентирована ортогонально Енисейскому кряжу, т.е. пересекает Предъенисейский осадочный бассейн в широтном направлении. На этих профилях разрывные нарушения, секущие всю осадочную толщу пород, выделяются преимущественно только у западных границ Ени-

сейского кряжа и конформны ей, затухая к осевой части бассейна.

Выводы. Высокоамплитудные разрывные нарушения, секущие всю докембрийскую и палеозойскую толщу пород, получили развитие, главным образом, по окраинам современных границ осадочного бассейна – на западе в пределах Райгинско-Ажарминской гряды, граничащей на западе с Томь-Колыванской складчатой системой, на юге в пределах Кетского мегаблока и на востоке у западных границ Енисейского кряжа. В центральной части бассейна значащие разрывные нарушения получили крайне ограниченное распространение.

В пределах Райгинско-Ажарминской зоны положительные структуры имеют исключительно тектоническую природу – все современные поднятия сформированы над приподнятыми блоками фундамента, контролируемые постседиментационными разломами. Их формирование происходило в период с конца ордовика до триаса включительно, но наиболее активно в позднегерцинское время.

В пределах Елогуй-Тыйского мегаблока все краевые разломы конформны границам Енисейского тектонического пояса (в частности, Енисейского кряжа) и различны по своему генезису. Часть из них, развитых глубоко в фундаменте и ограничивающих более мелкие его блоки, связана с наиболее древней (довендской) историей бассейна и коллизией микроконтинента со структурами кряжа. Другая часть разломов, секущая всю осадочную толщу, связана с более поздними этапами тектонической активизации (каледонской, герцинской и альпийской). Примером служат разломы, выделяющиеся на сейсмических профилях, примыкающих к территории Енисейского кряжа, и в частности, в районе Елогуйской площади, где получили развитие разрывные нарушения, характеризующиеся большими амплитудами смещений геологических тел.

На южном фланге бассейна, в пределах Кетского мегаблока, роль высокоамплитудных разломов так же высока и связана с тектоническим воздействием прилегающей Алтае-Саянской области.

В пределах Кас-Сымской мегавпадины большинство приподнятых структур сформировано системой соляных валов, и эти объекты связаны с эпохами тектонических движений лишь опосредованно и лишены существенных элементов

разломной тектоники.

Все это позволяет сделать закономерный вывод о том, что по мере удаленности от границ прилегающих складчатых систем влияние тектонических процессов уменьшалось, что предопределило затухание разрывных нарушений и уменьшение амплитуд положительных складок.

5.4 Геодинамическая модель формирования современной структуры

Недостаточная изученность домезозойских комплексов в юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы, обусловленная значительной погруженностью их под мощным чехлом, а также сложность тектонической позиции территории (зона сочленения разновозрастных складчатых сооружений и окраинных частей платформы) исторически предопределили широкий спектр возможных сценариев тектонического развития региона (обзор приведен в Главе 1). Полученные в последние годы новые геолого-геофизические данные, позволяют предложить модель, которая в той или иной степени учитывает и объясняет имеющиеся на сегодня факты.

О наиболее древней (до позднего неопротерозоя) геологической истории Предъенисейского бассейна и, соответственно, палеогеодинамических реконструкциях на тот период говорить пока сложно. Это обусловлено практической неизученностью складчатых комплексов его фундамента, а также в значительной степени затушеванностью реконструируемых тектонических условий более поздними процессами деформаций, метаморфизма, эрозии и орогенеза в прилегающих складчатых зонах. Пожалуй, единственными информационными источниками в этих целях может служить проведенный комплексный анализ близлежащих мезо- и неопротерозойских коллизионных структур на Енисейском кряже [Волобуев, 1993; Хабаров, 1994, 2011; Верниковский, 1996; Верниковский и др., 1994, 2009, 2016; Сурков и др., 1996; Качевский и др., 1998; Хераскова, 1999; Хераскова и др., 2010; Vernikovsky et al, 2003; Верниковский, Верниковская, 2006; Старосельцев и др., 2003; Метелкин и др., 2005, 2007, 2012; Хоментовский, 2007; Ножкин и др., 2007, 2008, 2011, 2013, 2015; Ножкин, 2009; Лиханов и др., 2007, 2011,

2014; Kuzmichev, Sklyarov, 2016; Кузьмичев и др., 2017 и др.]. Эти структуры являются ключевыми для воссоздания тектонических событий в западной зоне обрамления Сибирского кратона и понимания тектонической природы сформированного на его фланге осадочного бассейна. При этом надо иметь в виду, что полученные данные, их анализ и интерпретация у разных специалистов во многом разнятся, а вопрос палеогеодинамических реконструкций и палинспастических моделей коллизионных структур в «енисейском» обрамлении Сибирского кратона до сих пор остается спорным.

Так, полученные в последнее время геологические, структурно-тектонические и палеомагнитные материалы по гранитоидам Ерудинского массива (тейский комплекс) [Верниковский и др., 2016] по мнению авторов свидетельствуют о значительном удалении (и, соответственно, о структурно-тектонической разобщенности) выделяемого ими Центрально-Ангарского террейна от Восточно-Ангарского блока Енисейского кряжа до криогения. Это, в свою очередь, противоречит выводам другой группы исследователей ИГМ СО РАН [Ножкин и др., 2008, 2015; Лиханов и др., 2014 и др.], считающих несомненным факт существования гренвильской орогении непосредственно в этих районах Енисейского кряжа, а, следовательно, и генетической близости структур Центрально-Ангарского и Восточно-Ангарского его фрагментов.

На тесную связь мезо- и неопротерозойских геологических комплексов в центральных и восточных районах кряжа ранее указывали и другие исследователи [Семихатов, 1962; Шенфиль, 1991; Хабаров, 1994; Забияка, 2001; Хабаров, Вараксина, 2011 и др.].

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, можно предположить заложение в позднем мезопротерозое океанического бассейна западнее (в современных координатах) Енисейского кряжа. Происхождение этого бассейна, по-видимому, связано с происходившими в это время крупными геологическими событиями планетарного

масштаба - эволюцией суперконтинента Родинии. В начале неопротерозоя в результате процессов разрыва континентальной коры суперконтинента и отделения ее фрагментов в промежуточной зоне между Сибирским палеоконтинентом и Лаврентией формировались типичные океаническая кора и системы островных дуг, а также террейнов (микроконтинентов).

В это же время пассивные окраины разделенных океаническим пространством континентальных блоков, где формировались мощные клинья глубоководных и мелководных карбонатно-терригенно-вулканогенных осадков турбидитового типа (сухопитская серия и ее аналоги) [Хабаров, 1994; 2011; Сурков и др., 1996 и др.] начинают трансформироваться в активные.

Не вдаваясь в детали многолетней дискуссии, оснований и достоверности выводов всех сторон по поводу допозднеопротерозойских палеогеодинамических реконструкций, примем относительное положение (в большой степени схематичное) Касско-Туруханского микроконтинента и сопряженных с ним структур в раннем криогении такое, как показано на рисунке 5.3А.

В дальнейшем, в предэдиакарское время происходит коллизия Касско-Туруханского микроконтинента и обновленной складчатой окраины Сибирского кратона. Трактовка фундамента Предьенисейского бассейна в качестве такого микроконтинента подтверждается геолого-геофизическими данными и, в частности, данными двумерной сейсмотомографии [Сурков и др., 1996].

Не противоречат этому и результаты исследований специалистами ИГГ УрО РАН [Иванов и др., 2012] вулcano-плутонического комплекса, вскрытого скважинами на Тыньярской площади (восток ХМАО). Они показали, что часть цирконов, выделенных из гранитоидов раннепермского возраста имеет древний возраст - 2050 млн. лет, что свидетельствует о наличии палеопротерозойского сиалического фундамента. По мнению авторов, он представляет собой «край Сибирской платформы, утоненный при позднепротерозойско-раннепалеозойском рифтогенезе и растяжении» [Иванов и др., 2012].

После обдукции Касско-Туруханского микроконтинента в предэдиакарское время (670-630 млн. лет) океанические и островодужные комплексы были надви-

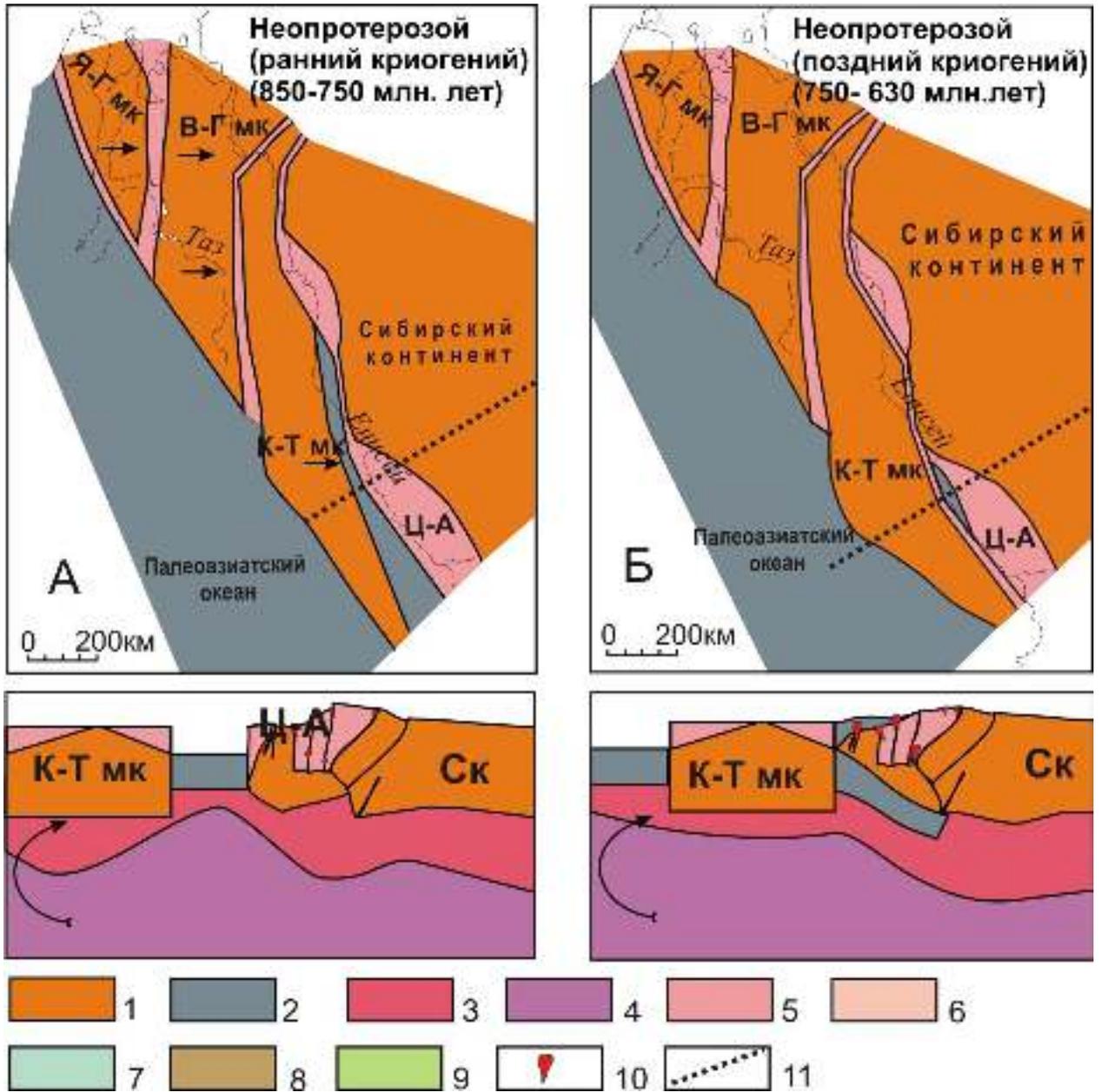


Рисунок 5.3 - Схема геодинамического развития Предъенисейского осадочного бассейна (начало). Сверху - в плане, снизу - в разрезе.

Условные обозначения: 1 - кратоны (Ск - Сибирский) и микроконтиненты (Я-Гмк - ямало-гыданский, В-Гмк - восточно-гыданский, К-Тмк - касско-туруханский, Ц-А - центрально-ангарский блок); 2 - океаническая кора; 3 - литосферная мантия; 4 - астеносферная мантия; осадочные комплексы: 5 - мезопротерозоя, 6 - верхнепротерозойские, 7 - кембрийские, 8 - палеозойские; 9 - мезозойские; 10 - синколлизийные и постколлизийные интрузии; 11 - линии приведенных разрезов.

нуты на западную окраину континента (Исаковский и Предивинский террейны на западе Енисейского кряжа [Верниковский и др., 1994, 2009; Vernikovskiy et al., 2003; Kuzmichev, Sklyarov, 2016; Филиппов, 2016а, 2017 и др.]), дислоцированы и

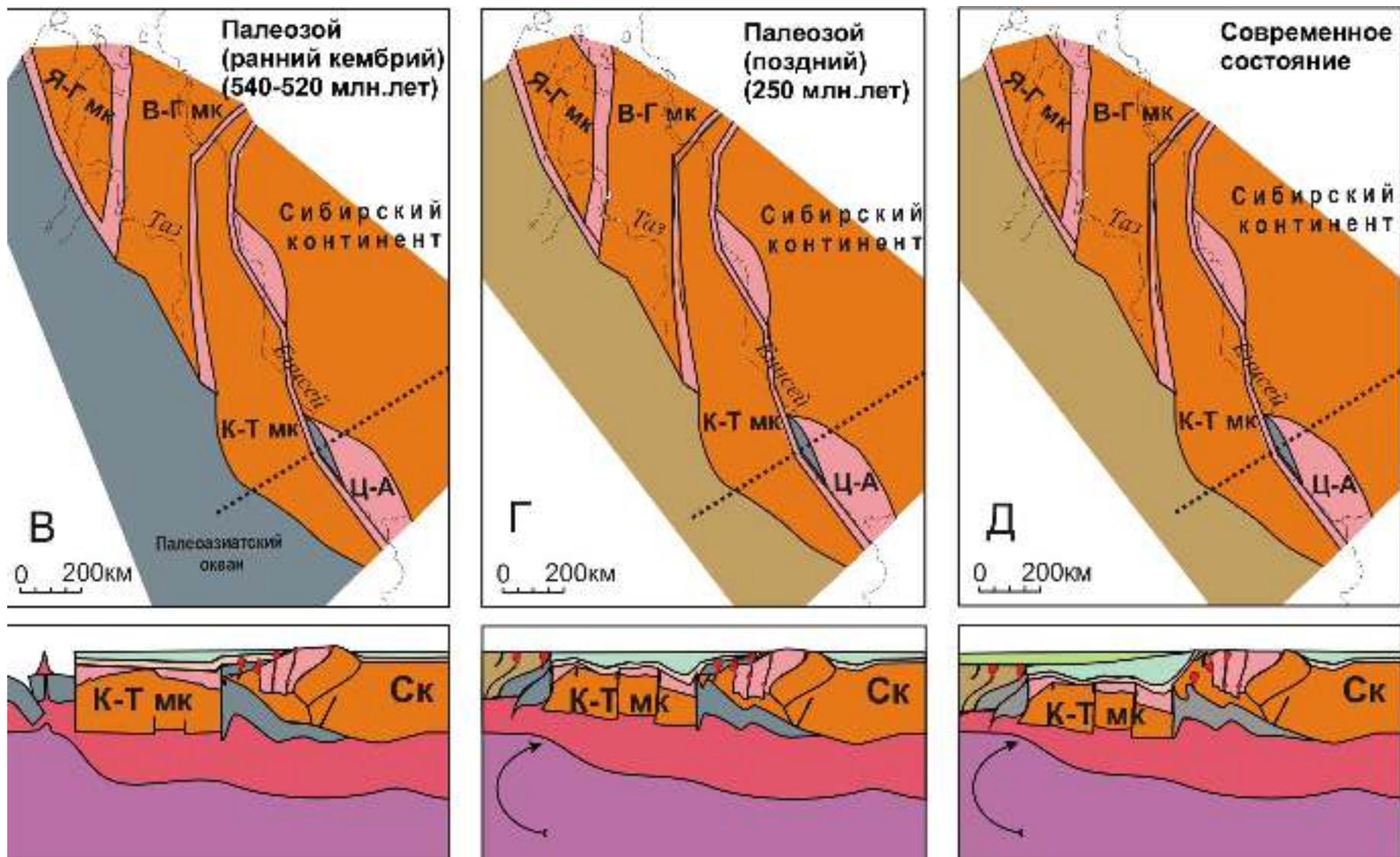


Рисунок 5.3 - Схема геодинамического развития Предъенисейского осадочного бассейна (окончание).

метаморфизованы (Рисунок 5.3Б). Крайние неопротерозойские комплексы СП и прилегающего микроконтинента сближены в пространстве, а на месте закрывшегося крайнего моря сформировалась субвертикальная сутурная зона, которая фиксируется по геофизическим данным.

Присутствие пластин пород океанического генезиса и чешуйчатая структура офиолитов, зафиксированная в обнажениях по р. В.Сурниха, позволило интерпретировать Исаковский террейн в качестве аккреционной призмы, формирование которой сопровождалось отслаиванием чешуй океанической коры и выведения их на поверхность [Кузьмичев и др., 2017]. Как отмечают сами авторы, такой вариант интерпретации пока спорен.

С этого возрастного рубежа (примерно с позднего неопротерозоя) западная граница Сибирского кратона уже совпадает с западной границей причленившегося к нему Касско-Туруханского микроконтинента, ограничиваясь на западе Палеоазиатским океаном, а на его окраине формируется терригенно-карбонатный (местами эвапоритовый) плитный комплекс (Предъенисейский осадочный бассейн), который частично перекрывает складчатые комплексы Енисейского кряжа и (севернее) Туруханского выступа (Рисунок 5.3В).

Выявленное сходство литофаций и вертикальной последовательности венд-кембрийских чехольных образований Предъенисейского бассейна с одновозрастными отложениями на юго-западе СП не ограничивается только данными бурения. Сравнительный анализ волновой картины, характерной для вендских и кембрийских комплексов на сейсмических разрезах центральной части бассейна и юго-западных районов СП также показывает, что они имеют идентичное строение. Более того, в ряде случаев это сходство распространяется на весь вертикальный разрез от венда до кембрия включительно, вплоть до совпадения отдельных отражающих горизонтов (Рисунок 5.4). 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 идентичной трансгрессивно-регрессивной цикличности.

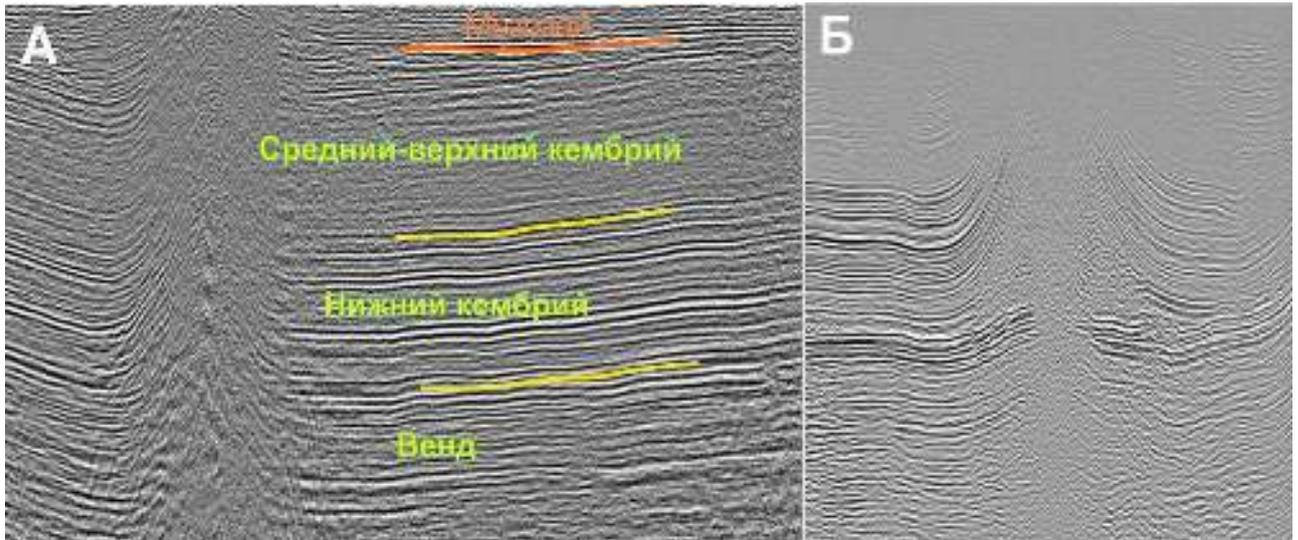


Рисунок 5.4 – Характерная волновая картина для вендских и кембрийских комплексов на сейсмических разрезах: а) ЗСП (Предъенисейский бассейн, центральная часть); б) СП (Приенисейская синеклиза, Троицко-Михайловский вал).

В свою очередь, этот факт ставит под сомнение выводы Ю.К. Советова о том, что кембрийские карбонатные комплексы Предъенийского бассейна не имели непосредственной связи с СП, а являлись чехольными образованиями террейна, причленившегося к СП «вероятно, в среднем-позднем палеозое» [Советов, 2008]. Такое неочевидное решение Ю.К. Советова, видимо, продиктовано его более ранними выводами об ограничении поздневендских (и частично в качестве унаследованных от них – кембрийских) бассейнов на юго-западной периферии СП орогенами и существовании мощных источников сноса с внешней юго-западной стороны СП [Советов, Благовидов, 2004 и др.].

Полученные геолого-геофизические материалы, наоборот, говорят о наличии в венде и раннем палеозое к западу от Енисейского кряжа морского бассейна, на определенных этапах своей истории развивавшегося в тесной связи с юго-западной периферией СП.

В это же время в кембрийское время, к западу от консолидировавшегося с Сибирским кратоном Касско-Туруханского микроконтинента преобладали глубоководные океанические обстановки осадконакопления, соответствующие активным частям задугового бассейна. Фрагменты подобных образований вскрыты

бурением на Вездеходной площади, а также, по-видимому, на Чачанской, Ярской, Карбинской, Няргинской, Западной, Корбыльской площадях – юго-западному обрамлению бассейна. Еще южнее подобные венд-кембрийские и ордовикские комплексы распространены в пределах Кузнецко-Алатауской вулканической зоны [Волков, 1986 и др.], которая является одной из ветвей глобальной Центрально-Азиатской вулканической области. На рисунке 5.5 показана эта зона (серым цветом) и скважины, вскрывшие соответствующие вулканогенные толщи.

Об этом косвенно свидетельствуют и предварительные результаты исследований специалистов ИГМ СО РАН В.А. Симонова и С.И. Ступакова (доклад на научной конференции в г. Тюмени в 2012 г.), а именно датировка (граница кембрия и ордовика) и геохимический анализ вулканитов скв. Чкаловская-7, расположенной в 200 км западнее. По данным авторов состав андезитобазальтов (шошонитов) Чкаловской площади свидетельствует об их формировании в тыловой части палеоостровной дуги. Эти исследования еще продолжаются.

Вероятнее всего, в раннем кембрии на территории, окаймляющей с запада окраины Сибирского кратона (включая Предъенисейский бассейн на севере и Енисейский шельф [Волков, 1986], как его вероятное продолжение, на юге) была развита единая система вулканических дуг и задуговых бассейнов с формированием в их активной части глубоководных вулканогенно-терригенных осадочных комплексов и развитием мощного, контрастного по составу вулканизма. Следы периодического и разнообразного по составу вулканизма прослеживаются и в более северных частях – районе скважин Восток-1, 3 и 4, где в карбонатных толщах на разных стратиграфических уровнях кембрия встречаются продукты эолового разноса вулканического пепла [Сараев, Филиппов, 2015, 2016].

В позднекаледонское время тектоническая активность прилегающих с запада и юга Томь-Колыванской и Алтае-Саянской складчатых зон сказалась на некоторой структурной перестройке плитного комплекса бассейна и, в частности, привела к деформациям подсолевых осадочных толщ (Рисунок 5.3Г). Это, в свою очередь, повлекло проявление соляного тектогенеза в нижнекембрийской части разреза, выразившееся в образовании узких вытянутых валообразных поднятий

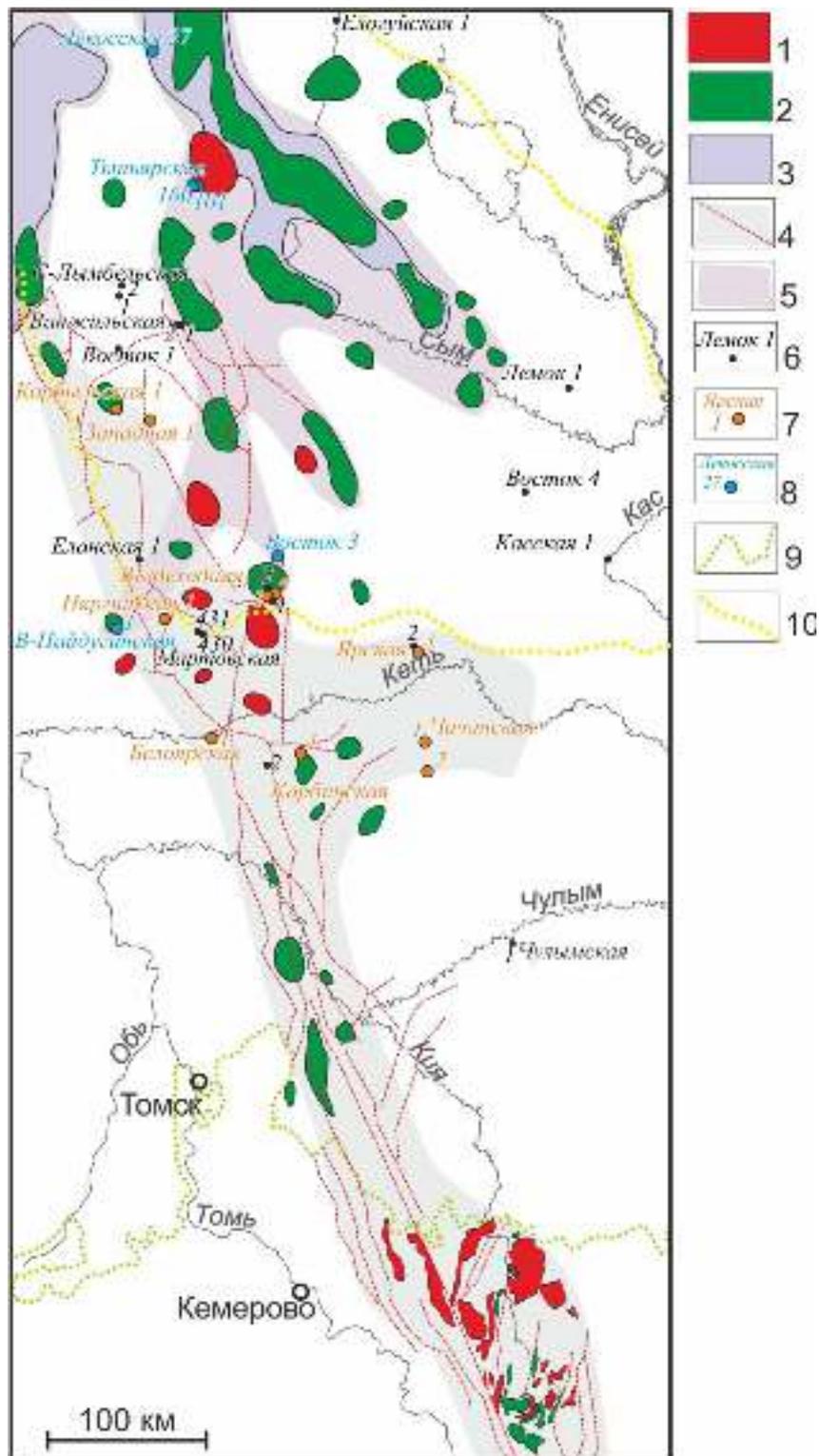


Рисунок 5.5 – Схема вулканических зон на фланге Предьенисейского бассейна и района Белоярской зоны разломов.

Условные обозначения: 1-3 – вулканогенные образования, выделенные по геофизическим данным: 1 - интрузии кислого состава; 2 - интрузии основного состава; 3 - эффузивы основного состава; 4 – раннепалеозойская вулканогенная зона, совмещенная с региональной Белоярской разломной зоной; 5 – пермо-триасовая вулканогенная зона (южное продолжение Худосейского «грабен-рифта»); скважины, вскрывшие: 6 – терригенно-карбонатные осадочные толщи; 7 – раннепалеозойские вулканиты; 8 – пермо-триасовые вулканиты; 9 – южная граница мезозойского чехла ЗСП; 10 - границы Предьенисейского осадочного бассейна.

северо-западной ориентировки, хорошо фиксируемых на сейсмических разрезах. О роли и типах соляного диапиризма в осадочной структуре бассейна необходимо сказать отдельно.

Дело в том, что в ряде публикаций [Старосельцев, Смирнов, 1998, Старосельцев и др., 2003, Смирнов, Старосельцев, 2016] в целях установления тектонической природы осадочных комплексов для различных зон делается попытка количественной оценки ее тектонической активности и мобильности на основании подсчета так называемого «индекса дислоцированности» толщ, зависящего от количества и геометрии картируемых на разрезах складчатых дислокаций. В целом, безусловно полезный подход, к сожалению, не всегда учитывает вид и генезис дислокаций, что в некоторых случаях может приводить к неверным оценкам и выводам. Так, в вышеприведенных работах показывается, что установленный индекс для субширотного разреза Предъенисейского бассейна на порядки выше аналогичного для спокойной платформенной области СП ($4-11 \text{ см}^{-1}$ против $0,1-0,2 \text{ см}^{-1}$). При этом недостаточно внимания обращается на тот факт, что в огромной степени дислоцированность осадочных комплексов осевой зоны бассейна, обусловившая высокие показатели индекса, вызвана именно проявлением соляного диапиризма, не являющегося в силу своих особенностей прямым показателем мобильности тектонической зоны, и характером дислокаций для классических складчатых областей.

В качестве примера можно привести одновозрастные синхронные соленосные отложения нижнего кембрия Присаяно-Енисейской синеклизы СП, где по ее периферии проявлен аналогичный соляной диапиризм (Рисунок 5.6). Пусть и локально (как правило, в краевых зонах), но они могут существенно исказить картину приведенных показателей индекса для классических платформенных отложений.

Ранее [Филиппов, 2001] автором уже проводился сравнительный анализ проявления соляного тектогенеза на СП и окраинном Предъенисейском бассейне. Кратко он сводится к следующему.

Развитие вытянутых в плане, валообразных соляных структур, аналогичных

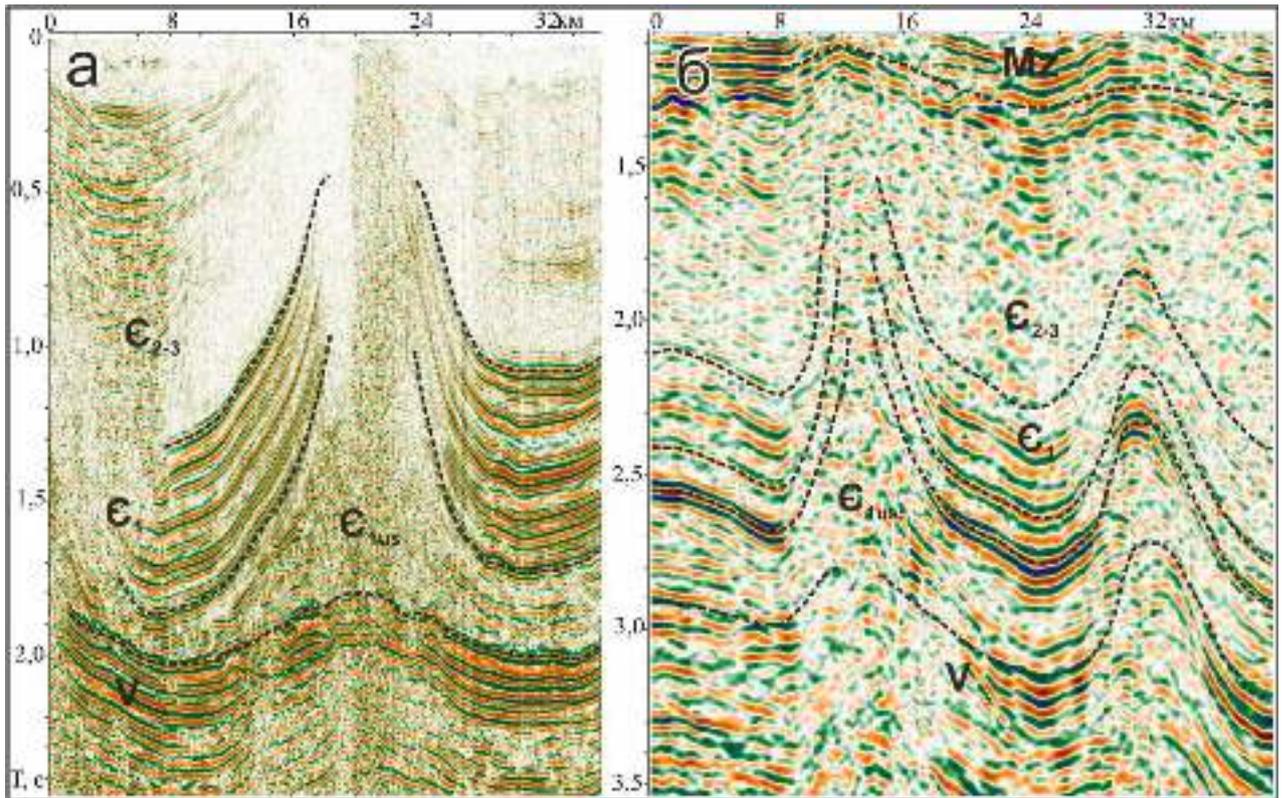


Рисунок 5.6 - Типичные соляные структуры на временных сейсмических разрезах: а) юго-запада Сибирской платформы, Приенисейская синеклиза, Троицко-Михайловский вал и б) юго-восток Западно-Сибирской геосинеклизы, Предъенисейский бассейн.

таким в Предъенисейском бассейне, неоднократно описывалось в юго-западных районах СП, где они приурочены к тем-же стратиграфическим горизонтам (Марково-Ичерская, Киренгская, Непская зоны Непско-Ботуобинской антеклизы, Литвинцевский и Жигаловский валы, Ахинская антиклиналь Илим-Орленгской зоны, Троицко-Михайловский вал на западном крыле Присяно-Енисейской синеклизы, центральные районы Вельминской впадины и др.) [Конищев, 1982; Соляная тектоника..., 1973; Жарков, 1974; Жарков, Кавицкий, 1974 и др.]. Отличительной особенностью этих структур является резкое увеличение (раздув) мощности соляных пластов усольской свиты и воздымание надсолевых отложений с некоторым сокращением их мощности на крутопадающих бортах валов. Авторами этих работ отмечается, что пластические деформации в пределах юга СП проявились почти повсеместно, хотя и не равномерно в количественном отношении. Эти процессы соляной тектоники вызвали весьма значительные

перестройки тектонического плана соленосных и, следовательно, вышележащих горизонтов и обусловили появление протяженных линейных антиклинальных структур (Жигаловский и Литвинцевский валы Ангаро-Ленской ступени, Троицко-Михайловский вал Присяяно-Енисейской синеклизы и др.).

Анализ образования соляных валов на юго-западе СП, в первом приближении, указывает на два основных механизма формирования подобных структур. Во-первых, установлена связь ряда соляных поднятий с малоамплитудными разломами, уступами и поднятиями подсолевого ложа. По-видимому, в приразломных зонах создавались участки пониженных тектонических напряжений, что могло предопределить первичный отток в них соли и заложение поднятий. Поскольку в южной части Непско-Ботуобинской антеклизы была обнаружена генетическая связь линейных ассиметричных соляных структур и широко развитых в них взбросов и надвигов, была выдвинута вторая гипотеза, связывающая формирование линейных соляных структур с тангенциальными напряжениями, вызванными либо гравитационным скольжением вниз по региональному склону, либо давлением со стороны складчатого обрамления платформы.

Выявленные закономерности распределения всех типов подобных структур в связи с их генезисом показывают, что, скорее всего, в природе проявляются оба эти механизма в той степени, в которой роль одного из факторов преобладает. Там, где тангенциальные напряжения в силу отдаленности или изолированности соленасыщенных горизонтов от орогенических поясов проявлены слабо, соляные структуры могли формироваться вследствие перераспределения тектонического напряжения при субвертикальных межблоковых подвижках подсолевого комплекса. В противном случае мы будем иметь дело со значительной ролью тангенциальных напряжений и связанных с ними взбросо-надвиговыми дислокациями. Большинство же структур, наверняка, полиморфны и гетерогенны.

Кроме того, существуют различия во вкладе (степени участия) в структурообразование внешних тектонических факторов и собственно соляной тектоники,

что находится в зависимости от начальных геологических условий (мощности соляного пласта, надсолевых комплексах и др.). И, наконец, следует различать степень зрелости проявления соляного тектогенеза, диапазон которого может варьироваться весьма широко - от слегка приподнятых соляных «подушек» до прорывающих надсолевые отложения диапиров.

На территории Предъенисейской части по сейсмическим данным выделяются (и подтверждены бурением) соляные структуры различной генерации и степени проявления. Особенности морфологии большинства валообразных вытянутых вдоль борта Енисейского кряжа в северо-западном направлении структур, такие как симметричность профиля, отсутствие надвиговой составляющей у сопутствующих подсолевых разломов, свидетельствуют в пользу умеренности тангенциальных односторонних напряжений в структурообразовании подобных тел. С другой стороны, ярко выраженная линейность, конформная границам находящейся с юго-запада Алтае-Саянской складчатой зоны и Енисейского кряжа на востоке, контрастная дисгармоничность складок в разрезе - явные аргументы в пользу структуроконтролирующей роли внешних, в том числе и тангенциальных воздействий. По-видимому, современный облик структуры осадочного чехла в этом регионе явился результатом полигенетического формирования, обусловленного взаимодействием внешних тектонических факторов и проявления собственно соляного тектогенеза под воздействием вертикальных напряжений и гравитационного всплывания.

Вероятно, первоначально внешние тектонические напряжения реализовались в формировании сети межблоковых субвертикальных подвижек и сопутствующих малоамплитудных разломов в подсолевых комплексах. В зоны ослабленного напряжения под воздействием вышележащих толщ осуществлялось перетекание соляных масс и формирование диапировых зародышей. Вновь катализированное тангенциальными силами образование валов проходило под контролем, как вертикальных напряжений, так и двустороннего сжатия (роль тектонического упора

могли играть относительно приподнятые древние структуры Енисейского кряжа). Аналогом подобных структур можно считать систему связанных с соляной тектоникой прибортовых структур в Присаяно-Енисейской синеклизе Сибирской платформы, находящейся в 150 км к востоку (по другую сторону Енисейского кряжа) (Рисунок 5.6). Единственным отличием их от «предьенисейских» является меньшая амплитуда поднятий подсолевых отложений (80-300 м против 500-1000 м), что, вероятно, связано с большей удаленностью от подвижных складчатых поясов и меньшей степенью деструкции подсолевого комплекса.

Контрастным, по сравнению с рассмотренными структурами, выглядит на разрезе и в плане другая, тоже, несомненно, соляная структура - Иштыкская антиклиналь, выделенная недалеко от устья р. Сым, где пробурена скв. Лемок-1. Основными ее отличиями являются поперечное к основной массе валов субширотное положение в плане, неизменный, в отличие от других, градиент мощностей надсолевых комплексов, более пологая форма апикальной части поднятия, отсутствие юрского чехла над ним, а также характерная брахиформность в плане, в отличие от вытянутых линейных зон проявления соляной тектоники. По своим морфологическим признакам она близка к так называемому «ахинскому» типу соляных структур, тектонотипом которой является Ахинская антиклиналь Качугской зоны Ангаро-Ленской ступени на юге СП. По-видимому, ее образование связано с более поздним переориентированным напряжением тангенциальных сил, реализовавшихся в образовании субширотного межблокового нарушения, повлекшее концентрацию соли в ослабленных зонах и последующего гравитационного поднятия соляных масс без нарушения целостности перекрывающих осадков. Образовавшаяся положительная структура коробчатой формы была выведена выше базиса эрозии уже в юрское время, что и привело к современной ситуации, когда меловые отложения чехла перекрывают эродированную поверхность среднего-верхнего кембрия.

Сотрудниками ИНГГ СО РАН В.А. Конторовичем, В.В. Лапковским,

Б.В. Луневым и автором была предпринята попытка проведения численного моделирования формирования структур соляной тектоники в Предъенисейском бассейне с целью оценки возможности их формирования за счет действия архимедовых сил и объяснения причин специфики их проявления [Филиппов и др., 2009; Конторович и др., 2014]. Была проведена серия численных экспериментов по моделированию ползущих течений, вызываемых плотностной неустойчивостью соленосной толщи. Решалась задача подбора вариантов эволюции разреза, которые воспроизводили бы наблюдаемые структуры с их характерными чертами. Не вдаваясь в технические подробности процесса моделирования, которые освещены в вышеприведенных статьях, можно сформулировать следующие выводы.

Было показано, что наблюдаемые структуры могли быть сформированы развитием плотностной неустойчивости нижнекембрийских соленосных отложений. Движущими силами формирования исследуемых валов являются архимедовы силы, связанные с плотностной неустойчивостью пачек с повышенной соленасыщенностью, расположенных у подошвы и кровли соленосной толщи. При этом степень неустойчивости определяется величиной дефицита плотности, мощностью пачки и величиной начальных возмущений. При небольших начальных возмущениях мощности «верхней» и «нижней» пачек, и несколько повышенной плотности разделяющей их «средней» пачки, большей неустойчивостью обладает «нижняя» пачка. В этом случае реализуется режим образования внутриформационных диапиров и формирования четковидной структуры «верхней» пачки. При больших начальных возмущениях, преимущество получает более мощная «верхняя» пачка, и реализуется режим роста крупных диапиров в породах, перекрывающих соленосную толщу, с подавлением развития неустойчивости нижнего слоя (Рисунок 5.7).

Определяет смену режимов величина начальных возмущений, в сочетании с мощностью неустойчивых пачек. Малый контраст средних плотностей крупных пачек – на порядок меньший, чем в областях «классической» соляной тектоники – дает на порядок меньшие величины действующих архимедовых сил и на порядок меньшие темпы развития соляного тектогенеза.

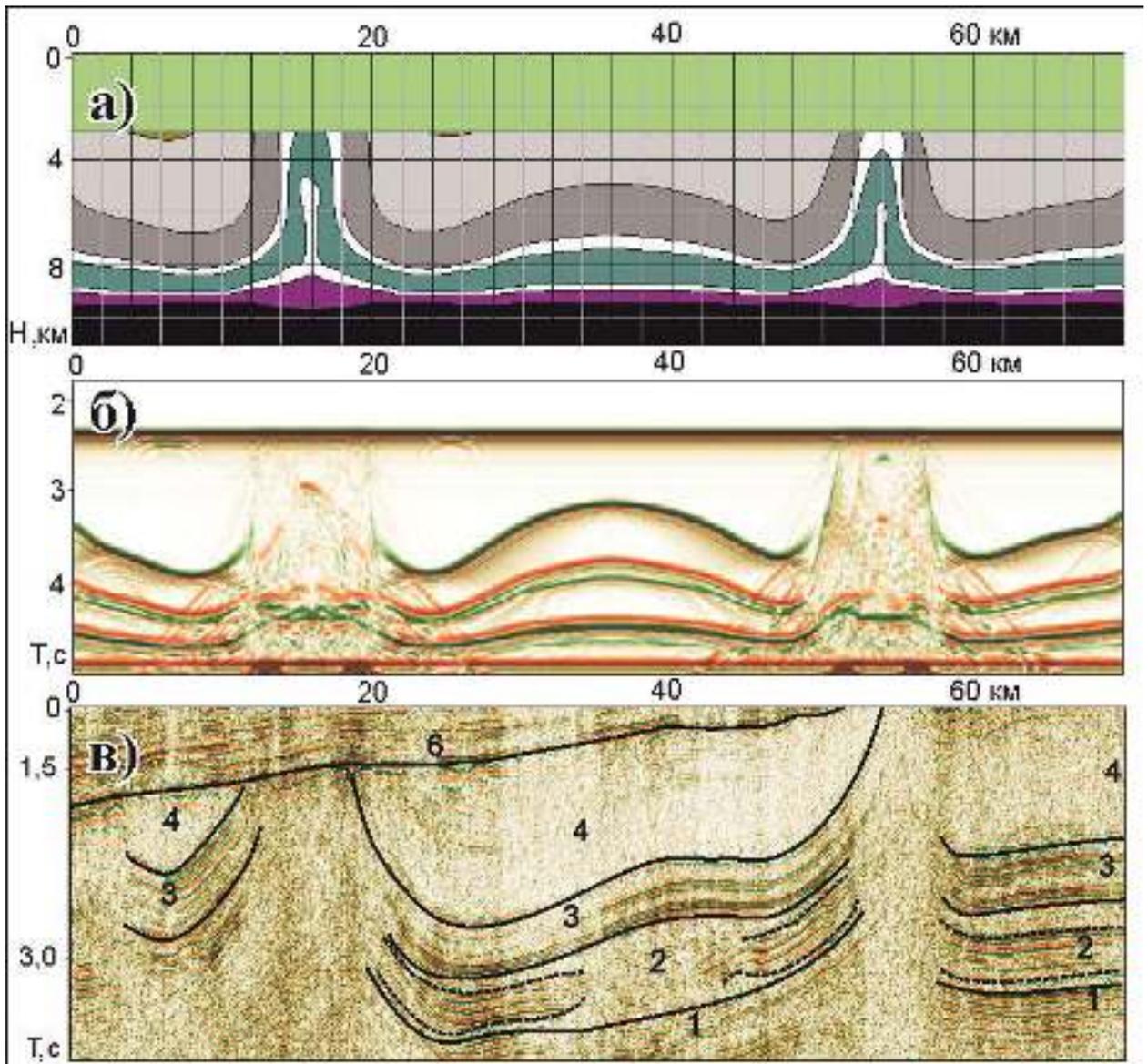


Рисунок 5.7 - Сопоставление результатов моделирования с сейсмическим разрезом: а) результирующее состояние модели; б) синтетический сейсмический временной разрез, рассчитанный для этого состояния; в) – фрагмент реального временного разреза.

Цифрами обозначены: 1 – подсолевые отложения, карбонаты вендского возраста, 2 – соленосные отложения нижнего кембрия, 3 – безсолевая часть нижнекембрийской эвапоритовой толщи, 4 – карбонатно-терригенные отложения среднего – верхнего кембрия, 5 – отложения ордовик-силурийского возраста, 6 – терригенные отложения мезозойского чехла. Пунктиром обозначены предполагаемые кровля нижней и подошва верхней пачек с повышенным содержанием каменной соли.

Кроме того, малые величины дефицита плотности обуславливают чувствительность процесса к небольшим латеральным вариациям плотности «средней» пачки, разделяющей неустойчивые слои. Это же обстоятельство обуславливает сильную зависимость процесса от величины начальных возмущений, определяя

(вместе с малой скоростью их роста) выраженную связь соляных структур с региональными тектоническими движениями. Именно соляной тектогенез, накладываясь на такие движения и пограничные воздействия, играет основную роль в формировании и динамике локальных структур в зоне распространения соляных отложений Предъенисейского бассейна.

Таким образом, можно сделать вывод, что тектонический фактор (мобильность, подвижность зоны, тангенциальные напряжения) не всегда обязателен и не всегда является определяющим для формирования дислокаций соленасыщенных толщ, а проведенные расчеты эволюции и характеристик напряженно-деформированного состояния, обусловленного соляным тектогенезом, необходимо учитывать при исследовании вопроса тектогенеза и, соответственно, оценки нефтегазоносности бассейна.

Кроме того, на территории Енисейского кряжа каледонский диастрофизм вызвал разномасштабную реализацию дополнительных пликативных дислокаций осадочных толщ и проявление кислого магматизма. Тектонические процессы, вероятно, привели и к вторичным преобразованиям более ранних (кембрийских) вулканитов и, как следствие, омоложению абсолютных датировок.

На рубеже позднего карбона - раннего триаса начались процессы, связанные с закрытием на западе Палеоазиатского океана (герцинский диастрофизм). Территория Енисейского кряжа развивалась, в связи с этим, как рамповое сводовое поднятие - по субвертикальным зонам разломов он воздымался в условиях сжатия.

Процессы эрозии частично уничтожили здесь палеозойские, вендские образования и верхнюю часть разреза рифейских складчатых отложений и офиолитовых аллохтонов. Осадочные комплексы на большей части Предъенисейского бассейна также были выведены выше базиса эрозии и в значительной мере денудированы. Масштабы денудации оказались столь значительными, что в некоторых районах на предъюрскую поверхность были выведены докембрийские комплексы, а километровые толщи кембрия и залегающего выше палеозоя уничтожены эрозией. И лишь в наиболее прогнутых частях бассейна денудацией были затро-

нуты только средне- и позднепалеозойские толщи.

На рубеже раннего триаса, в результате растягивающих напряжений в Предъенисейском бассейне, как и всей Западной Сибири, закладывается система грабенов и/или «грабен-рифтов» [Сурков, Жеро, 1981], наследующая ослабленные неопротерозойские сутурные зоны. На Ямале это Худуттейский «грабен-рифт», восточнее прослеживается меридиональная зона Уренгойско-Колтогорского «грабен-рифта», а еще восточнее тоже меридиональная зона Худосейского, на широте Дудинки изменяющая направление в направлении Енисей-Хатангского регионального прогиба.

На рисунке 5.5 показана зона предполагаемого (реконструируемого) развития пермо-триасового вулканизма. Видно, что южная оконечность Худосейской вулканической зоны (Худосейского «грабен-рифта» по В.С. Суркову и др.) может протягиваться далеко на юг (намного южнее ранее предполагавшихся [Сурков, Жеро, 1981] границ) до пространственного совмещения с Белоярской зоной разломов и раннепалеозойской вулканической зоной. Доказательством этих фактов служат данные бурения – вскрытие мощной базальтовой толщи триаса в скважине Восточно-Пайдугинская-1, а также силла долеритов пермского возраста среди вендских карбонатных толщ в скважине Восток-3. Это примерно на 300 км южнее «грабен-рифтовой» зоны, выделяемой В.С. Сурковым и его коллегами.

Химический состав базальтоидов из скв. Восточно-Пайдугинская-1, представленный на диаграмме Дж. Пирса [Смирнов и др., 2014], позволил специалистам СНИИГГиМС идентифицировать геодинамические обстановки триасового базальтового магматизма в этом районе. Состав практически всех образцов на графике ожидаемо оказался в поле внутриплитных базальтов, и только состав 1 образца попал в поле островодужных обстановок.

В течение мезозоя и кайнозоя Енисейский кряж и прилегающие части СП продолжали развиваться в режиме воздымания, а западная часть (районы ЗСП) - в режиме погружения (Рисунок 5.3Д). На этой погруженной территории и западнее (уже на складчатых герцинских сооружениях, возникших на месте замкнувшегося Палеоазиатского океана) формируется мезозойско-кайнозойский чехольный

(плитный) комплекс. На востоке он либо выклинивается вблизи складчатых сооружений Енисейского кряжа, либо частично перекрывает их, а в левобережной части Енисея перекрывает древний (верхнепротерозойско - нижнепалеозойский) осадочный чехол Предъенисейского бассейна.

Необходимо также отметить, что на территории всей Сибири в середине мелового периода фиксируется этап тектонической активизации с масштабными проявлениями складчато-надвиговых дислокаций на Таймыре, Алтае, Енисейском тектоническом поясе и Верхоянье. На территории Предъенисейского бассейна они отмечены в зоне сочленения с Енисейским кряжем. Так, в скважине Тыйская-1 зафиксировано сдвоение юрского разреза [Геологическое..., 1995], а в соседней скважине Аверинская-150 сдвоение нижекембрийских комплексов по взбросо-надвиговой зоне вдоль западного борта кряжа. Эти и подобные зоны взбросо-надвиговых дислокаций мелового периода отмечаются и на фрагментах сейсмических разрезов, как на западной границе кряжа, так и на восточной.

Резюмируя сказанное, можно сделать вывод, что основные закономерности строения Предъенисейского осадочного бассейна вписываются в рамки геологической модели, рассматривающей верхнепротерозойско-палеозойский комплекс в качестве чехольных образований выделенного здесь Касско-Туруханского микроконтинента (жесткого массива), в результате коллизионных процессов консолидировавшегося на рубеже среднего и позднего неопротерозоя с краевыми частями СП и с позднего неопротерозоя развивавшихся уже как единая структура. В такой трактовке западные районы бассейна принадлежали в кембрии к активной материковой окраине и располагались в пределах активной части задугового (окаинного) бассейна, который на востоке в тыльной своей части переходил в эпиплатформенный бассейн с корой континентального типа. Нахождение этого жесткого блока в зоне сочленения различных тектонических областей (от складчатых на западе и юго-западе до субплатформенных на востоке) предопределило дальнейшую историю его развития, выразившуюся в дифференцированных вертикальных движениях, специфической дислоцированности палеозойского чехла и интрузивной деятельности.

Для решения проблем нефтегазоносности Предъенисейского бассейна вопрос о времени начала и окончания коллизионных процессов важен с точки зрения времени накопления осадков, которые формировались в условиях карбонатной платформы (биогенное и биохемогенное карбонатакопление), а также до-маникоидных формаций с повышенным содержанием $C_{орг}$. Последние могли служить нефтематеринскими толщами, аналогично развитым на Енисейском кряже (кординский, удерейский, раннепотоскуйский, шунтарский, рыбинский, мокринский, токминский, сухохребтинский уровни среднего-верхнего неопротерозоя) и их аналогами на СП (нижнетунгусская свита Туруханского района, мадринская, вэдрэшевская и ирэмэкэнская толщи Байкитской антеклизы и др.).

В более ранних своих оценках [Филиппов, 2001; Конторович и др., 2003, 2006] на основании мощного (до 3-4 км) осадочного комплекса отложений, прослеживаемых на сейсмических разрезах ниже кембрийских толщ, автор со своими коллегами предполагал их в составе как чингасанской (вороговской, осянской) и чапской серий байкальского (в понимании В.В. Хоментовского [Хоментовский, 2002]) возраста, так и вендских комплексов. Об этом свидетельствовали косвенные данные: а) существование подобных мощных серий на Енисейском кряже, б) возраст значимых коллизионных процессов в центральных частях кряжа (по В.А. Верниковскому и др.) около 800-850 млн. лет. Исходя из этих предположений, постулировался вывод о раннепротерозойском возрасте наиболее древних фрагментов чехольных осадочных комплексов бассейна. К аналогичным выводам пришел и сотрудник КНИИГГиМС А.И. Забияка [Тектоника..., 2004].

Появившиеся в последнее время новые данные заставляют усомниться в таких оценках и скорректировать их.

Во-первых, детальное изучение и результаты возрастных оценок поздних (наряду с более ранними, относящимися к рубежу 800-850 млн. лет) тектонических процессов на западе Енисейского кряжа (Исаковский и Предивинский террейны) (упоминавшиеся выше работы коллектива В.А. Верниковского и др.) заставляют поднять возрастной рубеж окончания аккреционных процессов и, соответственно, начала формирования осадочного чехла континентальной окраины до

630-650 млн. лет.

Во-вторых, результаты бурения на территории бассейна и, в частности, скв. Восток-3 доказывают возможность существования здесь мощных толщ именно вендского (или эдиакарского) возраста. По крайней мере, скважиной вскрыт (не полностью) 1100-метровый разрез только верхних частей верхнего венда. Вполне возможно, что вся 3-4 километровая толща, прослеживаемая на сейсмических разрезах, имеет возраст моложе 630-650 млн. лет. Тем более, как уже рассматривалось выше в разделах 3 и 4, на Енисейском кряже в настоящее время появляется все больше данных о существенно более молодом возрасте мощных «байкальских» комплексов, в частности, вороговской серии.

В таком понимании, мощные высокоуглеродистые (и потенциально нефтематеринские) рифейские комплексы, формировавшиеся по аналогии с одновозрастными отложениями Енисейского кряжа на окраинах микроконтинента, должны залегать ниже прослеживаемого на сейсмических разрезах платформенного осадочного заполнения бассейна, в зоне, характеризующейся на сейсмических разрезах относительно хаотической волновой картиной. Что, вероятнее всего, может быть связано с их дислоцированностью и деструкцией во время коллизионных процессов на рубеже среднего и позднего неопротерозоя. При этом нельзя исключать и вариант присутствия более молодых (моложе 650 млн. лет) нефтематеринских толщ в самом основании докембрийской осадочной толщи бассейна (подробнее вопрос будет рассмотрен в следующей главе).

Глава 6

КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что в левобережье Енисея на юго-востоке ЗСП под мезозойскими отложениями получил развитие мощный неопротерозойско-нижнепалеозойский 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 часто не позволяет оценить их реальный нефтегазовый потенциал [Двали, Дмитриева, 1976; Козырев, 1977; Конторович, Демин, 1977, Конторович, Моделевский, Трофимук, 1979; Методы..., 1979; Прогноз..., 1981; Конторович и др., 1983, 1986; Количественная..., 1988 и др.]. Особенно это касается древних (докембрийских и палеозойских) бассейнов с долгой и сложной тектонической историей, и, как правило, погруженными на значительные глубины целевыми нефтегазоносными осадочными комплексами.

Ярким примером в этом отношении может служить история открытия и обоснования Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции на СП, а также гигантских газовых месторождений в сходном по геологическому строению и тектонической истории с Предьенисейским бассейном неопротерозойско-нижнепалеозойском Сычуанском осадочном бассейне (Южно-Китайская платформа) [Du et al., 2014; Zou et al. 2014; Wei et al., 2015 и др.].

Известно, что формирование крупных зон нефтегазонакопления в осадочных бассейнах - многосторонний и многостадийный геологический процесс. Возможное наличие скоплений нефти и газа и особенности их пространственного размещения контролируется совокупным действием многих факторов природной динамической системы.

Анализ геологических условий выявленных ранее крупных зон нефтегазонакопления показывает, что их формирование происходит при определенном со-

четании целого комплекса тектонических, формационных, литолого-фациальных, палеогеографических, геохимических, гидрогеологических и других условий в течение каждого рассматриваемого отрезка времени геологической истории [Брод, 1964; Шпильман, Плавник, 1972; Вассоевич, 1975; Конторович, 1976, 1977; Бакиров, 1979; Методы..., 1979; Прогноз..., 1981; Количественная..., 1988; Брехунцов, 2007 и др.]. На каждой отдельной стадии процессов происхождения и эволюции углеводородов, т.е. генерации, миграции, аккумуляции и разрушения, воздействие этих факторов происходит избирательно, в тесной взаимосвязи и взаимообусловленности.

В общем виде, при региональной оценке перспектив нефтегазоносности можно выделить следующие определяющие геологические предпосылки:

1. Оценка масштабов нефтегазообразования:

- наличие в разрезе потенциально-нефтегазопроизводящих пород с высоким генерационным потенциалом (высокие содержания $C_{орг}$, аквагенная полимерлипидная природа керогена);
- палеогеографические, литофациальные и палеогеохимические условия для накопления и захоронения исходного ОВ в осадке;
- уровень катагенеза нефтегазоматеринского ОВ (достижение породами стадий катагенеза, отвечающих главной зоне нефтегазообразования (ГЗН));
- литофациальный состав и строение вмещающих УВ отложений;
- палеотектонический режим бассейна седиментации;
- палеогидрологические условия.

2. Оценка масштабов миграции и аккумуляции:

- наличие пористых проницаемых или существенно трещиноватых пород с хорошими емкостными и фильтрационными свойствами значительной мощности;
- наличие региональных флюидоупоров над нефтегазоносными комплексами;
- тектонические и палеогеографические предпосылки для формирования крупных антиклинальных и неантиклинальных ловушек углеводородов;
- гидрогеологический режим.

3. Оценка условий сохранности залежей УВ:

- тектонический режим (дислоцированность пород, магматизм, геотермический градиент, степень метаморфизма и т.д.);
- гидрогеологические условия.

Рассмотрим вопрос комплексной оценки потенциальной нефтегазоносности бассейна с позиции этих критериев.

6.1 Палеогеографические реконструкции

Ограниченное количество скважинных материалов (2 для докембрийских и 8 для кембрийских комплексов) не дает возможности провести детальное литолого-фациальное районирование разновозрастных осадочных толщ на всей территории бассейна. Тем не менее, наличие сейсмических материалов и результаты интерпретации гравимагнитных полей, а также изучение естественных обнажений возрастных аналогов толщ в прилегающей части Енисейского кряжа, компенсируют недостаток информации. Полученные данные позволяют наметить границы распространения (в разрезе и в плане) основных литофациальных комплексов, связанных с палеогеографической зональностью. Результаты палеогеографических реконструкций и литолого-фациального районирования к настоящему времени частично опубликованы в ряде совместных с С.В. Сараевым работ [Сараев и др., 2013, 2014; Сараев, 2015; Стратиграфия..., 2016; Филиппов, 2016].

Результаты проведенного районирования в общем виде можно представить на некоторых ключевых разрезах (Рисунки 6.1-6.3) и палеогеографических схемах поздневендско-кембрийских уровней (Рисунок 6.4).

Палеогеографические реконструкции. Наиболее древние (из изученных бурением) - поздневендские отложения на территории Предъенисейского бассейна вскрыты в скважинах Восток-3, Аверинская-150 и в естественных обнажениях Енисейского кряжа на правом берегу Енисея (рр. Столбовая, Исаковка, правый берег Енисея напротив устья р. Дубчес и вблизи устья р. Верхняя Сурниха, в бассейне р. Чёрной), где они слагают нижнюю часть нижнелебяжинской подсветы. Вопрос возраста других верхнедокембрийских разрезов чапской и вороговской

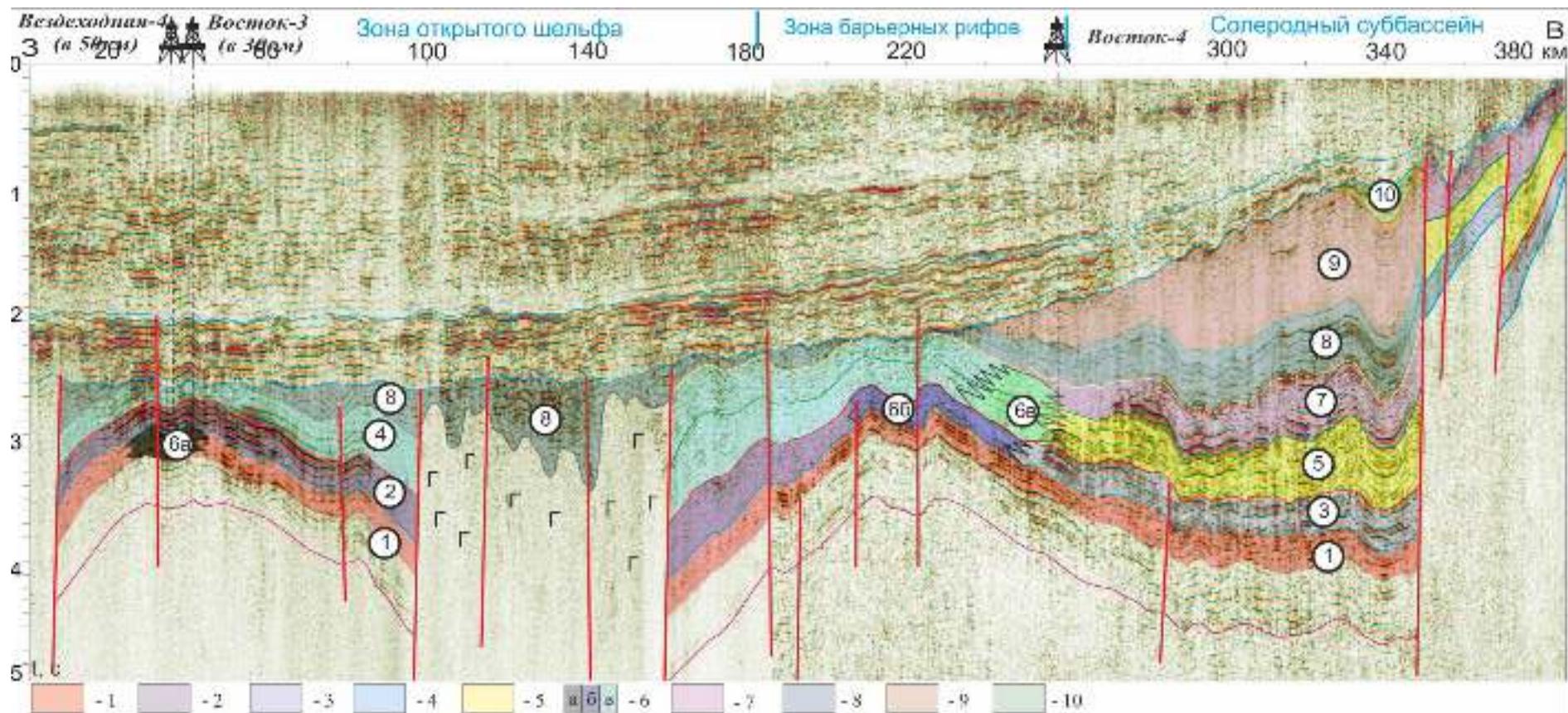


Рисунок 6.1 – Литолого-фациальные комплексы Предъенисейского осадочного бассейна по линии регионального сейсмического профиля Восток-10.

Условные обозначения: 1 - поздневендский (пойгинско-котоджинский) доломитовый рифогенный (шлейфовый); 2 - поздневендский (райгинский) терригенно-известняковый рифогенный (шлейфовый); 3 - раннекембрийско-поздневендский терригенно-сульфатно-доломитовый эвапоритовый; 4 - ранне- среднекембрийский (чурбигинско-пайдугинский) кремнисто-глинисто-карбонатный черносланцевый; 5 - раннекембрийский (усольский) эвапоритовый карбонатно-соленосный; 6 - рифогенный (биогермный) (а-пойгинско-котоджинский, б-райгинский, в- раннекембрийский); 7 - раннекембрийский (тыйско-аверинский) сульфатно-карбонатный эвапорит-рифогенный; 8 - среднекембрийский (елогуйско-нижнеэвенкийский) доломит-известняковый закрытого шельфа; 9 - позднекембрийский (верхнеэвенкийский (пыжинский)) карбонатно-терригенный красноцветный и пестроцветный закрытого шельфа; 10 - раннепалеозойский (ордовик-силур?) карбонатный.

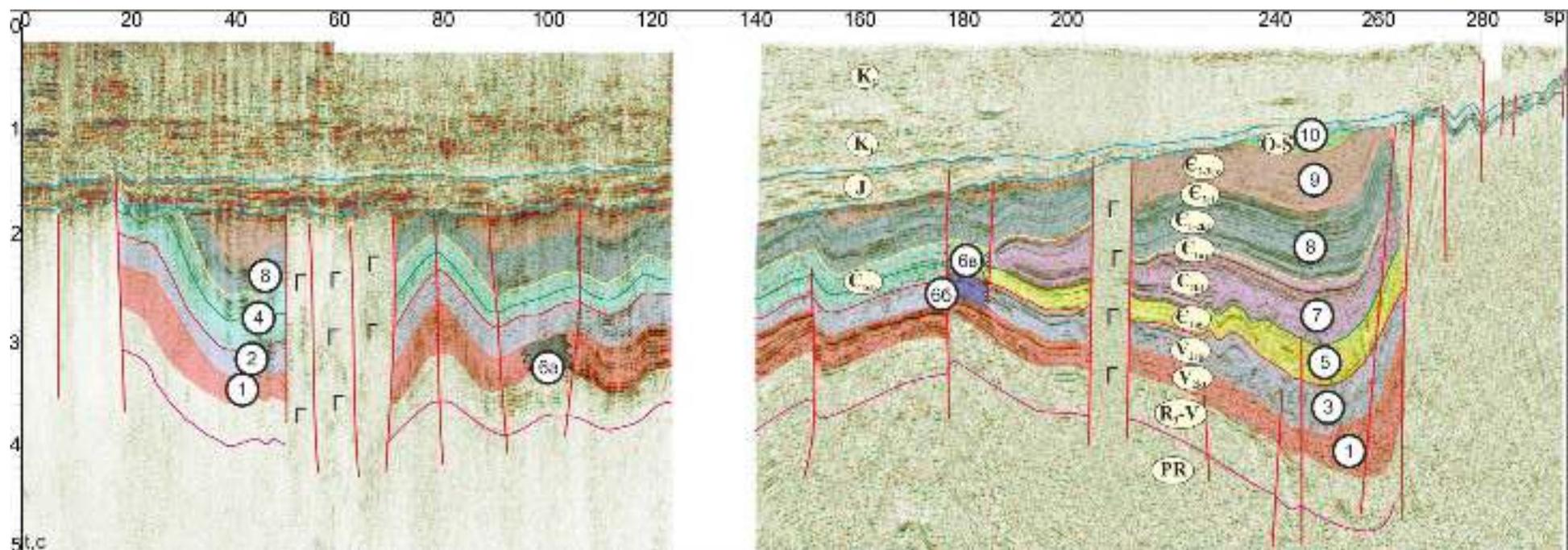


Рисунок 6.2 – Литолого-фациальные комплексы отложений Предбайкальского осадочного бассейна по линии регионального сейсмического профиля «Борский».

Условные обозначения на рис.6.1

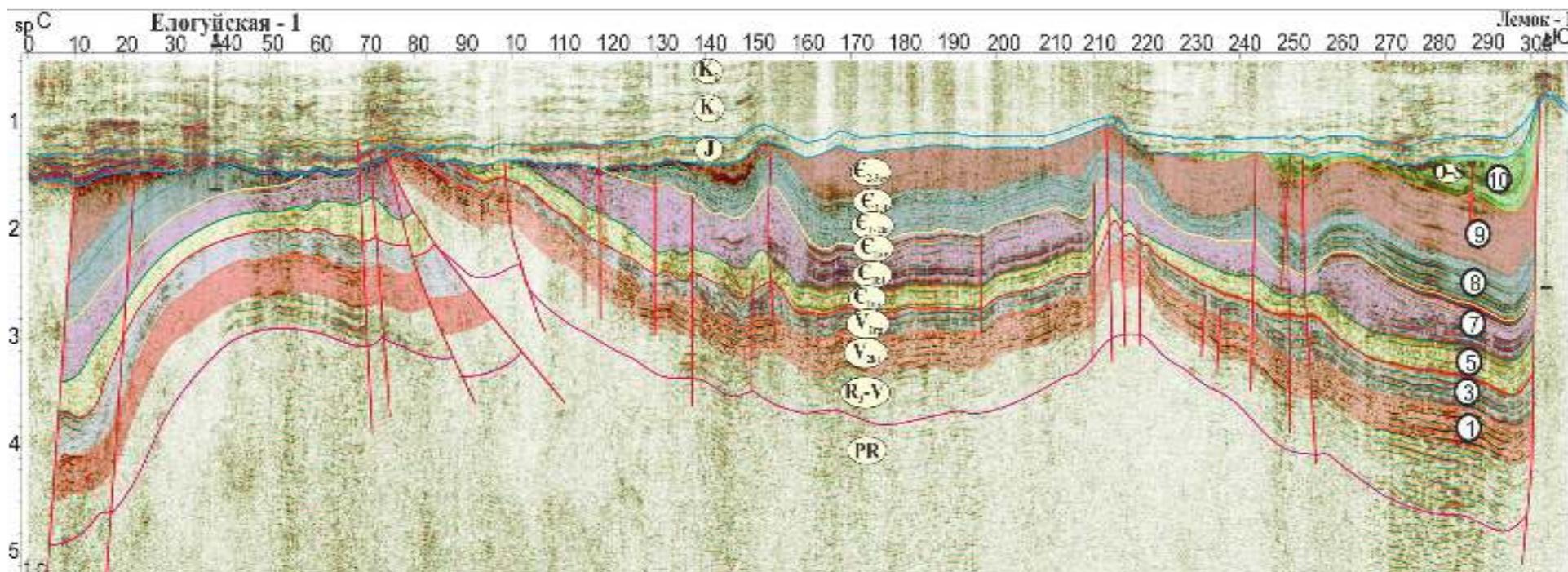


Рисунок 6.3 – Литолого-фациальные комплексы отложений Предъенисейского осадочного бассейна по линии регионального сейсмического профиля «Восток-16».

Условные обозначения на рис.6.1

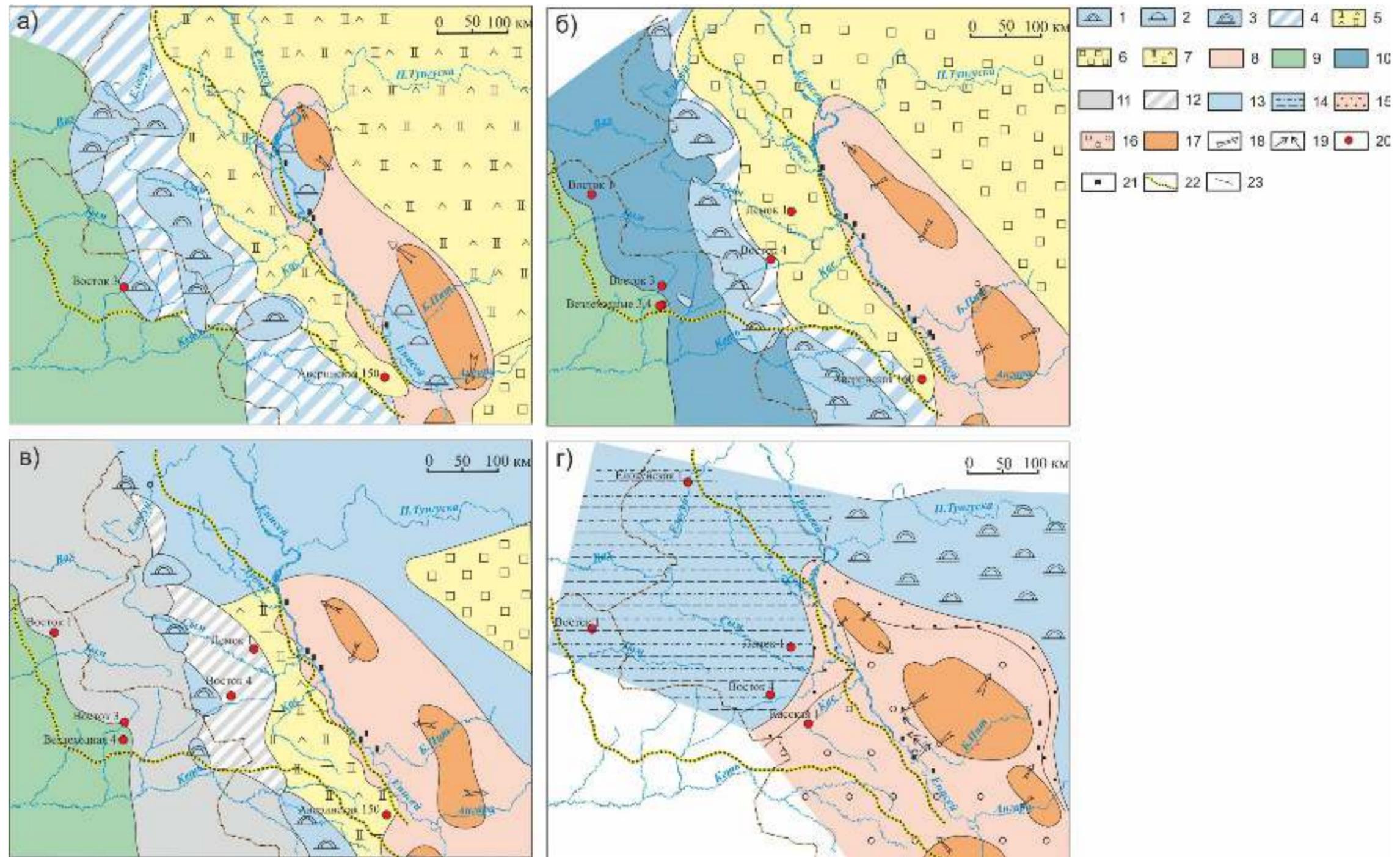


Рисунок 6.4 - Литолого-палеогеографические схемы Предьенисейского бассейна и смежных территорий СП (по [Стратиграфия..., 2016]): а-поздний венд (немакит-далдыньское время); б-ранний кембрий (усольское время); в-ранний-средний кембрий (пайдугинское время); г-поздний кембрий (позднеевенькийское время).

Условные обозначения: 1 - строматолитовые барьерные рифы; 2 – строматолитовые прибрежные (приостровные) рифы; 3 – строматолитовые банки; 4 – тыловые шлейфы рифовой системы (обломочные известняки, доломиты); 5-7 – эвапоритовые отложения эпиконтинентального моря: 5 – ангидрит-доломитовые; 6 – с преобладанием галита; 7 – глинисто-ангидрит-доломитовые; 8 – терригенные и обломочно-карбонатные (с признаками эвапоритизации) отложения прибрежной зоны эпиконтинентального моря с изменчивой солёностью вод; 9 – терригенно-карбонатно- вулканогенные отложения задугового (окраинного) бассейна; 10 – карбонатные отложения открытого шельфа и континентального склона (передовые шлейфы рифовой системы, склоновые и бассейновые отложения); 11 – черносланцевые глинисто-кремнистые, карбонатно-глинистые пиритсодержащие отложения; 12 – углеродистые ангидрит-глинисто- карбонатные отложения; 13 – известковые отложения мелководного эпиконтинентального моря нормальной солёности; 14 – карбонатно-алевритоглинистые отложения эпиконтинентального моря нормальной солёности; 15 – отложения нижней морской молассы (конгломераты, гравелиты, грубо-, крупнозернистые песчаники); 16 – прибрежно-морские песчаные отложения; 17 – область мобилизации и сноса (островная суша с расчленённым рельефом); 18 – общее направление сноса; 19 – направление палеотечений по замерам косой слойчатости; 20 – скважины; 21 – местоположение разрезов по естественным обнажениям; 22 – границы бассейна; 23 – административные границы.

серий остается дискуссионным и обсуждался в Главе 3). Полученные данные по скважинам, наряду с геофизическими материалами и выполненными ранее палеогеографическими построениями по территории СП [Жарков, 1966; Журавлева, 1966; Писарчик и др., 1967, 1968; Конторович, Савицкий, 1970; Палеогеография..., 1975; Закономерности..., 1981; Геология нефти..., 1981; Мельников, 2009 и др.] и левобережью Енисея [Дашкевич и др., 1992, Елкин и др., 2001, Сараев и др., 2013, 2014; Стратиграфия..., 2016; Филиппов, 2016б], указывают на то, что рассматриваемая территория в поздневендское время являлась краевой частью огромного Восточно-Сибирского солеродного бассейна. Важным элементом выявленной палеогеографической зональности является закартированная по обрамлению бассейна рифовая система, представляющая в плане полосу северо-северо-западного простирания шириной в десятки километров. По всей видимости, эта цепь барьерных рифов разделяла относительно замкнутую эвапоритовую зону на востоке и зону открытого моря на западе, где фиксируется область развития терригенно-карбонатно-вулканогенных отложений активной части задугового бассейна [Конторович и др., 1999; Сараев и др., 2004 и др.].

К востоку от барьерного рифа (Рисунок 6.4а) зона обломочных шлейфов рифовой системы сменяется эвапоритовыми отложениями доломит-ангидритового состава, вскрытыми скв. Аверинская-150. Судя по преобладанию штормовой седиментации, в результате которой сульфатные и карбонатные первичные илы сохранялись только в виде тонкослоистых штормовых турбидитов, глубина эвапоритового бассейна (или залива) была небольшая. На месте Енисейского кряжа, на протяжении, как минимум, позднего венда и кембрия, существовала палеоостровная система, конфигурация и площадь которой частично изменялись со временем. В позднем венде эта система, вероятнее всего, служила активной областью сноса с формированием толщ прибрежных песчаных отмелей с признаками эвапоритизации, а также строматолитовых окаймляющих рифов. К востоку от палеоостровов располагался Восточно-Сибирский солеродный бассейн [Писарчик и др., 1975; Геология нефти..., 1981; Мельников, 2009 и др.]. Состав его отложений в это время мало чем отличался от карбонатно-сульфатных

осадков в пределах его западного фрагмента («предъенисейского» залива).

В раннекембрийское (усольское) время внутренняя граница унаследованной рифовой системы слегка продвинулась к западу, при этом площадь терригенно-карбонатно-вулканогенных отложений по сравнению с поздним вендом несколько сократилась, а солеродная часть бассейна выросла (Рисунок 6.4б). Барьерный риф, следуя на север в направлении современного течения Енисея, вероятно, соединялся с рифовой системой Игарско-Норильской фациальной области.

Наличие палеоподнятий (фиксируемых на сейсмических разрезах и проявленных на картах мощностей и структурных картах), ограничивающих с запада эвапоритовую часть бассейна, предполагает, что рифогенные массивы (как в поздневендское, так и в кембрийское время) тяготели к положительным формам рельефа, которые могли образоваться, например, под влиянием остаточных вулканических дуг [Геология окраинных..., 1987]. 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 (на границе солеродного бассейна и рифовой системы) отложения, одновозрастные усольским, представлены относительно мелководными обломочными осадками тыловых карбонатных шлейфов, а эвапоритовые разности представлены только сульфатно-карбонатными осадками, развитыми по периферии солеродного залива. Силикатный материал здесь практически не присутствует ввиду удаленности от потенциального источника сноса - Енисейской палеоостровной системы. Появляется он только в верхних частях разреза в виде тефры ультракалиевого состава и эолового переноса.

Непосредственно в Предъенисейском 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 солесодержащих слоев, хорошо фиксируемое на волновой картине) позволил получить согласованную западную границу распространения солей (Рисунок 6.5).

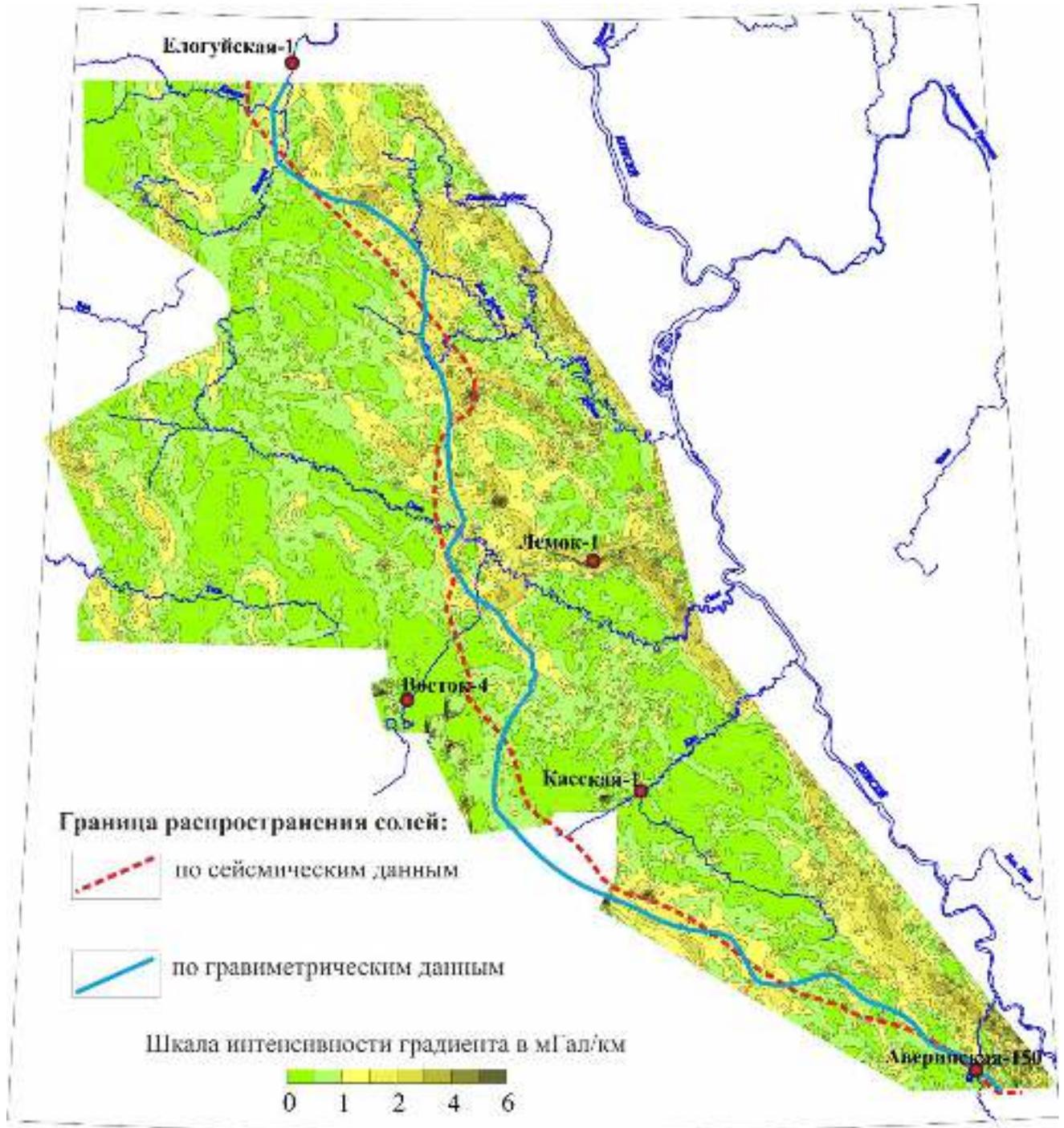


Рисунок 6.5 – Границы распространения соленосных (галитовых) отложений по геофизическим данным.

В прибрежной части «енисейских» палеоостровов в раннелебязинское время формировались мелководные терригенно-карбонатные и обломочные карбонатные отложения. Размыву подвергались различные магматические и метаморфические породы архея и протерозоя, при этом, в ряде разрезов на западе

Енисейского кряжа фиксируется залегание лебяжинских слоев разного уровня на протерозойских комплексах, что указывает на существование суши в позднем венде-раннем кембрии на части этой территории. Карбонатные обломки могли поступать в прибрежную полосу, в том числе и за счёт разрушения окаймляющих острова водорослевых рифов. Относительное углубление бассейна с появлением глинистых доломитов, конкреций кремней и солей (в частности, глиптоморфозы галита в разрезе этой части лебяжинской свиты по р. Столбовой (Рисунок 3.8)) проявилось несколько позднее, уже в среднелебяжинское время.

К западу от рифовой системы характер аналогичных отложений резко меняется – он становится более глубоководным и маломощным (уменьшение более чем в десять раз, чурбигинская свита). В это время в активной части задугового бассейна формируются мощные толщи вулканогенно-осадочных пород - базальтоидов и дистальных турбидитов [Конторович и др., 1999; Сараев и др., 2004].

В позднегойонский-раннеамгинский век (пайдугинское время) в предрифовой зоне началось формирование углеродсодержащих отложений, характерных для куонамского комплекса на СП (Рисунок 6.4в). Это время характеризуется наиболее высоким стоянием уровня моря. 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 тыловой части рифового барьера на этом уровне исчезает кремнистое вещество, чёрная окраска пород сменяется на тёмно-серую. Эта часть разреза в скважинах к востоку от рифа маркируется, в первую очередь, по синхронно повышенным значениям ГК в карбонатных породах. Таким образом, можно констатировать, что

пайдугинская свита является типичным аналогом керогенсодержащих отложений на СП (иниканская, куонамская, синская, шумнинская свиты) и указывает на продолжение зоны их накопления, существовавшей в тойонско-амгинское время по периферии СП [Конторович, Савицкий, 1970; Писарчик и др., 1975; Закономерности..., 1981; Геология нефти..., 1981; Геология и перспективы..., 1984; Каширцев, 2003; Парфенова и др., 2004].

В восточной части Предъенисейского бассейна в это время происходит отложение пород смешанного ангидрит-доломит-глинистого состава с признаками штормового воздействия на первичные осадки. На примыкающей с востока территории Восточно-Сибирского солеродного бассейна преобладали известковые отложения нормальной солёности, и только в левобережье верхнего течения р. Подкаменной Тунгуски в пределах Камовского свода в начале амгинского века происходит накопление каменной соли [Мельников, 2009]. В разновозрастных разрезах терригенно-карбонатных отложений вблизи «енисейских» палеоостровов сколько-нибудь заметной примеси углеродистого вещества не отмечается.

С позднеамгинского времени начинается мощное заполнение предрифовой впадины, которое заканчивается в позднем кембрии, в позднеэвенкийское время. Рифовая гряда на этом месте перестает существовать (Рисунок 6.4г), вероятно, мигрируя далее на запад и поставляя карбонатный материал, а некомпенсированная в пайдугинское время впадина полностью заполняется осадками. Единичные маломощные слои строматолитовых образований, встречающиеся на этом уровне в разрезе скв. Восток-1 и Восток-4, представляют, по-видимому, редкие биостромы. В северо-западной части бассейна преобладали глинистые, карбонатно-глинистые красноцветные, пестроцветные осадки в сравнительно мелководном бассейне, на что указывают маломощные редкие, но распределённые по всему разрезу прослой строматолитов и оолитов. В водоёме преобладали штормовые турбидиты с более редкими прослоями интракластовых брекчий. По петрографическим данным [Сараев, Филиппов, 2015, 2016], в осадках в качестве примеси постоянно присутствует вулканогенный материал (вулканогенный кварц, кристобалит, кислые эффузивы, трахиты, туфы, редко базальтоиды), что свидетельствует о

сравнительной близости расположенной на западе вулканической дуги. На это указывает и увеличивающееся количество вулканогенной примеси в разрезе Восток-1 по сравнению с расположенным восточнее разрезом Восток-4, а также следы повышенной палеосейсмичности в разрезе этой части бассейна [там же]. При этом красноцветность отложений связана, по-видимому, не только с аридным климатом, но и с присутствием в осадках тонкой тефры, окислявшейся в процессе извержения и при транспортировке в мелководных морских обстановках. Ещё одним источником массового красноцветного железистоокисного материала могли служить переотложенные продукты выветривания больших скоплений гематитовых руд верхнего рифея Енисейского кряжа.

Вблизи «енисейских» палеоостровов формировались шлейфы морских грубообломочных и песчаных осадков, которые протягивались далеко на запад. В строении терригенной толщи этого возраста в западных разрезах Енисейского кряжа отчётливо проявляется регрессивный характер, как, например, в разрезе по р. Кия, где в нижней части толщи тонкозернистые песчаные отложения разбавляются обломочным карбонатным материалом, выше появляются гравийные отложения, а венчают разрез уже валунные конгломераты.

Что касается оценки потенциальной нефтегазоносности осадочных комплексов бассейна с точки зрения литофациального критерия (наличия потенциально нефтематеринских толщ, а также возможных резервуаров-проницаемых пород и флюидоупоров), можно отметить следующие моменты.

Анализ палеогеографических материалов во временном диапазоне от позднего венда до позднего кембрия включительно, прежде всего, позволяет сделать вывод о длительном существовании на территории Предъенисейского бассейна трёх фациальных областей - двух контрастных суббассейнов (на западе и востоке территории) и разделяющей ее рифовой системы.

К нефтематеринским отложениям (помимо подстилающих и пока неизученных неопротерозойских комплексов) может быть отнесена пайдугинская свита, формирование которой проходило к западу от барьерной рифовой системы. Западная граница распространения свиты не установлена, но, вероятно, она,

ограничена зоной осадочно-вулканогенных отложений венд-кембрийского возраста (в современных контурах бассейна). Далее на север аналоги этих отложений прослеживаются в Игарско-Норильской фациальной области в составе шуминской свиты. Южная граница распространения пайдугинской свиты находится за пределами современных границ бассейна и должна совпадать с границей морских отложений раннего-среднего кембрия.

Мощность свиты в единственном полном пересечении – разрез скв. Восток-1 составляет около 120 м. Поскольку этот разрез находится вблизи рифового барьера, то мощность его здесь должна быть повышенной, как это отмечается для куонамской и иниканской свит [Геология и перспективы..., 1984]. На удалении от границы с рифом мощность доманикитовых отложений должна уменьшаться, но при этом увеличиваться содержание ОВ в породах, как это наблюдается в неполном (25 м) разрезе свиты в скв. Восток-3.

Следует отметить, что пайдугинскую свиту, как потенциально нефтематеринский комплекс, по-видимому, следует объединять с подстилающей и близкой ей по генезису нижнекембрийской углеродсодержащей чурбигинской свитой.

Что касается распространения перспективных коллекторов в разрезе, природа которых связана с седиментационными и палеогеографическими закономерностями, то наиболее важная роль должна принадлежать области развития барьерной рифовой системе. К сожалению, пока мы не имеем ни одного полного разреза в центральной части этой области (известны разрезы только окраинных, в основном, шлейфовых, фрагментов), поэтому к оценке перспектив этой области можно подойти только с самых общих позиций. 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 в районе с развитием каркасных 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, в конкретных разрезах скважин Во-

сток-1, 3 и 4 будет дана ниже в разделе 6.2.

Перспективы обнаружения хороших коллекторов в одновозрастных отложениях двух других областей, разделённых рифовой системой, значительно ниже. В зарифовом солеродном суббассейне интерес может представлять только область, непосредственно примыкающая к реконструируемому архипелагу островов на месте Енисейского кряжа, где в качестве перспективных отложений могут выступать прибрежные рифы, а также синхронные им песчаные прибрежные толщи с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами. Их близость по латерали (а часто и в едином разрезе) с эвапоритовыми, местами мергелистыми и глинистыми, отложениями создает перспективу обнаружения благоприятных для скопления углеводородов литологических ловушек. Проблема только в сохранности залежей из-за повышенной тектонической мобильности в районе «шовной» зоны Енисейского тектонического пояса и относительной удаленности коллекторов от источников углеводородных флюидов бассейна.

К потенциальным коллекторам в составе рифовой системы нужно отнести горизонты развития карста, синхронного формированию рифа, которые фиксируются, в частности, в аверинской свите в пределах тылового склона рифа (разрез скв. Восток-4) и в зарифовой части суббассейна (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 поровокаверновой и полостной пустотностью.

Бассейновые, в том числе и флишоидные отложения, формировавшиеся в предрифовом суббассейне на ранней стадии некомпенсированного прогибания в райгинское, чурбигинское, пайдугинское время могут быть отнесены к региональным флюидоупорам для ниже залегающих потенциальных коллекторов.

Кроме того, 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 слоев 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) – уже в качестве коллекторов. Распространение баровых оолитовых отмелей, по-видимому, было обусловлено остаточными слабо выраженными формами рельефа на месте исчезающей рифовой барьерной системы.

В позднеэвенкийское (пыжинское) время характер распределения потенциальных седиментационных коллекторов и флюидоупоров коренным образом меняется. 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.

В свою очередь, эвапоритовые отложения, представленные каменной солью, ангидритами, пелитоморфными доломитами, формирующиеся в центральной части Приенисейского солеродного суббассейна могут играть роль непроницаемого барьера при сублатеральном с запада на восток движении углеводородных флюидов (от области распространения потенциально нефтематеринских отложений пайдугинской свиты).

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.

6.2 Потенциальные резервуары

Под резервуарами, вслед за И.О.Бродом, А.А. Бакировым, А.А. Трофимуком, Ю.Н. Карагодиным, А.Э. Конторовичем и др. [Брод, Еременко, 1953; Бакиров, 1979; Трофимук, Карагодин, Мовшович, 1980; Геология..., 1981; Прогноз..., 1981 и др.] понимается совокупность проницаемых комплексов (коллекторов) и перекрывающих их экранирующих отложений (флюидоупоров). В таком же ключе при выделении и классификации вендско-кембрийских резер-

вуаров СП рассматривает это понятие и Г.Г. Шемин [Шемин, 2007].

Для характеристики и оценки качества коллекторов и флюидоупоров использовались результаты седиментологических и петрографических исследований керна (выполнялись в лаборатории седиментологии ИНГГ СО РАН С.В. Сараевым и И.В. Вараксиной) [Оценка..., 2004ф, 2013ф; Разработать..., 2013ф; Сараев, 2015 и др.], а также И.В. Тумашовым [Тумашов, 2013]), материалы ГИС, петрофизические определения показателей пористости и проницаемости по всему разрезу скважин (в поверхностных и пластовых условиях).

Данные ГИС детально интерпретировались в лаборатории скважинной геофизики ИНГГ СО РАН под руководством В.Н. Глинских. Зоны развития коллекторов выделялись с помощью совместной интерпретации данных нейтронного, акустического, плотностного каротажа и данных электрометрии, где определялись зоны разуплотнения. Тип коллектора определялся по совместной и отдельной интерпретации акустического (в том числе и по затуханию), нейтронного и бокового методов с привлечением кавернометрии, режее микрозондирования, и керновой информации о литологии. Данные по общей пористости получены при интерпретации методов НГК, НКТ, АК и ГГК-П. Для расчета проницаемости был применен статистический метод для зависимостей $KERH-KERH$ и $KERH-GIS$, через связь пористости и проницаемости. Также неплохую сходимость показал метод логарифмической зависимости пористости от проницаемости («Crain»).

Характеристику коллекторских свойств кембрийских карбонатных, терригенно-карбонатных и терригенных, вендских преимущественно карбонатных отложений удобно привести по разрезам параметрических скважин Восток-4 и Восток-3 соответственно [Конторович и др., 2008б, 2012; Филиппов, 2016б], как наиболее полно характеризующих разрезы Предъенисейского бассейна.

В *кембрийском* разрезе скважины Восток-4 по результатам исследований керна и интерпретации ГИС, выполненных С.В. Сараевым, Ю.Ф. Филипповым и В.Н. Глинских (ИНГГ СО РАН) можно выделить 4 потенциальных резервуара (проницаемых комплексов (коллекторов), перекрытых мощными флюидоупорами) (Рисунок 6.6).

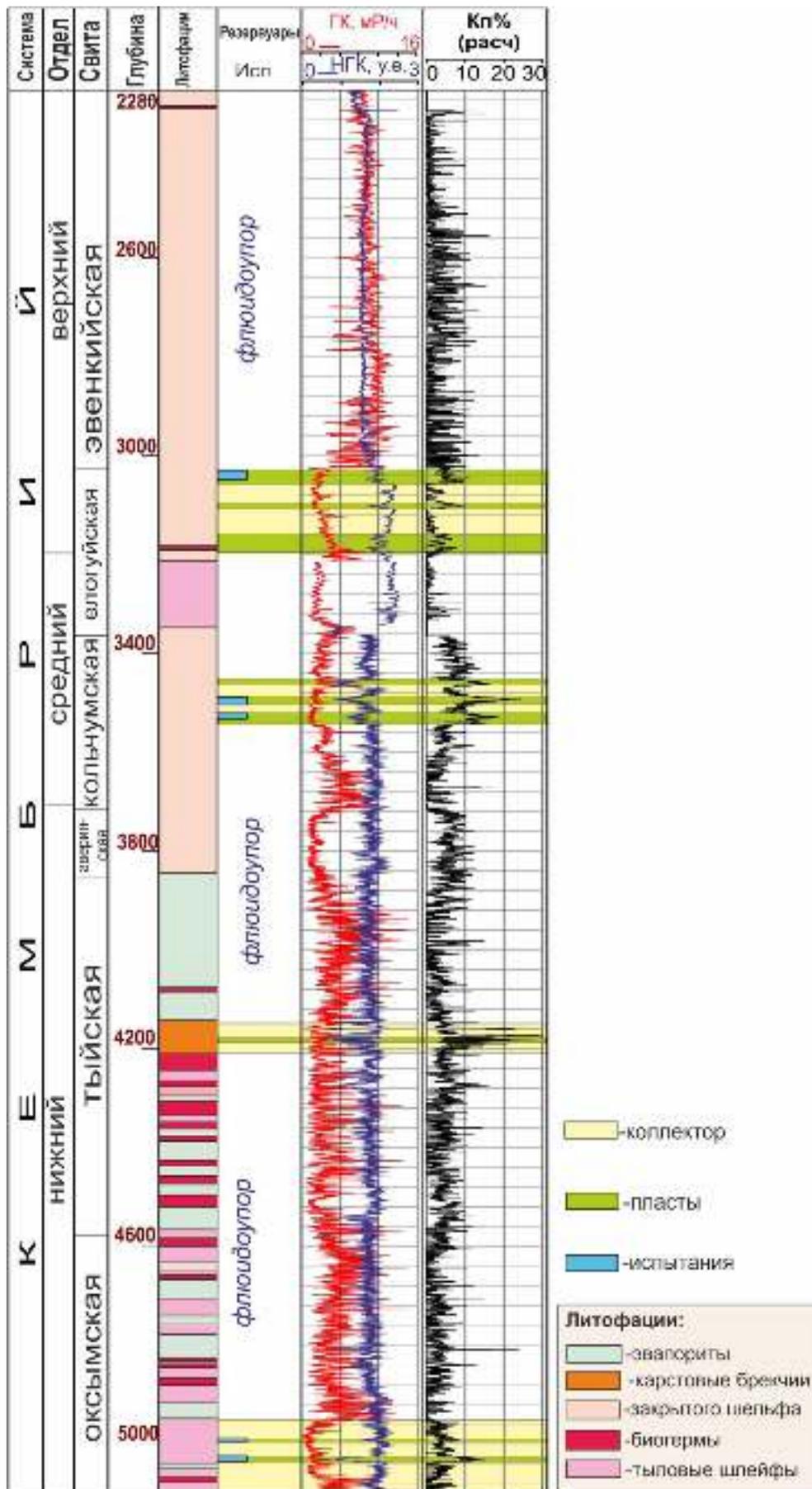


Рисунок 6.6 - Резервуары в кембрийском разрезе скв. Восток-4.

Нижнеоксымский коллектор приурочен к нижней части оксымской свиты и является возрастным аналогом осинского горизонта, широко распространенного в Лено-Тунгусской провинции СП. Вскрыт в интервале 4953-5105 м, его общая мощность составляет 152 м, но, судя по сейсмическим данным, мощность в направлении центральной части бассейна может быть и больше. В составе резервуара по данным ГИС в интервалах 4993-4996 м и 5028-5036 м выделяются два наиболее перспективных пласта мощностью 3 м и 8 м, характеризующиеся общей пористостью до 10 и 15%. В местах наибольшего развития пустот значения могут достигать 20%, а на участке керна в интервале 5009,6-5015,5 м они составляют 30-50% от объема породы. Коллектор представлен пористыми, кавернозными, трещиноватыми доломитами, часто строматолитовой природы. Развитие пористости и кавернозности в доломитах обязано процессам перекристаллизации и выщелачивания. При этом часто фиксируются вторичные пустоты и каверны выщелачивания, образованные по трещинам и стилолитовым швам. Микро- и макротрещины (открытые и закрытые) более всего развиты по строматолитовым и зернистым типам карбонатов. К постседиментационным процессам в доломитах относятся также сульфатизация и окремнение.

В лабораторных условиях, ввиду сильной трещиноватости пород, определялись фильтрационно-емкостные характеристики лишь монолитных образцов порово-кавернозных доломитов. В пределах нижней подсвиты оксымской свиты их пористость варьирует от 5,8% до 11,4%, проницаемость меняется от $1,5 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ до $12500 \times 10^{-15} \text{ м}^2$. В наиболее пористо-кавернозных разностях везде фиксируется сильный запах нефти.

Доломиты в этом интервале 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 [Багринцева, 1977].

При испытании интервала 5028-5036 м был получен слабый приток пластовой воды с запахом сероводорода плотностью $1,13 \text{ г/см}^3$. Максимальный дебит скважины составил $2,83 \text{ м}^3/\text{сут}$ при СДУ 2009 м. Пластовая температура на глубине 5036 м – $93,4^\circ\text{C}$.

При совместном испытании интервалов 5028 – 5036 м и 4993 – 4996 м получен приток пластовой воды плотностью 1,13 – 1,14 г/см³. Максимальный дебит составил 15,2 м³/сут. при СДУ=1749,5 м и депрессии на пласт 186,6 атм. Общий объем притока с двух интервалов составил 62,6 м³. Пробы, дегазированные и извлеченные из камер ВПП-300 на скважине, имеют незначительный газовый фактор (несколько пузырей при вскрытии камеры). Все пробы, отобранные с двух интервалов, характеризуются сильным запахом сероводорода и наличием темно-серой взвеси. Минерализация воды составляет 209 г/л. К сожалению, качество проведенных испытаний в этой скважине и несоответствие их регламентирующим нормам, не позволяет считать их достоверными.

В целом, сочетание порово-кавернозного коллектора с трещинным делает нижнеоксымский (осинский) резервуар одним из наиболее перспективных в до-мезозойской части разреза скв. Восток-4, что и подтверждают полученные лабораторные данные.

В восточной (засолоненной) части бассейна отложения этого уровня вскрыты единственной скважиной Аверинская-150, где коллекторов не выявлено из-за доминирующего присутствия каменной соли и ангидритов.

Тыйский коллектор выделен в средней части одноименной свиты в интервале 4150-4215 м. В его составе преобладают карстовые брекчии ангидрит-известково-доломитового состава. Основная масса разреза характеризуется пористостью до 4,5% (в среднем 1,2 % по керну) и проницаемостью до $7 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ (в большинстве десятые доли). Расчетные по каротажу коэффициенты пористости могут превышать 10-20 %. С учетом каротажных данных мощность доломитовых брекчий составляет около 70 м. Пачка содержит раздробленные тектонизированные зоны (до 20-40% объема). Присутствие карстовых брекчий и наличие тектонизированных зон, как известно [Максимович, Быков, 1978], указывает на высокую вероятность формирования трещинно-кавернозного коллектора в резервуаре, что подтверждается также материалами интерпретации ГИС. В целом, доломитовые брекчии по значениям пористости и проницаемости соответствуют коллекторам со средней (группа Б, класс V) и низкой (группа В, класс VI) емкостью. При

этом в составе резервуара по данным ГИС в интервале 4180-4187 м выделяется перспективный пласт толщиной 7 м, который характеризуется максимальными значениями общей пористости до 30%, испытание не проводилось.

В восточной, более засоленной части бассейна этому уровню соответствует интервал 3146-3270 м в скважине Лемок-1, где разрез представлен мелко-обломочными, часто брекчированными доломитами, выше и ниже которых наблюдается переслаивание доломитов и ангидритов. В скважинах Аверинская-150 (инт. 1400-1560 м) и Тыйская-1 (некоторые уровни в интервале 800-1200 м) отложения этого уровня (бельская свита) представлены обломочными карбонатами, представляющими собой карстовые брекчии обрушения. Породы часто сильно кавернозны, на ряде уровней керн рассыпается.

Верхнекольчумский коллектор выделен в средней части верхней подсвиты одноименной свиты в интервале 3450-3545 м только по данным ГИС и керном не представлен. В его составе выделяется три доломитовых пласта толщиной 12, 16 и 23 м. Значения пористости пластов, согласно результатам интерпретации ГИС, должны составлять 18-25%. Эти же данные свидетельствуют о преимущественно поровом типе коллектора. При испытании пластов в интервале 3520- 3532 м и совместном испытании пластов в интервалах 3520-3532 м и 3487-3503 м получен приток минерализованной воды плотностью 1,05 г/см³ (вероятно – фильтрата бурового раствора). Максимальный дебит составил 98 м³/сут. Общий объем притока с двух интервалов составил 621 м³. Температура - 72°C.

Восточнее, в скважине Лемок -1 по данным ГИС верхнекольчумскому уровню разреза соответствует доломитовая толща (инт. 2450-2710 м) без существенной глинистой и ангидритовой составляющих. Впрочем, качество коллекторов здесь оцениваются ниже. Другими скважинами в этом районе этот уровень разреза не вскрыт.

Елогуйский коллектор, представляющий собой 3 обособленных пласта, выделяется в верхней части одноименной свиты в интервалах 3028-3057, 3097-3107, 3157-3195 м соответственно. Средний пласт охарактеризован керном, представленным оолитово-комковатыми известняками с раскристаллизованным, базаль-

ным иловым цементом, претерпевшим доломитизацию. Значения пористости в нем изменяются от 0,8% до 5,4%, составляя в среднем около 3%. Пустотное пространство имеет межзерновую и межкристаллическую природу. Для пород характерна неравномерная пропитка битуминозным веществом. Верхний и нижний пласты по данным ГИС и шламовому материалу представлены преимущественно известняками и глинистыми известняками. Значения пористости по результатам интерпретации ГИС составляют в среднем около 5%, достигая в верхнем пласте 11%, а в нижнем - 8%. Эти же данные говорят о преимущественно трещинно-каверновом и каверновом типах коллектора пластов резервуара.

Испытанию была подвергнута только верхняя половина верхнего пласта, откуда получен приток минерализованной воды плотностью 1,04 г/см³. Максимальный дебит составил 4,53 м³/сут. Минерализация воды – 67 г/л. Пластовая температура - 64,5°С.

В скважине Лемок-1 верхнеелогуйская часть разреза (инт. 2100-2270 м) также может рассматриваться в качестве коллектора и представлена пористыми и кавернозными биотурбированными мелкообломочными карбонатами. В кавернах отмечены выделения черных пластичных битумов, керн часто пятнами пропитан нефтью. Керном охарактеризованы 2 небольших интервала подсвиты.

В западной части бассейна выявленные коллекторские уровни отсутствуют – в скважинах Восток-1 и Восток-3 весь нижнекембрийский разрез сильно редуцирован по мощности и представлен бассейновыми фациями глинистых известняков с очень низкими емкостными (пористость до 0,3%) и фильтрационными (проницаемость $\leq 0,001 \times 10^{-15} \text{ м}^2$) свойствами. Вышележащие отложения среднего и верхнего кембрия, в целом, также имеют неудовлетворительные коллекторские свойства, связанные со значительной глинистостью карбонатного разреза и постседиментационной доломитизацией. Лишь небольшие фрагменты разреза, представленные оолитовыми известняками или карбонатами со значительной долей силикокластики могут иметь более высокие емкостные свойства (максимальная пористость до 3%, проницаемость до $2 \times 10^{-15} \text{ м}^2$), хотя и недостаточные для выделения регионального резервуара.

Флюидоупором для нижнеоксымского коллектора может служить верхнеоксымская подсвета и нижнии фрагменты тыйской свиты общей мощностью около 800 м. Большая их часть образована переслаиванием доломитов и ангидритов, включающим тонкие слои глинистого вещества. Фильтрационно-емкостные свойства образцов характеризуются очень малой пористостью (первые проценты) и проницаемостью ($<0,001 \times 10^{-15} \text{ м}^2$, редко до $2-4 \times 10^{-15} \text{ м}^2$).

Флюидоупором для тыйского коллектора служат глинисто-доломитовые и ангидритовые отложения верхней части тыйской, а также глинисто-карбонатные аверинской и нижней части кольчумской свит общей мощностью около 400 м. В испытанных образцах практически отсутствует проницаемость. На экранирующих свойствах пород положительно сказывается также наличие глинистого вещества и тонкая плотная структура эвапоритов.

Хороших флюидоупоров между верхнекольчумским и елогуйским коллекторами не фиксируется, тем не менее, по данным ГИС нижняя подсвета елогуйской свиты, особенно верхняя ее часть, характеризуется наличием примеси глинистого вещества и пониженными значениями пористости. Мощность этой части отложений составляет не менее 80 м.

Общим региональным флюидоупором для всех выделенных коллекторов служат отложения эвенкийского уровня, представленные известково-доломитовыми алевроаргиллитами. По петрофизическим данным породы характеризуются низкой пористостью, в целом не превышающей 1% и практически полным отсутствием проницаемости. Положительным фактором улучшения флюидоупорных свойств эвенкийской свиты является присутствие глинистой составляющей в карбонатных и терригенных породах, широкое распространение тонких прослоев аргиллитов, развитие диагенетического кальцита и ангидрита. Для рассматриваемых пород трещиноватость не характерна.

В *верхневендском* разрезе скв. Восток-3 по данным изучения керна и ГИС выделяется мощный с многочисленными потенциальными пластами пойгинский резервуар, выше него – котоджинский, еще выше по разрезу - 3 менее выраженных райгинских резервуара (Рисунок 6.7).

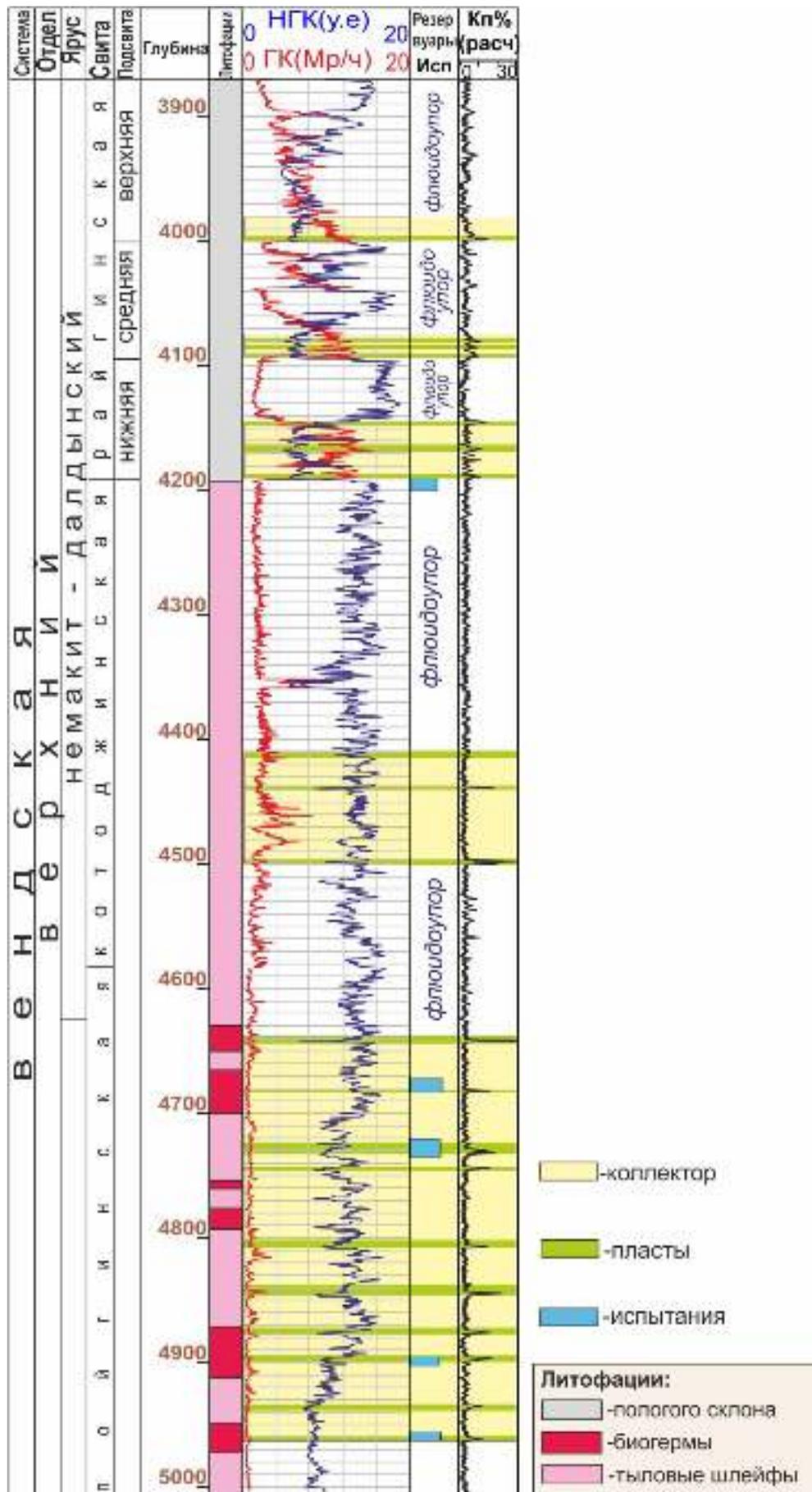


Рисунок 6.7 - Резервуары в верхневендском разрезе скв. Восток-3.

Отложения *пойгинского коллектора* общей мощностью до 300 м представлены, в основном, пластово-строматолитовыми доломитами, сформированными в обстановке рифовой системы в пределах стабильного шельфа, изолированного от потоков терригенного вещества, и позднее перекристаллизованных. В керне иногда встречается пустотное пространство (полости перекристаллизации и каверны выщелачивания), частично заполненное битуминозным веществом. Общий объем порово-каверновых полостей в отдельных прослоях может достигать 15-20% (в нефрагментированном керне до 2,6%). Их максимальный размер составляет 15 x 5 мм. Проницаемость в изученных образцах не превышала $0,2 \times 10^{-15}$ м². По значениям пористости и проницаемости соответствуют коллекторам со средней (группа Б, класс V) и низкой (группа В, класс VI) емкостью. Частая фрагментация керна (из-за чего часто невозможно определить пористость в лабораторных условиях) и его низкий выход свидетельствует о значительной и решающей роли трещиноватости в формировании коллектора, качество которого может оказаться значительно выше (до класса III группы Б), чем в измеренных интервалах.

По данным ГИС в составе резервуара выделяется до 10 отдельных маломощных (первые метры) пластов с пористостью от 6 до 24%. Испытаны только 4 из них, получен малодобитный (18, 18, 25 и 33 м³/сут) приток пластовой воды, общая минерализация которой составила 83 г/л.

Котоджинский коллектор мощностью около 90 м (инт. 4410-4500 м) в отличие от пойгинского практически лишен пластово-строматолитовых доломитов, что связано с изменением глубины бассейна. В нем преобладают средне- и микророзернистые доломиты с интенсивной трещиноватостью.

Большая часть доломитов перекристаллизована с образованием каверно-порового пространства и множества стилолитовых швов. Стилолиты разной степени зрелости и развитые по ним поры и каверны выщелачивания часто заполнены углеродистым веществом, достигая местами до 3-4% содержания в породе. В целом, количество пор и каверн в этом резервуаре меньше, а пустотное пространство определяется, главным образом, порами, тогда как в пойгинской преобладают каверны. Общее количество пор в перекристаллизованных доломитах может

достигать 10-15%. По результатам петрофизических исследований образцов (в наиболее трещиноватых участках керна цилиндры не удалось изготовить), пористость меняется от 0,1 до 16,2 %. Средний диапазон изменения проницаемости от тысячных долей до $0,7 \times 10^{-15} \text{ м}^2$, в наиболее пористых прослоях проницаемость возрастает до 3 - $60 \times 10^{-15} \text{ м}^2$. По данным ГИС выделяются 3 маломощных пласта с максимальной пористостью до 20%. Испытания не проводились.

Райгинские коллектора хорошо обособляются по ГИС, и приурочены к трём крупным циклопачкам в составе одноименной свиты. Каждый циклит в нижней части сложен обломочными известняками с прослоями песчаников, алевролитов и углеродсодержащих аргиллитов, а в верхней части – пелитоморфными известняками. По данным ГИС породы резервуаров характеризуются невысокими фильтрационно-емкостными свойствами: максимальная пористость составляет около 6-8% при слабой проницаемости. По данным лабораторных петрофизических исследований пористость в межрезервуарных прослоях в целом составляет не более 0,1 %, проницаемость $\leq 0,001 \times 10^{-15} \text{ м}^2$, что позволяет отнести их к флюидоупорам. Их мощности и состав можно оценить по разрезу на рисунке 6.7.

6.3 Районирование резервуаров по степени перспективности

Одним из результатов проведенных палеогеографических реконструкций является установление в границах Предъенисейского бассейна существования двух важных с точки зрения оценки потенциальной нефтегазоносности сопредельных палеогеоморфологических структур и соответствующих им фациальных зон. Это предрифовый некомпенсированный прогиб с нефтематеринскими высокоуглеродистыми отложениями (пайдугинская свита) и потенциально продуктивная барьерная рифовая система шириной в десятки километров, с крутым склоном в сторону некомпенсированного суббассейна. Благоприятное сочетание фациально-палеогеографических факторов позволяет высоко оценить общие перспективы нефтегазоносности Предъенисейского бассейна с этих позиций.

Согласно принятым классификациям резервуаров по масштабности распространения [Геология..., 1975, 1981 и др.] выделенные резервуары можно отнести

к рангу зональных (возможно – региональных), и соответственно, к рангу потенциально нефтегазоносного горизонта (возможно - комплекса).

Отсутствие достаточного количества данных по всей территории бассейна не позволяет классифицировать потенциальные резервуары по качеству, как это было сделано, в частности, для аналогичных отложений на СП [Геология..., 1981; Шемин, 2007 и др.]. Тем не менее, с учетом выявленного распространения (в разрезе и плане) проницаемых комплексов, флюидоупоров, их литологии и генезиса можно попытаться качественно дифференцировать территорию бассейна по степени перспективности резервуаров.

С этой целью выделенные резервуары (проницаемые комплексы и флюидоупоры) были подразделены на соответствующие классы. Проницаемые комплексы по генезису были разделены на биогермы, обломочные органогенные карбонаты (предрифовые и зарифовые шлейфы) и бассейновые (дистальные) карбонаты. Флюидоупоры были условно разделены на эвапаритовые (каменная соль, ангидрит) и глинисто-карбонатные. В соответствии с таким разделением были выделены предполагаемые зоны распространения 6 типов (классов) резервуаров:

- 1) зоны карбонатных коллекторов (биогермы), перекрытых карбонатно-глинистыми (пайдугинская и райгинская свиты) и, частично, эвапоритовыми (каменная соль, ангидриты) флюидоупорами;
- 2) зоны карбонатных коллекторов (биогермы), перекрытых карбонатно-глинистыми (пыжинская толща или кольчумская свита) флюидоупорами;
- 3) зоны карбонатных коллекторов (зарифовые тыловые шлейфы), перекрытых эвапоритовыми (усольская свита) или карбонатно-глинистыми флюидоупорами (пайдугинская и райгинская свиты);
- 4) зоны карбонатных коллекторов (зарифовые тыловые шлейфы), перекрытых карбонатно-глинистыми (пыжинская толща или кольчумская свита) флюидоупорами;
- 5) зоны карбонатных коллекторов (предрифовые шлейфы и др.), перекрытых карбонатно-глинистыми флюидоупорами;
- 6) зоны коллекторов низкого качества (соленосно-карбонатно-глинистые,

терригенно-вулканогенно-карбонатные отложения).

Различие между группами резервуаров «1» и «3», с одной стороны, и «2» и «4», с другой, состоит в том, что в первом случае флюидоупор непосредственно перекрывает проницаемый комплекс, а во втором между проницаемой частью и флюидоупором залегает комплекс пород, который в нефтегазовой геологической литературе часто называют «полупокрышками». Во втором случае при прочих равных условиях перспективы резервуаров будут ниже. Районирование территории распространения отдельных резервуаров по этим литолого-генетическим показателям приведено на рисунке 6.8.

Кроме этого, необходимо учитывать роль вторичных изменений пород, которые преимущественно вели к ухудшению их фильтрационно-емкостных свойств, что уменьшило качество резервуаров нефти и газа. 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. Примером этого является Юрубчено-Тохомская зона нефтегазонакопления на Байкитской антеклизе СП. При этом, особое внимание следует обратить на предперерывные карбонатные комплексы, перекрытые надежными флюидоупорами.

6.4 Тектонический режим. Возможные типы ловушек

Тектонический режим. Взаимосвязь нефтегазоносного потенциала с генезисом и геодинамической историей нефтегазоносных бассейнов исследовалась многими специалистами [Конторович, 1977, 2004; Методы..., 1979; Прогноз..., 1981; Дмитриевский, 1982; Количественная..., 1988; Баженова и др., 2000; Баженова, 2009; Хаин, 2001; Осадочные..., 2004; Шеин, 2006; Галушкин, 2007; Прищеп, 2008, 2011; Hantschel, Kauerauf; 2009; Allen P.A., Allen J.R., 2013, Эволюция..., 2015 и др.]. Для палеозойского этажа ЗСП эти вопросы рассматривались в работах разных коллективов [Геология..., 1975; Методы..., 1980; Геохимические..., 1980; Конторович и др., 2000; Сурков, Жеро, 1981; Клещев, Шеин, 2004; Ступакова и др., 2015; Смирнов, Старосельцев, 2016 и др.].

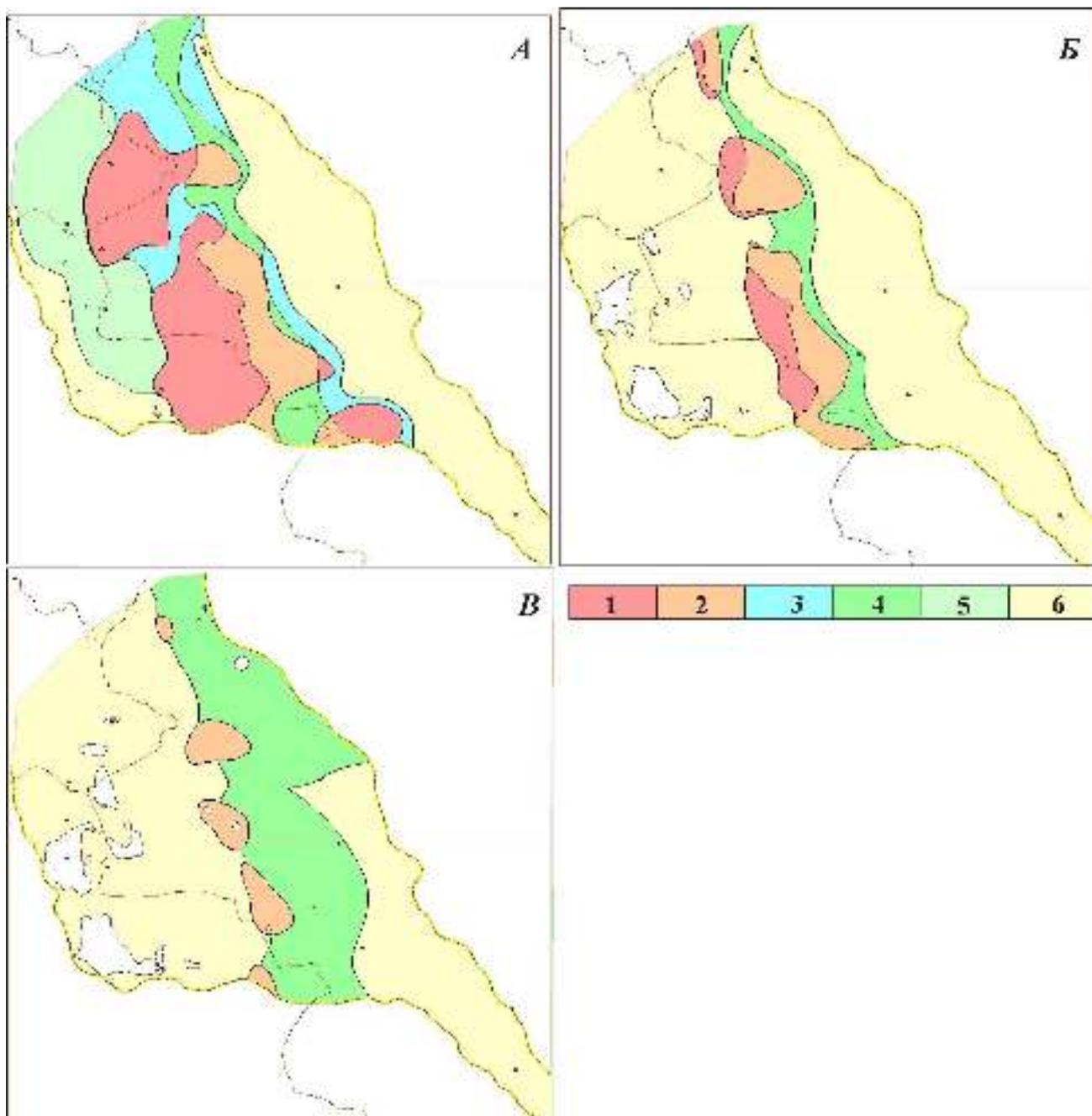


Рисунок 6.8 - Схема распространения резервуаров отдельных классов в осадочных комплексах: а) верхневендском, б) нижнекембрийском (усольском), в) ниже-верхнекембрийском.

Цветом показаны классы предполагаемых резервуаров (проницаемый комплекс + флюидоупор): 1 - зоны распространения карбонатных коллекторов (биогермы), перекрытых карбонатно-глинистыми (пайдугинская и райгинская свиты) и, частично, эвапоритовыми (каменная соль, ангидриты) флюидоупорами; 2 - зоны распространения карбонатных коллекторов (биогермы), перекрытых карбонатно-глинистыми (пыжинская толща или кольчумская свит) флюидоупорами; 3 - зоны распространения карбонатных коллекторов (зарифовые тыловые шлейфы), перекрытых эвапоритовыми (усольская свита) или карбонатно-глинистыми флюидоупорами (пайдугинская и райгинская свиты); 4 - зоны распространения карбонатных коллекторов (зарифовые тыловые шлейфы), перекрытых карбонатно-глинистыми (пыжинская толща или кольчумская свита) флюидоупорами; 5 - зоны распространения карбонатных коллекторов (предрифовые шлейфы и др.), перекрытых карбонатно-глинистыми и, частично, эвапоритовыми флюидоупорами; 6 - зоны распространения коллекторов низкого качества (соленосно-карбонатно-глинистые, терригенно-вулканогенно-карбонатные отложения)

Ясно, что эта задача не может иметь универсального решения, так как нет абсолютно идентичных бассейнов. Тем не менее, геодинамический анализ, поиск основных факторов, определяющих их нефтегазоносность, представляет собой очень важную задачу при прогнозе потенциальной нефтегазоносности.

Изучение тектонического строения и проведенные палеогеодинамические реконструкции (Глава 5) позволили автору предложить геологическую модель бассейна, рассматривающую верхнепротерозойско-палеозойский комплекс в качестве чехольных образований выделенного здесь Касско-Туруханского микроконтинента (жесткого массива), в результате коллизионных процессов консолидировавшегося в криогении с краевыми частями СП и на рубеже позднего неопротерозоя развивавшихся уже как единая структура. В такой трактовке западные районы бассейна принадлежали в кембрии к активной окраине материка и располагались в пределах задугового (окраинного) бассейна, который на востоке в тыльной своей части переходил в эпиплатформенный бассейн с корой континентального типа.

Полученные результаты позволяют сделать некоторые важные с точки зрения потенциальной нефтегазоносности выводы (предположения).

Во-первых, возраст окончания аккреционных процессов и, соответственно, начала формирования новой пассивной континентальной окраины, вероятнее всего, лежит в пределах 630-650 млн. лет. Это означает, что мощные высокоуглеродистые (и потенциально нефтематеринские) рифейские комплексы, формировавшиеся по аналогии с одновозрастными отложениями Енисейского кряжа на окраинах микроконтинента, должны залегать ниже платформенного осадочного наполнения бассейна и, судя по сейсмическим данным, значительно дислоцированы. Не исключен вариант нахождения докембрийских потенциально нефтематеринских толщ и в составе верхнепротерозойского осадочного комплекса (моложе 650 млн. лет), но конкретных данных для такого вывода пока нет. В любом случае, на сегодняшний день нам не известны ни объем докембрийских потенциально нефтепроизводящих толщ, ни их генерационный потенциал.

Во-вторых, в отличие от докембрийского этапа, достоверно известно, что в

западной части бассейна на рубеже раннего и среднего кембрия существовали условия для накопления высокоуглеродистой (и потенциально нефтепроизводящей) толщи куонамского типа – пайдугинской свиты. Данные бурения позволили оценить ее состав, мощность и содержание органического углерода, а палеогеографические реконструкции – наметить примерный ареал ее распространения.

В-третьих, 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 пликативные дислокации, включая проявления начальных стадий соляного диапиризма. Деструктивное влияние каледонских складчатых процессов могло привести к частичному уничтожению сформированных залежей УВ в западных районах бассейна и способствовать миграции части произведенных УВ.

В течение второго этапа масштаб преобразований, вертикальных движений и эрозии верхних горизонтов был значительно выше. Общее воздымание территории в этот период должно было, прежде всего, вывести потенциальные нефтематеринские комплексы из области ГЗН или, по крайней мере, значительно ослабить нефтеобразующие процессы. Кроме того, в этот период верхние части палеозойского разреза (на большей части территории все осадочные комплексы м.ложе кембрия, а в районе Райгинско-Ажарминского вала включая весь кембрий) были денудированы. В конце этой фазы орогенеза, по-видимому, были сформированы основные пликативные структуры верхнедокембрийско - нижнепалеозойского комплекса с проявлением в восточных районах элементов соляной тектоники. С этим периодом также может быть связана значительная потеря или передислокация накопленных ранее УВ, в том числе из-за развития дизъюнктивных нарушений и формирования новых антиклинальных ловушек.

Начиная с юрского времени, когда весь район испытал общее региональное

погружение (от 1 км на востоке до 3 км на западе) докембрийские и нижнекембрийские нефтепроизводящие отложения, по всей видимости, могли снова попасть в зону нефтегазообразования, что вызвало очередной небольшой пик образования УВ и миграционных процессов. Многофазность подобных процессов, отмеченная в ходе геохимических исследований ОВ (о них будет сказано ниже), подтверждает эти предположения. Нет оснований и для возражений против того, что эти процессы могут продолжаться и ныне.

Для проверки этих предположений и детализации динамики процессов нефтидогенеза, целесообразно выполнить палеореконструкции осадконакопления и погружений, термальной истории и реализации нефтегазогенерационного потенциала нефтематеринских пород с использованием известных методик моделирования этих процессов [Тиссо, Вельте, 1981; Галушкин, 2007; Allen P.A., Allen J.R., 2013; Hantschel, Kauerauf, 2009; Peters et al., 2009 и др.].

Попытка такого одномерного моделирования по нескольким разрезам впервые для Предъенисейского бассейна была предпринята Л.М. Бурштейном и автором [Филиппов, 2016б] с использованием программного комплекса TEMIS (Weicip-Franlab Company). Анализ состава и мощностей сейсмостратиграфических комплексов, выделенных на разрезах ОГТ, региональная (экспертная) оценка вероятного наличия и мощности средне- и верхнепалеозойских толщ, времени и масштабов денудации позволили получить динамические модели погружений для разрезов различных районов, две из которых приведены на рисунке 6.9.

В условиях преимущественно карбонатного разреза и отсутствия возможности прямых замеров отражательной способности витринита (R_{vt}^0) в целях оценки зрелости ОВ в ИНГГ СО РАН (лаборатория геохимии нефти и газа, зав. лаб. А.Н. Фомин) проводились пиролитические исследования (методом Rock-Eval) и анализ состава битумов люминесцентно-битуминологическим методом, а также химический состав керогена. Кроме того, А.Н. Фоминым для решения этих задач были проанализированы образцы керна из ряда скважин, содержащие битуминит (сорбомикстинит) [Фомин, 2011]. В карбонатных породах, обедненных ОВ, замеры отражательной способности битуминитов (R_{bt}^0) вынужденный, но, по сути,

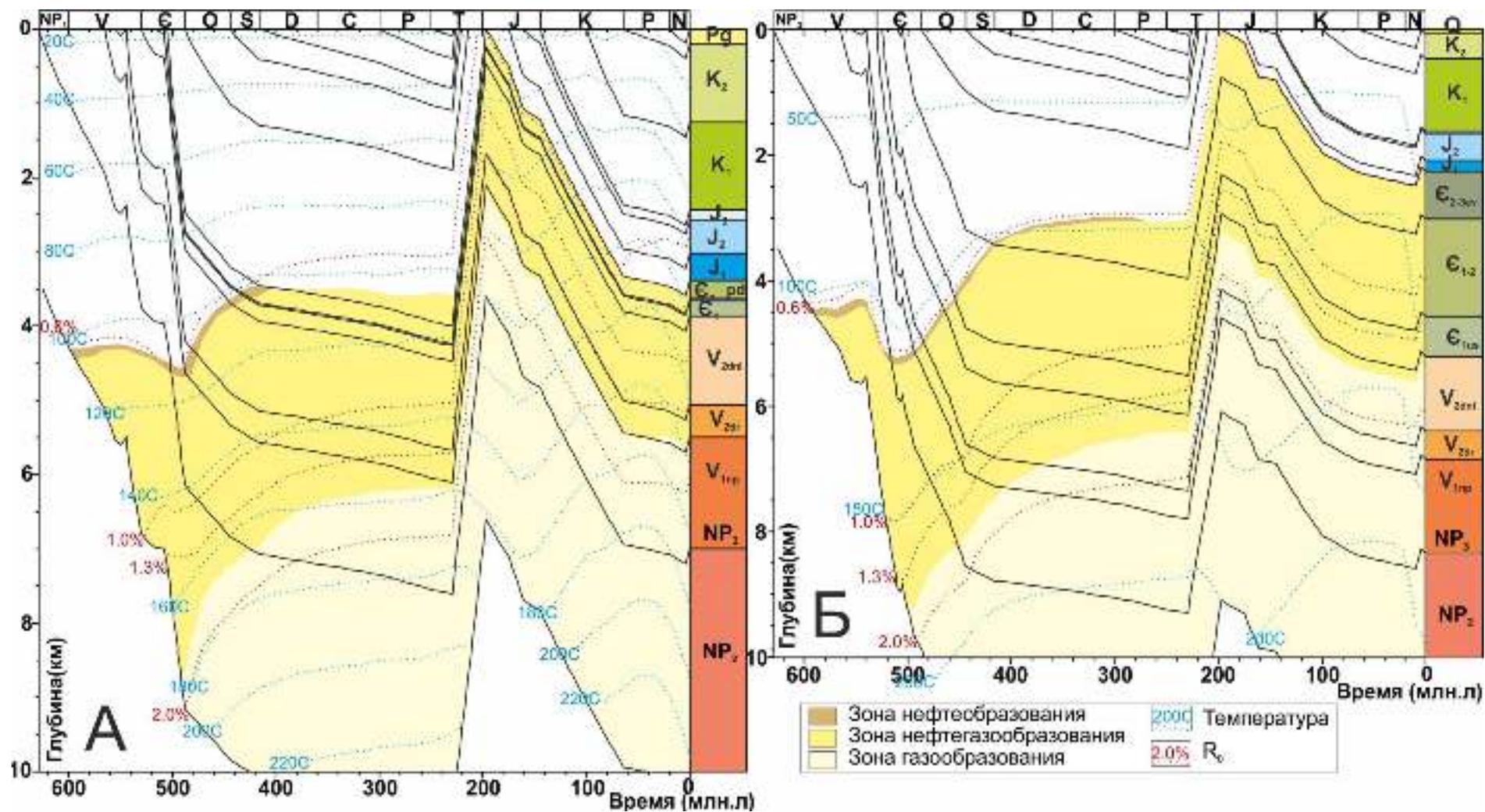


Рисунок 6.9 - Графики погружений осадочных комплексов, температур, зрелости ОВ и зон нефтегазообразования по результатам моделирования для различных районов Предъенисейского бассейна: А) скв. Восток-3; Б) скв. Восток-4.

единственный прямой способ оценки степени катагенеза ОВ в породах.

В связи с возможным наличием в одной и той же породе битуминитов разной степени преобразованности (вследствие дифференцированного каталитического воздействия глинистых частиц на сорбат и присутствия в породе битуминитов разных этапов генерации) неизбежны существенные вариации отражательной способности и, как следствие, неоднозначности оценок. Кроме того, существуют известные проблемы корреляции R_{vt}^0 и R_{bt}^0 на разных стадиях катагенеза, что также не способствует корректности и однозначности выводов. С учетом этих моментов необходимо иметь в виду, что полученные показатели можно использовать лишь для ориентировочных оценок [Фомин, 2011].

Что касается пиролитических исследований, то и здесь имеется ряд проблем, не позволяющих абсолютно корректно использовать полученные результаты. В условиях низких содержаний $C_{орг}$ (десятые доли % в целом по разрезу, за исключением райгинской и пайдугинской толщи и редких глинистых прослоев, где средние значения превышают 1%) и наличия аллохтонной примеси, к значениям выхода новообразованных углеводородов (пик S_2) и, соответственно, оценкам T_{max} нужно относиться осторожно. В частности, об этом косвенно свидетельствует анализ некоторых полученных данных.

Во-первых, на графиках зависимости показателей T_{max} , полученных при термической обработке образцов из скважин, от глубины не наблюдается заметного тренда (в отличие от террагенного ОВ в мезозойских толщах ЗСП, график зависимости для которого также показан на рисунке) (Рисунок 6.10). Этот факт, характерный для докембрийских отложений СП, отмечает в своей диссертации Ю.А. Филиппов [Филиппов, 2015]. Он объясняет его, в частности, сапропелевым (нефтематеринским) типом ОВ, обусловленным наличием сложно разветвленных углеводородных структур и, как следствие, изначально разной степенью генетического преобразования ОВ, а также низким содержанием ОВ в породах. Интересно, что подобный характер обнаруживают и замеры T_{max} в образцах темных аргиллитов триасового возраста в скв. Восточно-Пайдугинская-1.

Во-вторых, значения T_{max} для части проанализированных методом Rock-

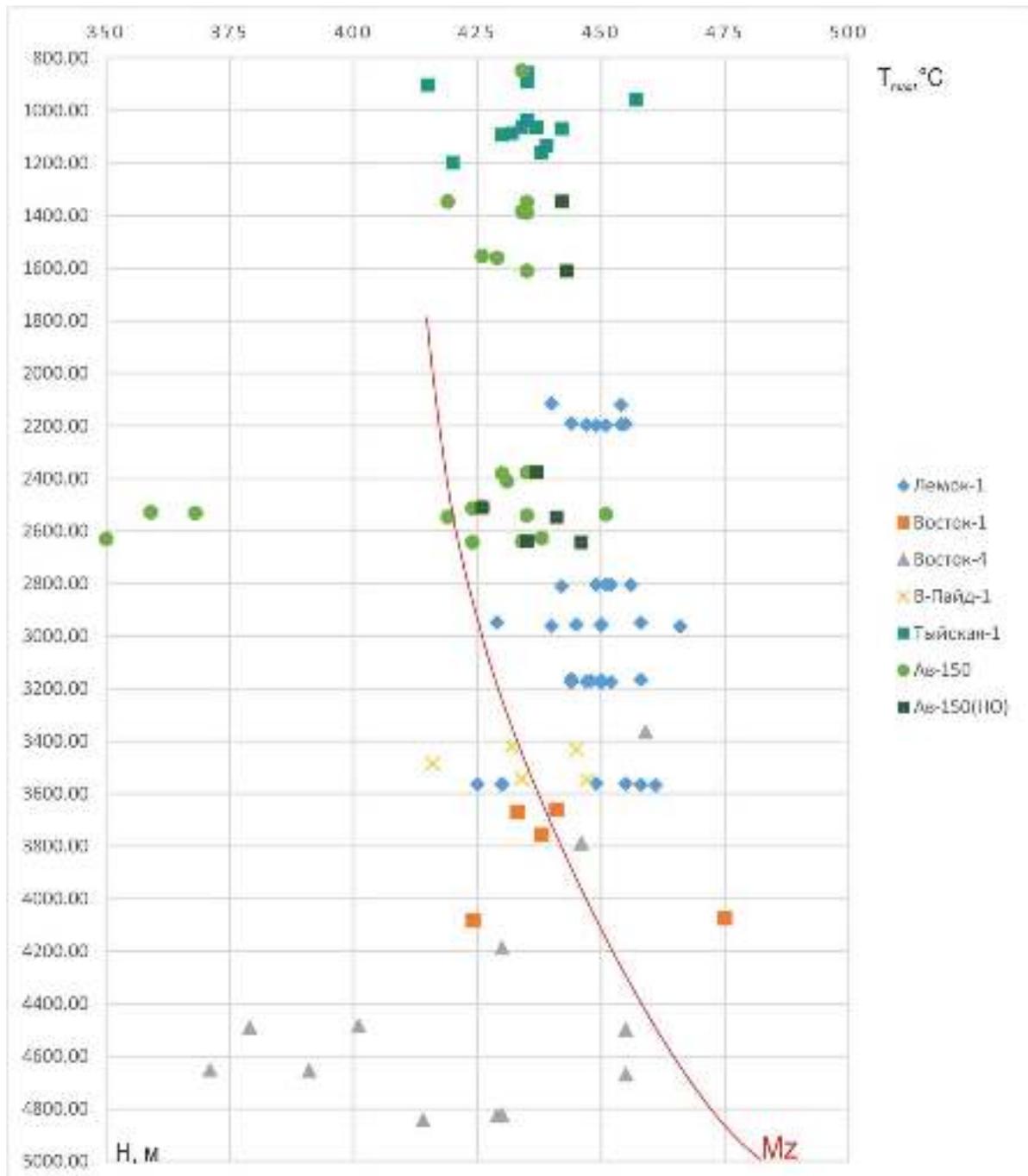


Рисунок 6.10 – Зависимость T_{\max} от глубины отбора проб (кембрий) в скважинах Предъенисейского бассейна (красной линией показана усредненная зависимость для мезозойских отложений северо-востока ЗСП по [Болдушевская и др., 2001]).

Eval проб (в частности, для вендских и нижнекембрийских проб из скважины Восток-3) оказались очень высокими – 500-600°C и более. Для этих проб характерны невысокие значения S_2 и содержания $C_{\text{орг}}$. На этот момент в отношении некоторых докембрийских разрезов СП также обращал внимание Ю.А. Филиппов в

своей работе [Филипцов, 2015]. Обусловлен этот факт, скорее всего, разложением при пиролизе не собственно ОВ, а уже минеральной части породы, от которой при малых содержаниях ОВ избавиться при анализе не удастся.

В-третьих, часто наблюдаются обратные случаи – когда высоко преобразованные пробы (например, по данным элементного состава керогена) дают низкие значения S_2 и T_{\max} , что связано не с разложением собственно керогена, а деструкцией сильно преобразованных УВ, не до конца разложившихся на низкотемпературном этапе термолиза. Такая ситуация отмечается в некоторых пробах скв. Восток-1 и 4 [Конторович и др., 2011а], Аверинская-150 (для примера показаны на рисунке 6.10) и ряде скважин на СП [Филипцов, 2015].

Тем не менее, полученные и скоррелированные показатели R_{bt}^0 , элементный состав керогена и выборочные данные пиролиза, в целом, свидетельствуют о полноте реализации нефтегенерационного потенциала в преобладающей части венд-кембрийских толщ [Конторович и др., 2011а,б; Конторович, Костырева, 2011]. Это подтверждает и модельная палеотемпературная и катагенетическая (расчетные значения R^0) зональность, прослеженная в скв. Восток-3 и Восток-4 [Филиппов, 2016б], а также выделенные по известным соотношениям зоны генерации нефти и газа, которые показаны на рисунке 6.9.

На приведенных графиках можно видеть, что в западной части бассейна (район скв. Восток-3) процесс генерации нефти мог продолжаться с венда (для рифейских нефтематеринских толщ) до девона (для среднекембрийских толщ) на глубинах около 4 км. В восточных частях для эвенкийского уровня он мог продолжаться до перми. В процессе дальнейших вертикальных движений и катагенетических преобразований 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.

Типы ловушек. В домезозойской части Предъенисейского бассейна, судя по сейсмическим данным и данным бурения, можно предполагать ловушки различного типа (Рисунок 6.11):

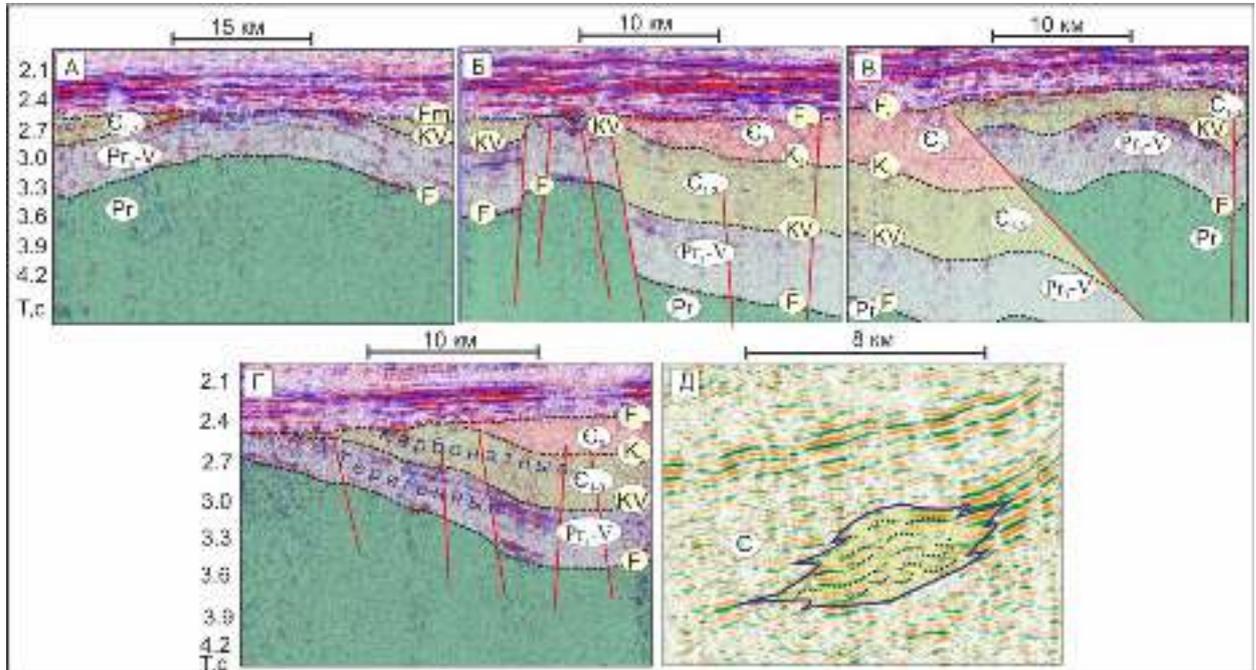


Рисунок 6.11 - Типы нефтегазоперспективных объектов в верхнепротерозойско-палеозойских отложениях Предъенисейского бассейна.

А - антиклинальная структура, Б - тектонически-экранированная ловушка, В - наднадвиговая структура, Г - структурно-стратиграфические ловушки, Д - рифогенная постройка

1. Соляные структуры (например, Иштыкская антиклиналь).
2. Антиклинальные структуры платформенного типа, распространенные на значительной территории вне структур, связанных с соляной тектоникой, и хорошо фиксируемые на сейсмических разрезах. Амплитуда их иногда превышает 1 км, размеры - до 100 км², редко - несколько больше. На таких поднятиях могут быть продуктивны все потенциальные горизонты кембрия и венда.
3. Биогермные ловушки также, вероятно, имеют широкое распространение на рассматриваемой территории. Как и в северо-западной части СП, здесь можно ожидать распространение биогермных ловушек двух типов: 1) рифового уступа, окаймляющего карбонатную кембрийскую платформу с запада в зоне перехода ее в континентальный склон и по времени формирования совпадающую с формиро-

ванием ранне-среднекембрийских рифов на северо-западе и востоке СП и 2) отдельные биогермные постройки.

4. Своеобразными ловушками могут служить поверхности несогласий. Например, это широко распространённое и наиболее ярко выраженное несогласие между протерозойскими и вышележащими эдиакарскими отложениями. Оно отчетливо наблюдается на временных разрезах. Если в протерозое присутствуют коллекторские горизонты, то, при выходе их к поверхности предэдиакарского несогласия, они могут теоретически содержать промышленные скопления УВ. Обусловлено это тем, что эрозионная поверхность протерозойских пород претерпела процессы гипергенного выщелачивания, и будет являться вторичным коллектором, а базальные горизонты эдиакария, главным образом глинистые или соленосные (для венда), по всей вероятности, будут служить флюидоупорами.

5. Как потенциальные ловушки можно расценить зоны надвигов и крупных дизъюнктивных нарушений взбросового типа, характеризующиеся смещением временных горизонтов, что также фиксируется на ряде временных разрезов.

6.5 Геохимические критерии прогноза нефтегазоносности, гидрогеологические и геотермические условия

Геохимические критерии прогноза нефтегазоносности. В рамках уже упоминавшейся программы «Восток» специалистами ИНГГ СО РАН под руководством академика А.Э. Конторовича комплексом аналитических методов (углепетрография, пиролиз, битуминология, газо-жидкостная хроматография, хромато-масс-спектрометрия) были проведены детальные геохимические исследования ОВ и нафтидов в верхневендских и кембрийских разрезах скважин (Рисунок 6.12). Результаты были опубликованы в ряде работ [Костырева и др., 1999; Конторович и др., 2000, 2011а,б; Конторович, Костырева, 2011 и др.].

Ранее, ОВ в доюрских толщах и водах бассейна исследовалось в скважинах, пробуренных в 70-е годы – на Вездеходной, Ванжильской, Еланской, Няргинской площадях [Геологический..., 1977ф; Конторович и др., 1977; Геохимические..., 1980; Костырева, 2005 и др.]. В частности, авторами публикаций отмечается, что

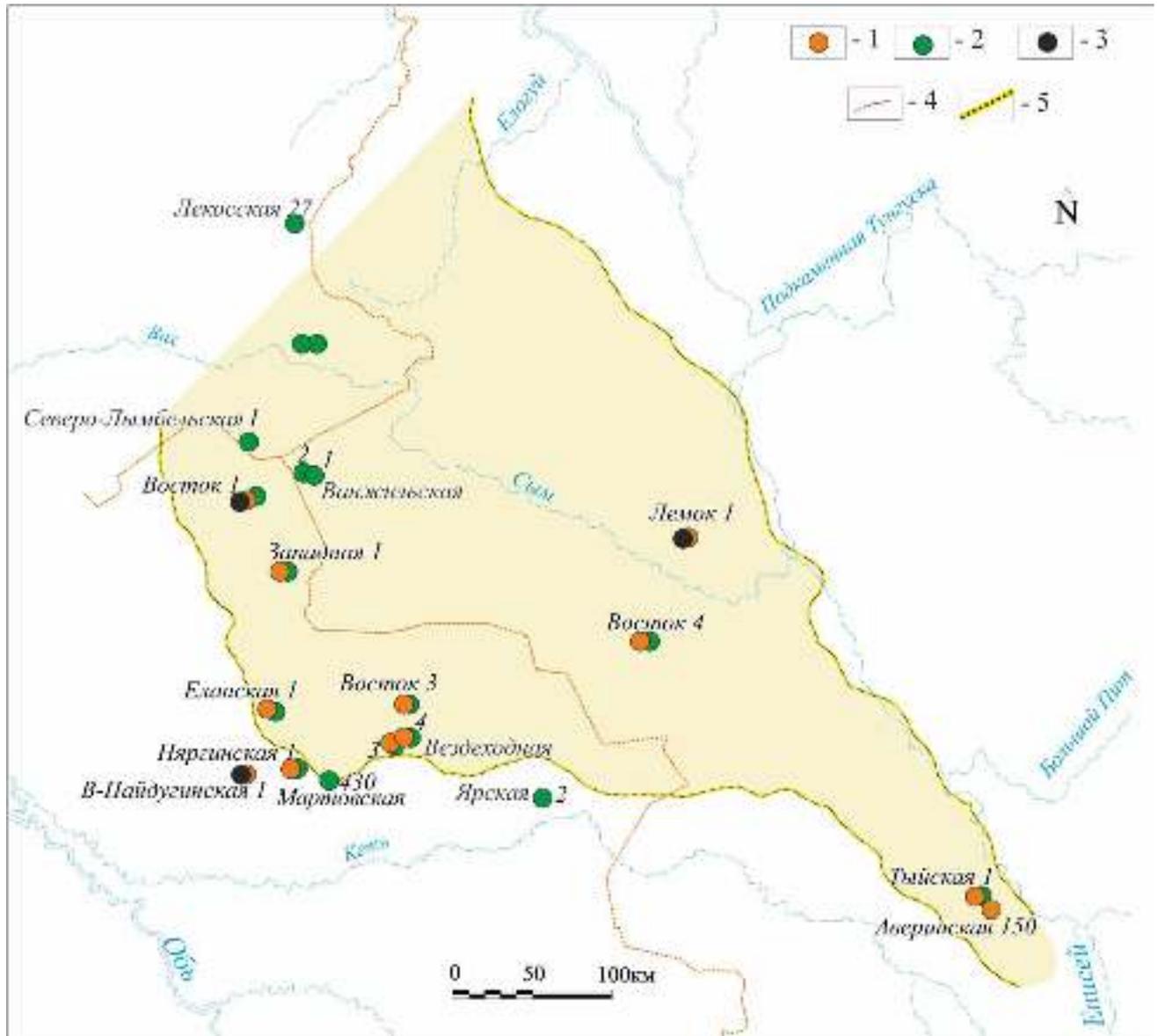


Рисунок 6.12 – Геохимические исследования ОВ и нафтидов в доюрских отложениях, вскрытых скважинами на территории Предьенейского бассейна.

Условные обозначения: скважины, где проводились: 1 – геохимические исследования ОВ, 2 – определения степени зрелости ОВ по битуминитам, 3 – геохимические исследования нафтидов; 4 – административные границы; 5 – границы бассейна.

для карбонатных пород в скв. Вездеходная-3, в целом, характерно низкое (фоновое) содержание $S_{орг}$ (0,01-0,001 % на породу) и сапропелевый тип ОВ, что позднее было подтверждено исследованиями в скв. Вездеходная-4 [Костырева и др., 1999]. В известняках на Няргинской площади содержание $S_{орг}$ составляет 0,06 %, в мергелях – 0,26 %. Более высокое содержание $S_{орг}$ (в среднем 0,85 %) зафиксировано в карбонатном разрезе скв. Еланская-1 и аналогичный тип ОВ. Кроме это-

го, по трещинам и в порах во многих вскрытых скважинами разрезах отмечается наличие черного ОВ - вероятно, миграционно остаточной или окислившейся нефти. Анализ аквабитумоидов в скв. Вездеходная-3 [Геологический..., 1977ф; Конторович и др., 1977;] показал, что в водах нижнекембрийских отложений в значительных концентрациях фиксируется весь комплекс углеводородных соединений, свойственных нефти. Можно сделать вывод, что генерация нефти в этих отложениях проходила и, возможно, продолжается до настоящего времени, а термодинамические и палеотермодинамические условия в них не привели к полной деструкции нефтей.

Первые нефтепроявления в кембрийских толщах Предъенисейского осадочного бассейна были выявлены в скважине Лемок-1, пробуренной в 1997 г. В этой скважине в пластах доломитов на глубинах 2100-2130 м, 2180-2240 м и 3145-3200 м в керне были обнаружены битумы (класса мальт и асфальтов), заполняющие поры, каверны и трещины [Конторович и др., 2000]. Кроме того, признаки нафтидонасыщения (запах нефти) отмечались в тонких прослоях обломочных доломитов среди солей усольской свиты. В верхних интервалах (средний кембрий) содержание мальт иногда достигает 0,4-1,0% на породу.

В пробуренной скважине Восток-1 нефтепроявления в керне были зафиксированы примерно на том же стратиграфическом уровне – в кондесской и поделгинской свитах (средний-верхний кембрий). Содержание нефти – 0,1-0,2% на породу. По аномально высокому значению битумоидного коэффициента и групповому составу битумоидов доказан вторичный (аллохтонный) характер нафтидов [Конторович, Костырева, 2011]. В скважине Восток-4 микроскопические проявления аллохтонных битумоидов зафиксированы в оксымской свите нижнего кембрия.

И, наконец, в 2014 году в результате испытаний в параметрической скважине Восточно-Пайдугинская-1, пробуренной у юго-западной границы Предъенисейского бассейна, в 50 км западнее Мартовской площади, из 3-х объектов были получены притоки парафинистой нефти с небольшими дебитами до 0,09 м³/сут. [Научное..., 2014ф]. Все объекты находились в интервале 3400-

3570 м, в зоне выветривания терригенно-вулканогенного (базальты и долериты с пластами аргиллитов) триасового комплекса. Геохимические анализы ОВ и нефти показали, что по составу нефти из скважины генетически схожи с рассеяным ОВ пород с этих же глубин.

Высокая зрелость нефти и ОВ, существенное отличие их состава от состава ОВ вышележащих (юрских и меловых) фрагментов разреза свидетельствует о разных источниках углеводородов и вероятном поступлении флюида в триасовую залежь из нижележащих горизонтов. Выполненный авторами анализ биомаркеров и изотопного состава углерода ОВ ($\delta^{13}\text{C}$ от -32,4 до -33,1‰) и нефти также указывают на их отличие от мезозойских аналогов. Был сделан вывод, что формирование нефтематеринских отложений должно было проходить в фотической зоне эвксинного бассейна, представляющего собой, наиболее вероятно, соленое озеро [Научное..., 2014ф]. Геохимический анализ нефтей, включая изотопный состав углерода, проведенный в ИНГГ СО РАН, по мнению А.Э. Конторовича, также указывает на древний (домезозойский) возраст нефтематеринских толщ.

Поскольку скважины Лемок-1, Восток-1, Восток-3, Восток-4 и Восточно-Пайдугинская-1 находятся в совершенно разных районах бассейна, то можно утверждать, что на территории южной части Предъенисейского бассейна процессы генерации и миграции протекали повсеместно.

Основные закономерности и выводы, которые можно сделать в результате проведенных авторами комплексных геохимических исследований ОВ вендских и кембрийских осадочных комплексов [Костырева и др., 1999; Конторович и др., 2000, 2011а,б; Конторович, Костырева, 2011 и др.] сводятся к следующему:

1. Максимальные концентрации органического углерода ($C_{\text{орг}}$) - от 0,7 до 2,2 % на породу, зафиксированы в пайдугинской свите (аналог карбонатно-сланцевой куонамской формации на СП). Концентрации $C_{\text{орг}}$ выше кларковых значений характерны для единичных образцов из оксымской, аверинской (скв. Тыйская-1), чурбигинской, поделгинской и шеделгинской свит кембрия.

2. Содержание хлороформенного битумоида выше кларковых отмечается в некоторых образцах скв. Восток-1, 3 и в единичных пробах аверинской и эвен-

кийской свит скв. Восток-4.

3. Значения биомаркерных параметров вендско-кембрийских битумоидов указывают на аквагенную природу ОБ (простейшие организмы – планктон, бактерии). Это подтверждает повышенное содержание изотопа углерода ^{12}C в ОБ (значения $\delta^{13}\text{C}$ от -29,8 до -34,8‰).

4. Биохимический состав фоссилизовавшегося живого вещества в вендско-кембрийских морских бассейнах не оставался постоянным. На это указывает разброс в соотношении холестанов и этилхолестанов, гопанов и трицикланов, а также распределение концентраций трицикланов отдельных молекулярных масс.

5. В скважинах Восток-1 и Лемок-1 в составе нафтидов идентифицированы 12- и 13-монометилкалканы, которые ранее установлены только в некоторых семействах докембрийских и нижнекембрийских нефтей (Сибирская платформа, Оман).

6. Процессы первичной и вторичной миграции битумоидов в толщах нижнего и среднего кембрия протекали весьма интенсивно. Наличие в составе битумоидов венда и кембрия аллохтонных битумоидов разных биогеохимических подгрупп подтверждает миграцию УВ из разных источников.

7. Для Предъенисейского бассейна традиционный вывод о высоком катагенезе органического вещества в верхнепротерозойских и палеозойских осадочных комплексах ЗСП неоднозначен. С одной стороны, состав керогена ОБ венда и кембрия и данные пиролитических исследований показывают, что оно достигло стадии апокатагенеза (до АК₂-АК₃). С другой - присутствие в составе автохтонных и аллохтонных битумоидов всего спектра биомаркерных углеводородов, смол и асфальтенов свидетельствует о том, что, хотя ОБ докембрия и кембрия Предъенисейского бассейна свой генерационный потенциал исчерпало, палеотермодинамические (Р-Т) условия катагенеза в бассейне к деструкции всех образовавшихся углеводородов не привели.

8. Значения отношения T_s/T_m в вендских и кембрийских битумоидах Предъенисейского осадочного бассейна варьируют в интервале от 0,6-0,7 до 1,0-1,2, в единичных образцах до 1,3 – 3,0, что характерно для нижней части главной

зоны нефтеобразования и глубинной зоне газообразования.

Что касается возможных нефтепроизводящих толщ, следует отметить, что стратиграфических уровней, на которых располагаются основные генераторы углеводородов в Предъенисейском бассейне, было, как минимум, два. Одним из них могли быть осадочные породы докембрия, вторым – упоминавшаяся пайдугинская свита, аналог куонамской формации кембрия СП.

Согласно выполненным палеогеодинамическим реконструкциям бассейна (Глава 5), наиболее древними комплексами в составе слабодислоцированного (платформенного) осадочного чехла бассейна должны быть толщи моложе среднего неопротерозоя (630-650 млн. л) [Филиппов, 2016а, 2017].

Выполненные ранее оценки перспектив нефтегазоносности докембрийских комплексов этого возраста на СП показывают, что, в целом, мощных осадков этого возраста с высоким нефтегенерационным потенциалом в ближайших районах платформы и Енисейского кряжа не отмечается. Исключение составляют мало-мощные обогащенные $S_{орг}$ прослои аргиллитов ванаварской свиты непского горизонта и оскобинской (чистяковской) свиты тирского горизонта венда. И хотя содержания $S_{орг}$ в этих прослоях иногда может достигать до 2-8 %, мощность этих прослоев, очевидно, мала для существенной роли в региональных нефтегенерационных процессах СП. Этот тезис убедительно обосновывает в своей диссертации Ю.А. Филиппов [Филиппов, 2015], хотя и отмечает возможность существования дополнительного вендского нефтегенерационного источника в погруженных частях бассейна, где мощности свит и содержание $S_{орг}$ увеличиваются.

Более оптимистичный взгляд на нефтегазогенерационный потенциал вендского комплекса на СП высказывает Т.К. Баженова [Баженова, 2009, 2016; Баженова и др., 2011 и др.]. По ее расчетам масштабы генерации вендских нефтегенерационных комплексов суммарно близки к таковым для куонамской свиты, правда, не в последнюю очередь за счет широкого латерального распространения. По мнению Т.К. Баженовой, вендские нефтегазоматеринские горизонты «обеспечивают нефтегазоносность Непско-Ботуобинской антеклизы и частично Байкитской антеклизы, Катангской седловины и Ангарской зоны складок».

В пределах Предъенисейского бассейна бурением в 2-х скважинах вскрыты только верхневендские существенно карбонатные комплексы. Геохимический анализ ОВ и пиролитические исследования проводились в одной из них – Восток-3 [Конторович и др., 2011б]. За исключением редких тонких слойков и стилолитовых швов, содержание $C_{орг}$, в целом, низкое – сотые и десятые доли %. Элементный состав керогена и данные пиролиза указывает на очень высокий уровень катагенеза ОВ (апокатагенез), которое полностью исчерпало свой генерационный потенциал. Анализ состава углеводов-биомаркеров свидетельствует о планктоногенном и бактериогенном характере ОВ, сходного по составу с кембрийским ОВ вышележащих толщ.

Что касается более древних (от криогения и старше) потенциальных нефтематеринских толщ, то не исключено присутствие в глубоких частях предъенисейского разреза рифейских черносланцевых толщ, аналогичных таковым на Енисейском кряже [Хабаров, 1994; Сурков и др., 1996; Сараев, Тимошина, 2000 и др.] и в прилегающих южных районах СП [Геология нефти..., 1981; Закономерности..., 1981; Дробот, 1988; Конторович и др., 1996; Сурков и др., 1996; Хабаров и др., 1998; Конторович, 2004; Тимошина, 2005; Баженова, 2009, 2016, Старосельцев, 2007; Баженова и др., 2011; Хабаров, 2011; Филиппов, 2015 и др.]. Их большой нефтегазогенерационный потенциал получил подтверждение, в частности, на Байкитской антеклизе [Геология нефти..., 1981; Конторович и др., 1996, 2011в; Кринин, Донцов, 1997; Филиппов, 2015; Эволюция..., 2015; Баженова, 2016 и др.]. О потенциальной возможности нефтегазоносности палеозойских прогибов в пределах ЗСП при наличии древних рифейско-кембрийских нефтегазоматеринских толщ, аналогичных на СП, справедливо замечает А.В. Ступакова [Ступакова и др., 2015].

Ближе всего, такие рифейские отложения известны на Енисейском кряже (кординский, удерейский, раннепотоскуйский, шунтарский, рыбинский, мокринский, токминский, сухохребтинский уровни среднего-верхнего неопротерозоя), их аналоги на СП (нижнетунгусская свита Туруханского района, мадринская, вэдрэшевская, аянская и ирэмэкэнская толщи Байкитской антеклизы и др.).

Наличие аналогичных комплексов в Предъенисейском бассейне, их состав, мощности, степень денудации, генерационный потенциал и степень преобразованности на сегодняшний день неизвестны. Судя по хаотичной волновой картине на сейсмических профилях ниже горизонта F, доверхнеопротерозойские осадочные комплексы сильно деформированы и метаморфизованы. Значительная степень (до апокатагенеза) преобразованности ОВ вышележащих верхневендских отложений указывает на то, что более древние комплексы должны иметь, как минимум, аналогичные, а вероятнее всего, и более высокие показатели.

Другой нефтепроизводящей толщей в Предъенисейском осадочном бассейне (в его западной части) могли быть пайдугинская и чурбигинская свиты нижне-среднего кембрия. Для пайдугинской свиты характерны максимальные для кембрийского разреза концентрации органического углерода ($C_{\text{орг}}$) - от 0,7 до 2,2 % на породу [Конторович и др., 2011а,б]. Ее неполная мощность в разрезе скв. Восток-1 составляет около 120 м. Чурбигинская свита (более 200 м) в среднем менее обогащена органическим углеродом (0,04-0,3 %, в редких тонких прослоях до 8 %). Как уже упоминалось, ее возрастными и литофациальными аналогами на СП являются иниканская, куонамская, синская, шумнинская свиты, генерационный потенциал которых известен [Зеленов, 1955; Натапов, 1962; Геология..., 1981; Жарков, Бахтуров, 1982; Каширцев, 2003; Парфенова и др., 2004 и др.].

Другой важный вопрос - о сохранности возможных залежей в верхнеопротерозойских и кембрийских толщах бассейна, неоднозначен. В работе А.Н. Фомина [Фомин, 2011], посвященной изучению катагенеза разновозрастных толщ ЗСП, автором указывается на преобладание больших степеней преобразованности ОВ (от МК₃¹ до АК₃) в доюрских комплексах юго-восточных территорий ЗСП. Как уже указывалось выше, виду отсутствия витиринита, определения степени зрелости ОВ сделаны на основании замеров отражательной способности битуминитов (сорбомикстинитов). Проведенные сотрудниками ИНГГ СО РАН геохимические исследования керогена органического вещества чурбигинской и пайдугинской (нижний – средний кембрий) и райгинской и котоджинской (венд) свит также показали, что они достигли стадии апокатагенеза (АК₂-АК₃) [Конто-

рович и др., 2011а,б; Конторович, Костырева, 2011]. Фиксируемый на границе мезозойского (где катагенез не превышает градации МК₁¹) и палеозойского комплексов катагенетический скачок свидетельствует о том, что ОВ палеозоя и верхнего протерозоя 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) 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, но вопрос о полноте разрушения нефтей остается неясным: присутствие в составе автохтонных и аллохтонных битумоидов всего спектра биомаркерных углеводородов, смол и асфальтенов, показывает, что палеотермодинамические условия в бассейне к полной деструкции образовавшихся углеводородов не привели. С чем это может быть связано? Результаты приведенного выше (раздел 6.2) анализа погружений и выполненных модельных расчетов (см. ниже, раздел 6.4) помогают объяснить этот факт.

Гидрогеологические и геотермические условия. По результатам гидрогеологических исследований (наличие имеющегося аналитического материала на территории показано на рисунке 6.13), проведенных специалистами ИНГГ СО РАН (Д.А. Новиков, С.Л. Шварцев и др.), эта зона ЗСП, в целом, характеризуется благоприятными условиями для генерации, аккумуляции и сохранения углеводородных залежей (преимущественно газовых) в пределах верхнедокембрийско-палеозойского гидрогеологического этажа [Новиков, Шварцев, 2009].

Сделан вывод, что с востока и северо-востока, от структур Енисейского кряжа идет региональный инфильтрационный поток, что приводит к значительному промыву территории прибортовых верхних частей бассейна, главным образом до глубин 2-2,5 км, где они заполнены солоноватыми водами инфильтрационного типа. Ниже разрез насыщен уже солеными водами и рассолами седиментационного типа, как и в случае Нюрольского бассейна [Шварцев и др., 2003].

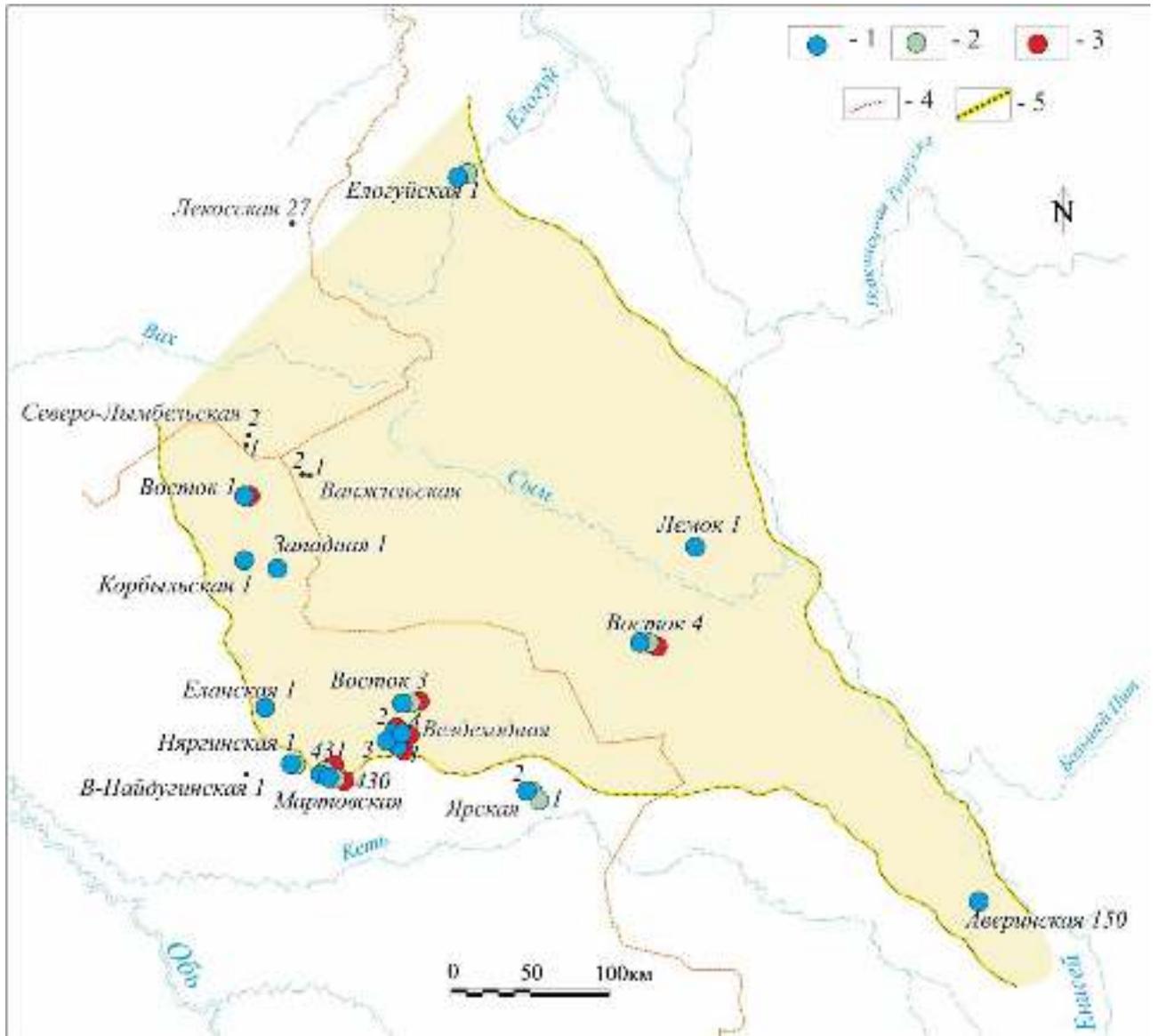


Рисунок 6.13 – Гидрогеологические и геотермические исследования в доюрских отложениях, вскрытых скважинами на территории Предъенисейского бассейна.

Условные обозначения: скважины, где проводились: 1 – геохимические исследования вод, 2 – анализ водорастворенных газов, 3 – замеры пластовых температур или термокаротаж; 4 – административные границы; 5 - границы бассейна.

Так, на Елогуйской площади в отложениях верхнего кембрия (глубины 1,4-1,8 км) минерализация подземных вод не превышает $21,4 \text{ г/дм}^3$. Далее, по мере приближения к осевой зоне бассейна напряженность гидродинамического поля возрастает, что проявляется в значительном росте солености пластовых вод, вплоть до слабых рассолов. Изученные воды кембрийского комплекса в скважине Восток-4 относятся к хлоридно-натриевому типу с величиной общей минерали-

зации от 67,2 до 209,3 г/дм³, а на Аверинской площади (280 г/дм³). В западном направлении происходит закономерное снижение общей минерализации подземных вод с величиной минерализации в скважине Восток– 1, варьирующей в интервале 52,5 - 64,0 г/дм³ и до 97 г/дм³ в скважине Восток–3. Таким образом, происходит закономерное снижение общей минерализации доюрских рассолов по мере смены геологического разреза – соленосного типа на бессолевой. Это подтверждается и результатами более ранних исследований на Вездеходной площади [Геологическое..., 1977ф; Конторович и др., 2001].

Отмечается, что по сравнению с водами (скважины Восток 1, 3) в рассолах кембрийских осадочных комплексов скважины Восток-4 выявлены значительные концентрации сульфат-иона, до 0,2-1,9%-экв., что сопоставимо с его концентрациями в рассолах подсолевой формации докембрия на Оморинской и Юрубченской площадях СП. Это связано с местонахождением скважины в краевой зоне эвапоритового суббассейна, где в кембрии преобладала карбонатно-ангидритовая седиментация. Также, повышенные концентрации сульфат-иона до 0,2%-экв. были установлены специалистами в вендских рассолах скважины Восток-3. Все объекты находятся в зоне застойного гидродинамического режима.

В геохимическом плане воды доюрского гидрогеологического этажа относятся к хлоридно-натриевому типу с величиной $r_{Na/rCl}$ коэффициента 0,69-0,95 и отношением Cl/Br - 133-281 [Новиков, Шварцев, 2009].

Температура вод на забое Елогуйской опорной скважины составляет 41°C. Геотермический градиент - 2,3°C/100 м. Во вскрытой части кембрийского гидрогеологического комплекса скв. Восток – 1 пластовые температуры меняются в интервале от 61,4 до 105,1°C. В скважине Восток – 3 пластовые температуры варьируют в интервале от 85,8 до 112,7°C. В скважине Восток-4 - от 43 до 93°C. Геотермические градиенты составляют 1,95 – 2,10°C/100 м, 1,24 – 2,17°C/100 м и 1,5-2,21°C/100 м соответственно (Рисунок 6.14). Для сравнения на рисунке показаны тренды изменения пластовых температур с глубиной для разных районов ЗСП и СП. Видно, что по геотермическим градиентам разрез Предъенисейского бассейна занимает промежуточное положение между разрезом Байкитской

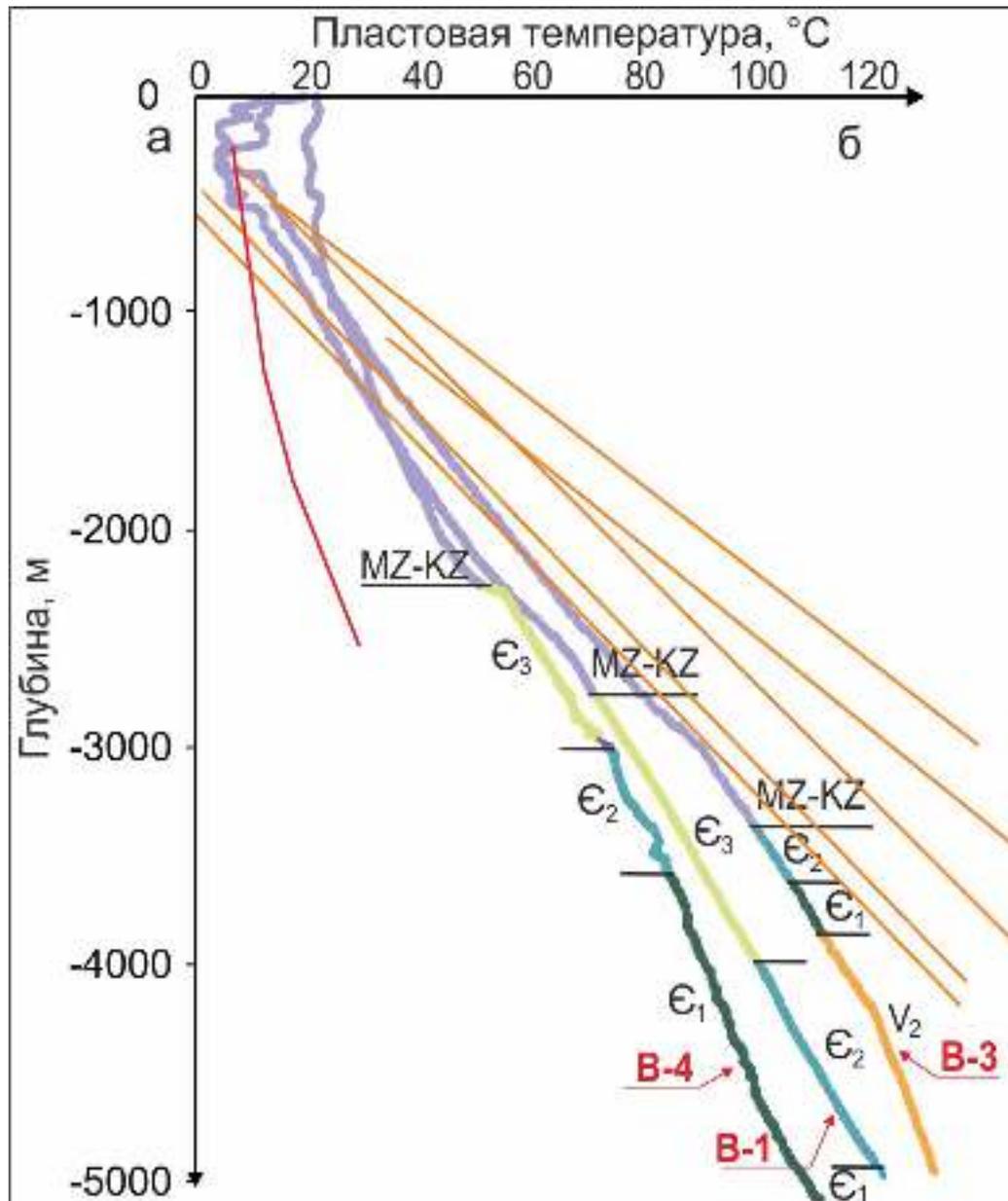


Рисунок 6.14 - Геотермическая характеристика геологического разреза скважин Восток-1, Восток-3 и Восток-4 (коричневыми линиями показаны тренды геотермических показателей для различных районов ЗСП, красной линией-для СП (скв. Юрубченская-15).

антеклизы СП и палеозойскими комплексами ЗСП. При этом, центральные части бассейна (скв. Восток-4) ближе по этому показателю к СП, чем западные (скв. Восток-1 и 3).

Согласно расчетам водно-газовых равновесий с применением программного комплекса NG-32 установлено, что основной прогнозируемый тип углеводородных залежей – газовый [Новиков, Шварцев, 2009].

С.Л. Шварцевым [Новиков, Шварцев, 2009] были проведены оценки и

сравнительный анализ степени метаморфизации подземных вод с использованием отношений содержаний Ca, Sr и Br к Cl, как основных показателей глубины процессов растворения и накопления в рассолах при взаимодействии системы «вода – порода» [Шварцев, 1991, 2000 и др.]. Был сделан вывод о стабильности этой системы в Предъенисейском бассейне (узкий интервал колебаний значений индексов метаморфизации) и низкой степени метаморфизации рассолов. Вместе с тем, зафиксированы отличия показателей кислотности и коэффициентов метаморфизации вод в западной части бассейна (скв. Вездеходная-4, Восток-1 и 3) от таковых в Тунгусском и Ангаро-Ленском артезианских бассейнах, связанных с существенным влиянием галогенных формаций. Это указывает на то, что в западной части Предъенисейского бассейна метаморфизм рассолов протекал без участия соленосных толщ, что подтверждают данные бурения и палеогеографических реконструкций, согласно которым западная граница солеродной части бассейна проходит восточнее упомянутых скважин – в районе скв. Восток-4.

Можно сделать вывод, что Предъенисейский бассейн характеризуется переходным типом гидрогеологической структуры палеозойского и докембрийского разреза между Западно-Сибирским и Тунгусским артезианскими бассейнами со всеми вытекающими отсюда следствиями: параметрами залегания вод, проницаемости отложений, химического и газового состава, газонасыщенности, вертикальной зональности и т.д. 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 Cl/Br 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.

В доюрском разрезе изученных площадей преобладает метановый состав водорастворенных газов. Газонасыщенность вод, как и газовый фактор и коэф-

фициент насыщения, невелики. Состав водорастворенных газов отвечает газовому (но не газоконденсатному или нефтяному) типу равновесной с ними возможной свободной фазы углеводородов [Новиков, Шварцев, 2009].

6.6 Оценка перспектив нефтегазоносности

Как видно из представленных в предшествующих разделах материалов, по строению и геологической истории Предъенисейский бассейн во многом схож с осадочными бассейнами краевых частей СП. В этой связи при оценке перспектив нефтегазоносности логичнее всего опираться на эти аналогии.

На протяжении истории освоения территории СП вопрос о ее нефтегазоносном потенциале всегда был неоднозначен. Впервые на перспективы нефтегазоносности территорий СП обратили внимание А.Д. Архангельский [1929] и Н.С. Шатский [1932], которые обосновывали необходимость поисков нефти и газа в нижнепалеозойских комплексах ряда районов платформы. Тогда же, в 30-е годы была разработана программа поисков нефти и газа в Сибири при активном участии И.М. Губкина. Результаты поискового бурения на Алданской антеклизе (В.М. Сенюков и др.) в 1937 году в части кембрия подтвердили этот прогноз. Позднее были получены небольшие притоки нефти и газа на других площадях.

В 1960 г. А.А. Трофимук в статье «Нефтегазоносность Сибирской платформы» дал теоретическое обоснование перспектив нефтегазоносности рифейских и нижнепалеозойских отложений и наметил обширную программу работ по поискам нефти и газа в Восточной Сибири. В 60-70-е годы XX века последовали открытия Марковского (1962 г.), Среднеботуобинского (1970 г.), Ярактинского (1971 г.) месторождений и гигантской Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазонакопления (1973 г.). С 1970 г. по поручению Министерства геологии СССР работы по научному обоснованию поисков нефти и газа на СП возглавил коллектив СНИИГГиМСа под руководством В.С. Суркова и А.Э. Конторовича. Один из важнейших решаемых ими вопросов - проблема количественной оценки перспектив нефтегазоносности бассейнов Сибири.

Надо отметить, что в начале 70-х годов прошлого столетия хорошо разра-

ботанной теоретической базы для количественной оценки ресурсной базы древних (докембрийских и раннепалеозойских) осадочных комплексов еще не было. Постепенно, идеи применения подхода внешних аналогий, в частности, связанного с зависимостью величины ресурсов от объема осадочного чехла (работы Л.Г. Уикса), привели к разработке объемно-статистического метода (ОСМ). Первые попытки применения этого метода для ресурсной оценки объектов ранга осадочных бассейнов предпринимались в СНИИГГиМС [Двали, Дмитриева, 1976] и ВНИГРИ [Козырев, 1977]. В это же время группой специалистов СНИИГГиМС под руководством А.Э. Конторовича была сформирована большая выборка по известным бассейнам мира и проведен анализ их ресурсной базы с дифференциацией по возрасту отложений. Это позволило, с одной стороны, выявить закономерности распределения и зависимости ресурсов углеводородов от объема осадочного выполнения разновозрастных бассейнов, а во-вторых, доказать аналогичные корреляционные связи для наиболее древних (докембрийских и нижнепалеозойских) толщ [Количественная..., 1988].

В дальнейшем различные модификации ОСМ неоднократно и успешно использовались в ходе количественных оценок бассейнов, включая СП, и подробно описаны, например, в работах [Конторович, Демин, 1977, Конторович, Моделевский, Трофимук, 1979; Методы..., 1979; Конторович, Бурштейн, 1981; Прогноз..., 1981; Конторович и др., 1983, 1986; Количественная..., 1988; Бурштейн, 1989; Методическое..., 2000; Burshtein et al., 2000 и др.]. Последующий опыт и открытия месторождений на СП подтвердили правомерность такого подхода. Открытие гигантских скоплений нефти и газа на СП не оставляет сомнений в перспективности бассейнов с древним возрастом осадочного выполнения. Вопрос состоит только в масштабах генерации и главное - условий сохранности залежей УВ.

В начале 2000-х, еще до разработки детальной модели геологического строения Предъенисейского бассейна, метод ОСМ был опробован для получения предварительных (вероятностных) оценок его потенциальной нефтегазоносности [Конторович и др., 2006]. Эта оценка (3-36 млрд.т. УУВ категории D₂) по объективным причинам имела весьма широкий диапазон значений, а условные усред-

ненные показатели (около 10 млрд.т. УУВ) выглядели слишком оптимистичными для традиционных оценок доюрского комплекса ЗСП. Кроме того, оценка относилась ко всей площади Предъенисейского бассейна, включая слабоизученную северную часть, что суммарно превышало площадь (и объем осадочного выполнения) южной части бассейна, рассматриваемой в диссертационной работе, более чем в 2 раза. В дальнейшем, после уточнения параметров геологической модели, эта оценка корректировалась, как правило, в сторону уменьшения.

С появлением в 2006-2012 годах принципиально новой геологической и геохимической информации, возможностями реконструкции истории погружений осадочных толщ и динамики нефтегазогенерации, возникает необходимость новой существенной корректировки оценок с использованием широко известных программных пакетов.

Так, для получения более наглядной картины процессов генерации УВ в Предъенисейском бассейне в программном комплексе TEMIS (Beicip-Franlab Company) были выполнены модельные расчеты [Филиппов, 2016б] для двух потенциально нефтематеринских толщ - рифейских (наличие которых пока не доказано, есть только косвенные указания и предположения [Конторович и др., 2011а,б]) и пайдугинской (нижний-средний кембрий) в районе скв. Восток-3. Отсутствие необходимых параметров докембрийских потенциально нефтегазоматеринских толщ (объем, потенциал и др.) не позволяет корректно выполнить точные оценки объема генерированных УВ. В модель были заложены условные (исходя из внешних аналогий) первичные параметры. Соответственно, оценка масштабов генерации может быть представлена только в условных единицах. С другой стороны, появилась возможность более надежно оценить временные рамки процессов генерации УВ, а значит сделать более обоснованные выводы о сохранности потенциальных залежей.

На рисунке 6.15 представлены графики интенсивности процессов генерации в этих толщах с дифференциацией по фазовому составу. Видно, что основной пик генерации УВ для рифейских толщ (при наличии нефтематеринских пород) должен начаться с венда и закончиться к ордовику (нефть) и карбону-перми (газ).

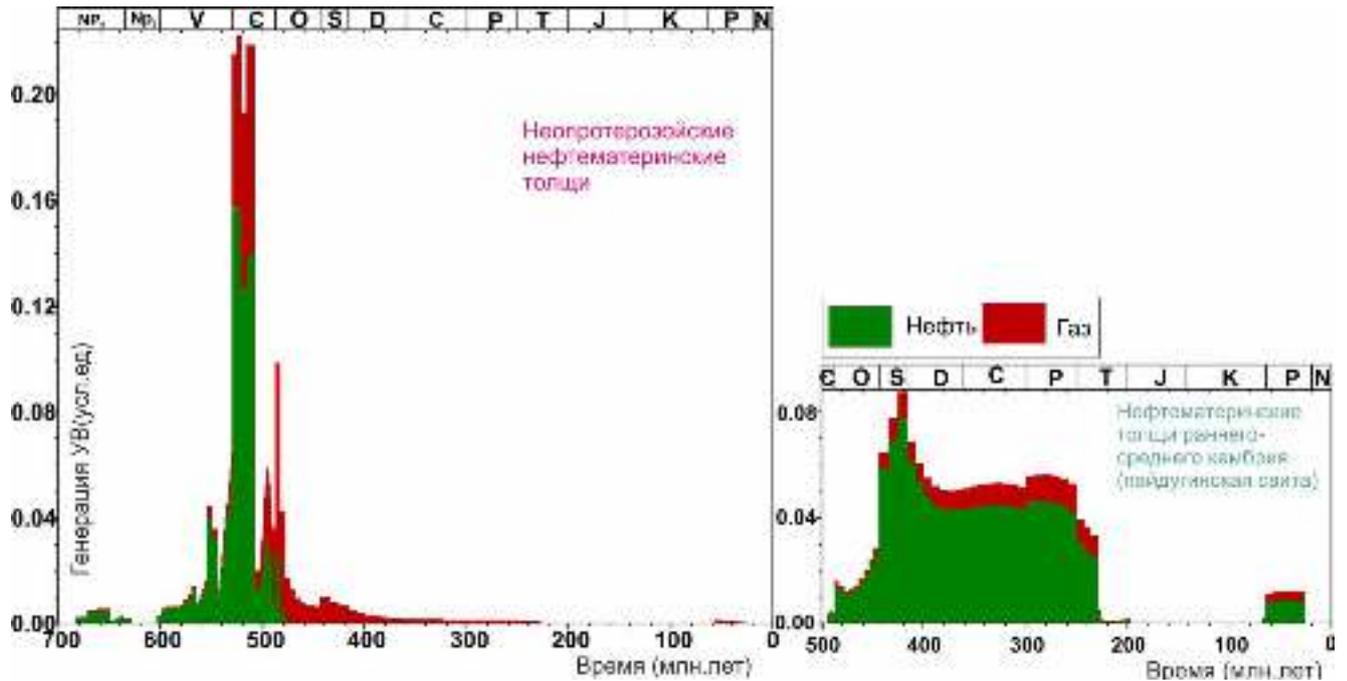


Рисунок 6.15 - Графики генерации УВ потенциально нефтематеринских толщ по результатам моделирования в скв. Восток-3.

Для пайдугинской толщи процесс нефтегазообразования протекал с ордовика вплоть до триаса, когда началась глобальная перестройка во время пфальцской фазы герцинского тектонического цикла.

Кроме того, небольшой вторичный пик нефтегазообразования отмечается для этого уровня в меловый период и палеогене. Возможно, именно этот факт и отвечает на вопрос о фиксируемом сосуществовании в изученных разрезах нафтидов различного генезиса и различной степени вторичной преобразованности - как доведенных до стадии антраксолитов, так и битумоидов, содержащих мигрантноспособные углеводороды. Судя по приведенной модели, первые – продукты метаморфизма ранее образованных и мигрировавших нафтидов, вторые - продукты поздних стадий катагенеза как оставшегося первичного рассеяного ОВ, так и тяжелых компонентов нафтидов, образованных в процессе фазовой дифференциации. 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.

Из этого можно сделать вывод о типах потенциальных залежей в бассейне: во-первых, это могут быть остаточные залежи тяжелых смолистых нефтей, и во-вторых, конденсатного и сухого газа.

Древний возраст формирования залежей указывает на большие риски, связанные с сохранностью залежей на протяжении длительного времени. Значительные объемы генерированных в венде и раннем палеозое УВ могли быть подвергнуты не только значительному метаморфизму, но и масштабной деструкции, в частности, в триасовое время, когда амплитуды вертикальных движений достигали 4 км, а большая часть палеозойского разреза (в некоторых районах включая весь кембрий и часть венда) была денудирована (см. раздел 6.4).

Это то немногое, но существенно важное отличие в эволюции Предъенисейского бассейна от его одновозрастного аналога – Сычуаньского бассейна на Южно-Китайской платформе. Синийские и нижнекембрийские нефтематеринские комплексы последнего (формации Доушаньто и Дэнъин, Цюнчжусы и Майдипин) испытали погружение и достигли зоны нефтеобразования лишь в триасовое и юрское время [Zou et al., 2014 и др.]. При этом перекрывающие их нижнепалеозойские карбонатные (рифогенные) толщи, в которых образовались скопления сгенерированных и мигрированных углеводородов, не были денудированы в последующие эпохи, а лишь испытали складчатые деформации (Рисунок 6.16).

Необходимо учитывать и тот факт, что благоприятные зоны для нефтегазонакопления (описанные выше резервуары с мощными нижнекембрийскими эвапоритовыми флюидоупорами) на большей части Предъенисейского бассейна могли сыграть свою положительную роль только при наличии более древних (ранневендских и рифейских) нефтематеринских толщ. Поскольку этот вопрос окончательно не решен, выполнить обоснованную количественную оценку масштабов нефтегазообразования в бассейне затруднительно.

Еще одно замечание в связи с прогнозом залежей и резервуаров касается качества флюидоупоров. Судя по модельной динамике нефтегазообразования, подавляющая часть потенциальных залежей углеводородов должна иметь существенно древний возраст формирования (примерно от венда до ордовика для

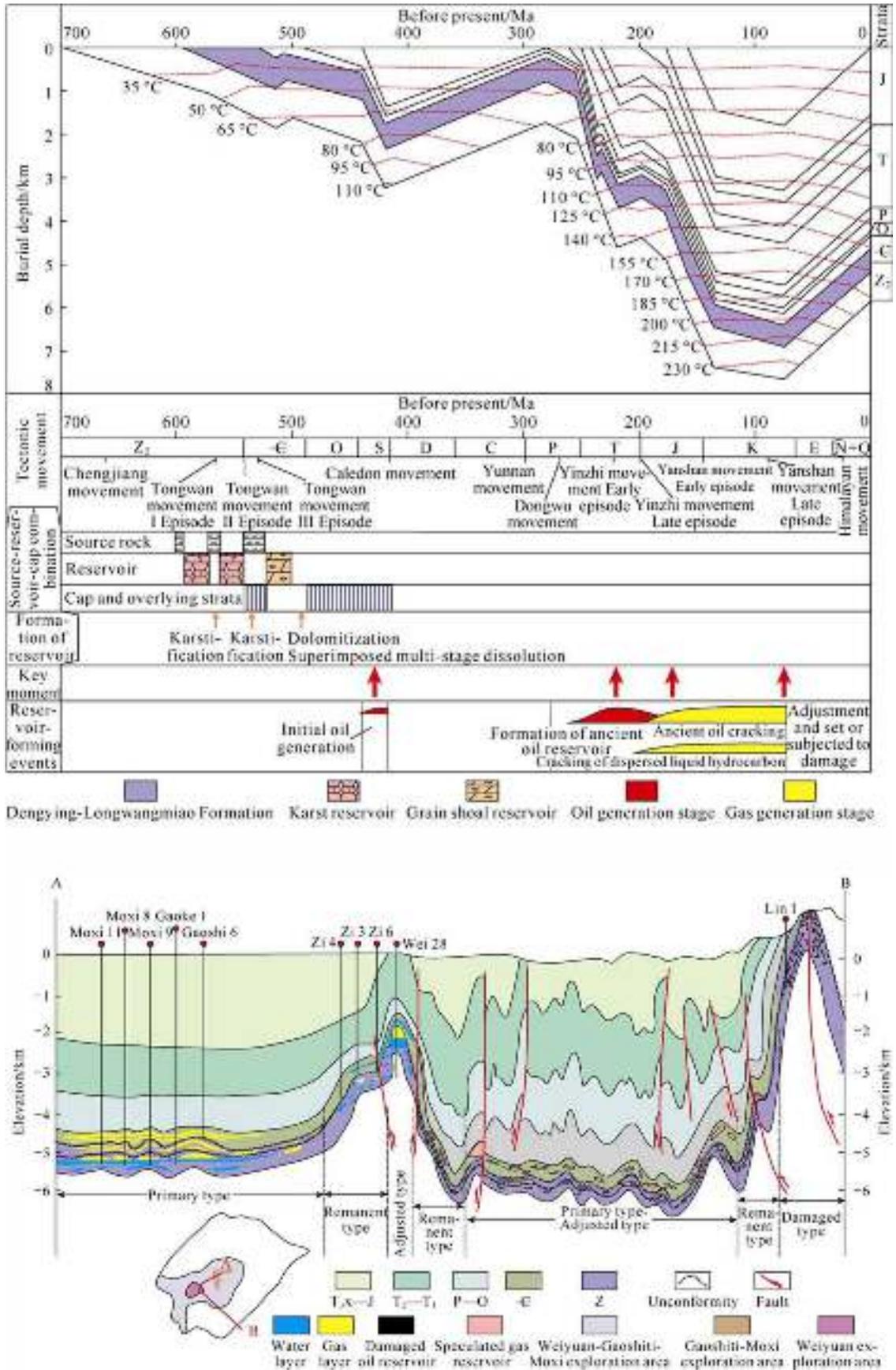


Рисунок 6.16 – График погружений осадочных толщ и формирования нефтегазовых залежей (вверху) и распределение типов резервуаров (внизу) гигантского газового месторождения Мокси-Гаошити в Сычуанском бассейне (по [Zou et al., 2014]).

неопротерозойских нефтематеринских толщ и с силура до триаса для пайдугинского уровня). Такая же, в целом, ситуация наблюдается и для залежей западной части СП. Столь длительный период существования (и формирования) залежей связан с определенными рисками в плане повышенных требований к качеству флюидоупоров и их возможной деструкции. Все это отрицательно сказывается на прогнозных оценках.

Тем не менее, выполненный анализ критериев прогноза нефтегазоносности Предьенисейского бассейна позволяет провести качественную оценку соответствия оцениваемого бассейна эталонам СП и выполнить районирование его территории по степени перспективности в целом.

Выше было отмечено, что нефтегазогеологическая стратификация Предьенисейского бассейна различна в западной и восточной частях. В восточных районах она определяется областью распространения солей, накапливавшихся в поздневендском и нижне-среднекембрийском солеродных бассейнах. На этой территории выделяются снизу-вверх по разрезу верхнеопротерозойско-нижневендский терригенно-карбонатный, верхневендский соленосно-карбонатный, нижнекембрийский (усольский) карбонатно-соленосный и кембрийский карбонатный комплексы. Главными флюидоупорами здесь являются верхневендские и нижнекембрийские соли, а также глинисто-карбонатные эвенкийская (верхняя подсвита) свита и пыжинская толща. На этой стадии изученности бассейна можно предполагать единство всей верхнеопротерозойско-кембрийской нефтегазовой системы в его восточной части.

В центральной части бассейна, в западной части Предьенисейской синеклизы и на восточном склоне Райгинско-Ажарминской гряды главными флюидоупорами являются кремнисто-карбонатно-глинистая углеродосодержащая пайдугинская свита и регионально распространенная глинисто-карбонатная пыжинская толща. На этой территории снизу-вверх по разрезу выделяются верхнеопротерозойско-нижневендский терригенно-карбонатный, верхневендско-нижнекембрийский карбонатный и кембрийский карбонатный комплексы. В этой зоне следует выделять две нефтегазовые системы – верхнеопротерозойско-

нижнекембрийскую и средне-верхнекембрийскую.

В западной части (на территории Райгинско-Ажарминской гряды) в разрезе следует выделять верхнепротерозойско-нижневендский терригенно-карбонатный и верхневендско-кембрийский карбонатный (в ряде случаев вулканогенно-осадочный) комплексы, представляющие единую нефтегазовую систему с мощным глинисто-карбонатным флюидоупором (аналоги эвенкийской (верхняя подсвита) свиты и пыжинская толща).

С учетом полученного распределения отдельных проницаемых комплексов по литолого-генетическим показателям (классов потенциальных резервуаров), анализа мощностей комплексов, а также выполненных структурных построений на различные стратиграфические уровни были выделены различные по перспективности (в условных единицах плотности геологических ресурсов) зоны нефтегазонакопления (Рисунок 6.17).

На карте выделены 3 потенциально нефтегазоносных района – Райгинско-Ажарминский, Сымский и Елогуй-Касский. Наибольшие перспективы связаны с Сымским районом, в котором прогнозируется широкое развитие биогермных фаций. В этом районе наибольшие плотности начальных геологических ресурсов УВ (до 100 у.ед. и более), согласно прогнозу, локализованы на Сымском вале и западной части Елогуйского мегавыступа. На склонах этих структур плотность ресурсов УВ меняется от 30 до 50 у.ед. Минимальные плотности приурочены к Верхнесымской и Кетской мегавпадинам. Связано это с тем, что на этой территории верхневендский и нижнекембрийский комплексы, в которых прогнозируется широкое развитие биогерм, часто залегают на глубинах более 7 км.

В Райгинско-Ажарминском перспективном нефтегазоносном районе наибольшие плотности ресурсов углеводородов связаны с северными и восточными районами одноименной гряды (30 у.ед. и более). Менее перспективны западные территории района, что связано с отсутствием хороших флюидоупоров. В Елогуй-Касском перспективном нефтегазоносном районе наибольшие плотности начальных геологических ресурсов углеводородов следует ожидать в северной его части (более 50 у.ед.) на Елогуйском и Дубчесском мегавыступах.

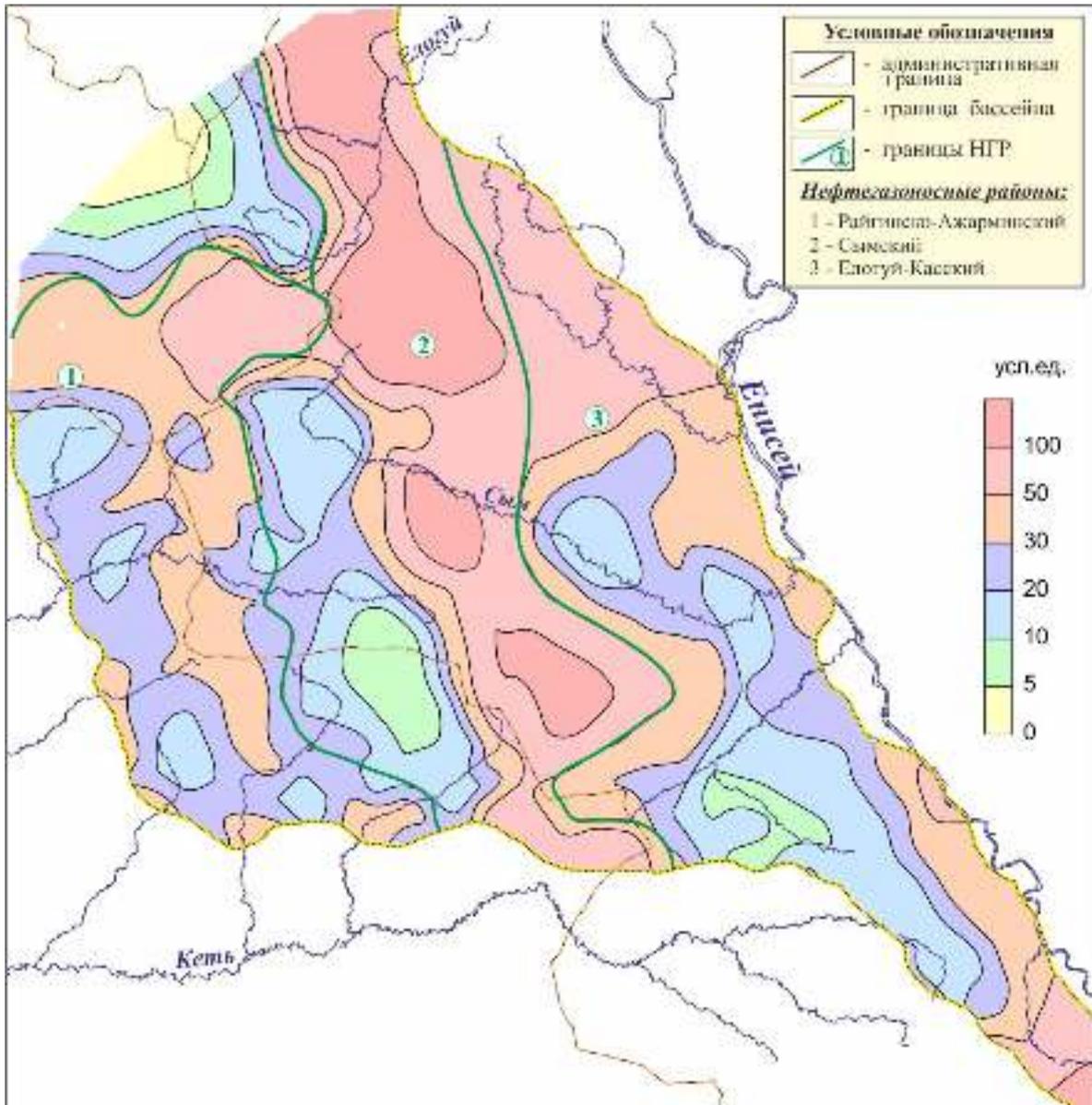


Рисунок 6.17 - Карта плотности геологических ресурсов углеводородов верхнепротерозойско-кембрийских отложений Предьенисейского бассейна (в усл.ед.).

На юге района, на территории Кас-Сымской мегавпадины и Северо-Сымской мезовпадины плотности ресурсов ниже. В этих зонах наиболее перспективные комплексы залегают на глубинах более 7 км.

В 2008-2010 гг. ФГУП «СНИИГГиМС» проводил работы по разработке геологической модели и оценке перспектив нефтегазоносности зоны сочленения ЗСП и СП [Разработать..., 2010ф]. В отчете о результатах работ авторами обосновываются низкие оценки перспектив в части Предьенисейского бассейна (плотности геологических ресурсов не превышают 5-10 тыс.т/км²), причем к

наиболее перспективным территориям отнесена наиболее прогнутая часть бассейна (Касская впадина), а западные районы бассейна в пределах Томской области отнесены к бесперспективным. При таких плотностях суммарные геологические ресурсы на территории бассейна составят не более 0,5 млрд.т. УУВ.

Выше уже указывалось на невозможность выполнения корректной количественной оценки масштабов нефтегазообразования в бассейне и, как следствие, ресурсов УВ в целом. Единственно возможный путь оценки объектов такого рода на современной стадии его геолого-геофизической изученности - это использование уже упоминавшегося выше объемно-статистического метода. При этом надо иметь ввиду, что изученность седиментационных бассейнов с протерозойско-нижнепалеозойским возрастом слагающих их пород, как на территории России, так и в других районах мира, по-прежнему остается низкой. Несмотря на огромный прогресс геологоразведочных работ на нефть и газ, за последние десятилетия существенного прироста информации по хорошо изученным седиментационным бассейнам, включаемым в эталонные выборки, к сожалению, не произошло.

Полученные данные по Предъенисейскому осадочному бассейну позволили уточнить параметры геологической модели и более корректно реализовать подход ОСМ. С учетом этого, в 2016 году специалистами ИНГГ СО РАН (Л.М. Бурштейн и др.) была уточнена вероятностная оценка ресурсов углеводородов южной части бассейна (Таблица 6.1).

Таблица 6.1 - Вероятностная оценка ($p=0,7$) геологических ресурсов УВ Предъенисейской субпровинции, млрд т. УУВ.

Тип оценки	Сумма	Жидкие УВ	Газ
Наиболее вероятная	2.2	0.7	1.5
Минимальная	1.0	0.3	0.7
Максимальная	4.4	1.4	3.0

По сравнению с предварительными оценками, о которых упоминалось выше, минимальные значения уменьшили примерно в 1,5 раза (в расчете на площадь и объем осадочного выполнения южной части бассейна), а наиболее веро-

ятной - более чем в 2 раза. Полученная оценка показывает, что с вероятностью 0,7 можно утверждать, что начальные суммарные ресурсы углеводородов в южной части Предъенисейской субпровинции составляют не менее 1 млрд. т условных углеводородов (УУВ). С такой же вероятностью можно утверждать, что они не превосходили величины 4,4 млрд. т УУВ. Наиболее вероятная оценка начальных суммарных ресурсов углеводородов составляет 2,2 млрд. т УУВ.

Далее оценка была дифференцирована по площади, разрезу и типам флюидов, что необходимо для проектирования ГРП. В основу такой детализации были положены принципы, апробированные ранее при оценках слабоизученных территорий СП [Количественная..., 1988]. Результаты дифференциации наиболее вероятной величины начальных ресурсов УВ оцениваемой территории по типам флюидов и нефтегазоносным комплексам представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Распределение начальных ресурсов (наиболее вероятная оценка) углеводородов Предъенисейской субпровинции.

Нефтегазоносный комплекс	Тип	Нефть, млрд т	Газ раст., трлн м ³	Газ своб., трлн м ³	Конденсат млрд т	Сумма, млрд т УУВ
Кембрийский карбонатный	геол.	0.32	0.03	0.50	0.03	0.88
	извл.	0.06	0.00	0.50	0.02	0.58
Нижнекембрийский (усольский),	геол.	0.16	0.02	0.25	0.01	0.44
	извл.	0.03	0.00	0.25	0.01	0.29
Верхневендский	геол.	0.20	0.02	0.30	0.02	0.53
	извл.	0.04	0.00	0.30	0.01	0.36
Рифейско-вендский	геол.	0.13	0.01	0.20	0.01	0.35
	извл.	0.03	0.00	0.20	0.01	0.24
Сумма	геол.	0.81	0.07	1.25	0.08	2.20
	извл.	0.16	0.01	1.25	0.05	1.47

Более низкая оценка (примерно в 4 раза) коллектива СНИИГГиМС продиктована их выводом о различных тектонических условиях Предъенисейского бассейна и прилегающих районов СП, выразившихся, в частности, в более существенной степени дислоцированности пород.

Отдать предпочтение той или иной оценке по объективным причинам

сложно, поскольку для ввода в модель строгих количественных параметров сегодняшних данных недостаточно. Это отмечают и сами авторы оценок, призывая к крайне осторожному их принятию. При этом трудно согласиться с районированием территории бассейна по степени перспективности, выполненного коллегами из СНИИГГиМС. Во-первых, по мнению соискателя, ими явно неучтен палеогеографический фактор, а наиболее благоприятные для нефтегазонакопления зоны развития рифогенных тел, развитых по периферии солеродной части бассейна, отнесены к бесперспективным землям. Во-вторых, не принят во внимание факт, что в наиболее перспективных, по мнению авторов отчета, районах (Касская впадина) потенциальные резервуары (подсолевые вендские комплексы) погружены на слишком большие глубины (более 7 км). Это не позволяет рассматривать их в качестве перспективной зоны нефтегазонакопления.

Выводы. Комплексный анализ геолого-геофизических данных позволяет выявить ряд факторов, которые свидетельствуют о высоких перспективах Предъенисейского бассейна. Это - мощная толща осадочных отложений платформенного типа, наличие в разрезе потенциально нефтидопроизводящих осадочных толщ, распространение региональных резервуаров - осадочных толщ с хорошими коллекторскими свойствами и перекрывающих их мощных флюидоупоров, наличие потенциальных зон нефтегазонакопления, благоприятные гидрогеологические условия, прямые признаки нефтегазоносности и следы масштабных процессов генерации и миграции углеводородов. По совокупности критериев к наиболее перспективным зонам бассейна отнесутся районы Сымского мегавала и Елогуйского мегавыступа.

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

Для окончательных выводов о нефтегазоносном потенциале бассейна необходимо доизучение территории, с этой целью предлагаются соответствующие рекомендации к проведению ГРР.

6.7 Рекомендации к направлениям дальнейших геологоразведочных работ

Выполненные нефтегазогеологическое районирование и вероятностная количественная оценка перспектив нефтегазоносности (карта плотности условных начальных геологических ресурсов УВ) могут служить основой для проектирования дальнейших геолого-геофизических работ и учета геологических рисков при их проведении.

В результате реализации в 2005 – 2012 гг. большей части программы «Восток», нацеленной на изучение восточных территорий ЗСП, к настоящему времени отработана сеть региональных сейсмических профилей, пробурено 4 глубоких параметрических скважины, вскрывших разрез венд-палеозойских осадочных отложений. Но, несмотря на значительное уточнение геологической модели бассейна и его геодинамической истории, полученные данные пока не привели к однозначным выводам о его потенциальной нефтегазоносности. С одной стороны, выявлены и закартированы осадочные комплексы, содержащие резервуары, флюидоупоры и нефтематеринские породы, необходимые для формирования месторождений нефти и газа, с другой. С другой, как было показано выше, объективно существует ряд неблагоприятных факторов, существенно ограничивающих нефтегазоносный потенциал бассейна. Реальных притоков углеводородов в этом регионе до сих пор не получено, что делает риски чрезмерно высокими.

Каков может быть алгоритм дальнейших действий? Необходимо либо доказать промышленную нефтегазоносность нового объекта, который может служить важным источником воспроизводства минерально-сырьевой базы юго-востока ЗСП (и, в частности, наполнения ВСТО), либо согласиться с пессимистическими оценками его ресурсного потенциала. При этом надо отдавать себе отчет, что современное состояние изученности Предъенисейского бассейна не удовлетворяет требованиям даже регионального этапа. В центральной и восточной частях рас-

сматриваемой территории, которые представляют наибольший интерес в отношении нефтегазоносности, большинство сейсмических временных разрезов характеризуются невысоким качеством, а значительная часть первичной геофизической информации в цифровом виде утрачена. Кроме того, до сих пор существуют значительные территории, не охваченные региональной сейсмикой совсем. Кроме того, как уже отмечалось, качество проводимых в скважинах испытаний по разным причинам часто не соответствовало их регламентирующим нормам, что не позволяет считать их достоверными.

Подобные ситуации недоизученности перспективных объектов в мире не единичны. Наряду с историей освоения месторождений на СП, ярким примером в этом отношении может служить история открытия газовых гигантских месторождений в Сычуанском осадочном бассейне (Южно-Китайская платформа) [Du et al., 2014; Zou et al. 2014; Wei et al., 2015 и др.], который по тектоническому положению и геологической истории аналогичен Предъенисейскому бассейну. За обнаружением там газопроявления из синийских толщ в 1964 году последовал 47-летний этап безуспешных ГРП, включающий бурение более 20 разведочных скважин. Недостаточная геологическая изученность, отсутствие современных поисковых технологий и оборудования не позволили китайским геологам в течение длительного срока сделать крупных открытий, хотя некоторые важные предпосылки нефтегазоносности бассейна имелись.

В 2006-2011 годах специалистами компании PetroChina были проведены углубленные фундаментальные исследования геологии бассейна и истории его развития, включающие исследование синийско-кембрийской палеоструктуры, построение литофациальных карт, построение карт распределения материнских пород, исследование механизма формирования резервуара, изучение главных факторов, контролирующих формирование газовых залежей. Был осуществлен прогноз и картирование перспективных поисково-разведочных зон и объектов бурения, определены перспективные направления разработки карбонатных коллекторов, типы флюидов, передовые технологии бурения и воздействия на пласт (что ограничивало эффективность поисково-разведочных работ ранее).

Результатом послужило открытие в 2011 году многопластовой газовой залежи на глубине более 5 км в синийских толщах (скв. Гаоши-1). За последующие три года в бассейне было пробурено еще 13 сверхглубоких скважин, выявлено 3 группы газоносных горизонтов, подготовлено около 1 трлн. м³ запасов газа.

В этой связи следует отметить, что современная степень изученности Предьенисейского бассейна уступает своему китайскому аналогу даже на момент начала его нового этапа изучения.

В этой связи, в первую очередь предлагается завершить региональный этап геологического изучения территории бассейна. В этих целях необходимо проведение следующих видов работ.

1. Региональные сейсморазведочные работы в комплексе с гравиразведкой и аэрогеофизическими исследованиями. Необходимо продолжить региональное изучение южных районов Предьенисейской субпровинции, в рамках которого отработать дополнительную сеть региональных сейсмических профилей ОГТ, общей протяженностью 3500 км. Расположение проектируемой сети профилей показано в приложении (Рисунок 6.18).

2. Регионально-рекогносцировочные сейсморазведочные работы ОГТ. Наибольший интерес в отношении нефтегазоносности венд-кембрийских рифогенных отложений южной части Предьенисейской субпровинции представляет Сымский мегавал, который чрезвычайно слабо изучен сейсморазведкой ОГТ.

В пределах этого объекта рекомендуется отработать регионально-рекогносцировочную сеть сейсмических профилей (Рисунок 6.18) с доведением плотности наблюдений до 0,2-0,25 км/км². Общая протяженность сейсмических профилей составит около 3000 км. Цель исследований – уточнение модели геологического строения венд-кембрийских отложений, подготовка объекта к бурению, выбор оптимального положения поисково-параметрической скважины.

3. Параметрическое бурение. Рекомендуется пробурить 4 поисково-параметрических скважины, разместив их в пределах нефтегазоперспективных объектов, имеющих различное геологическое строение, разный возраст и генезис потенциально продуктивных горизонтов (положение на рисунке 6.18).

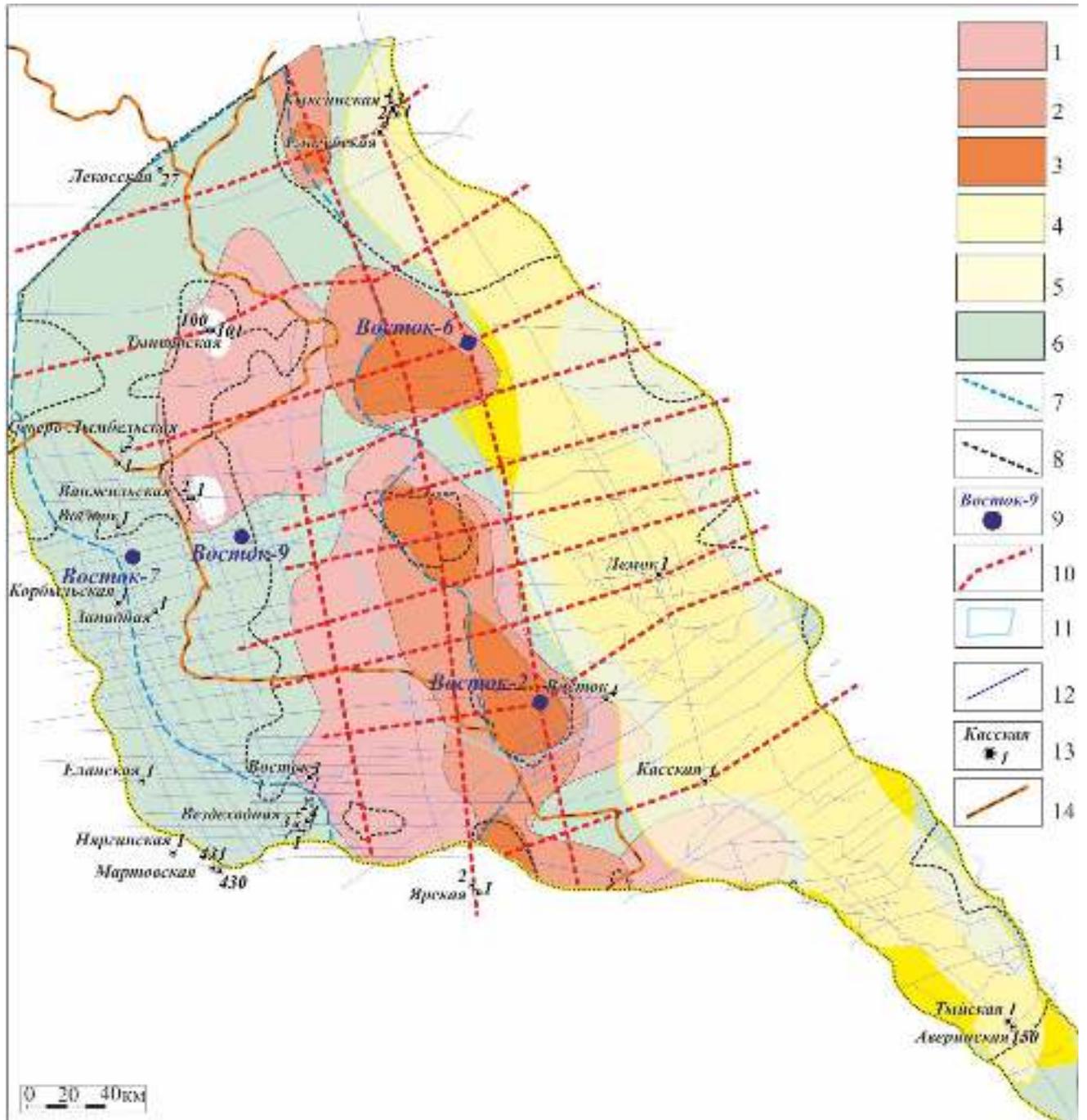


Рисунок 6.18 - Карта перспективных объектов и рекомендуемых ГРР.

Условные обозначения: 1 - зоны предполагаемого развития верхневендских биогермов; 2 - зоны предполагаемого развития нижнекембрийских (усольских) биогермов; 3 - зоны предполагаемого развития кембрийских биогермов; 4 - зоны предполагаемого развития верхневендских эвапоритовых отложений; 5 - зоны предполагаемого развития нижнекембрийских эвапоритовых отложений; 6 - зоны предполагаемого развития вендско-кембрийских карбонатных отложений; 7 - предполагаемые границы распространения пайдугинской свиты; 8 - предполагаемые границы распространения пыжинской толщи; 9 - рекомендуемые к бурению параметрические скважины; 10 - рекомендуемые сейсмические работы ОГТ; 11 - рекомендуемые площади для отработки регионально-рекогносцировочной сети сейсмических профилей; 12 - линии сейсмических профилей; 13 - скважины; 14 - административная граница.

На эти скважины помимо стандартных для бурения задач должны быть возложены и поисковые функции.

Две скважины Восток-7 и Восток-9 рекомендуется пробурить на западе региона, разместив их на объектах, подготовленных к бурению и не требующих детализации. Потенциально-продуктивный горизонт – венд, проектная глубина скважин 5000 м со вскрытием всего венд-кембрийского осадочного комплекса.

Наибольший интерес в отношении нефтегазоносности верхнеопротерозойских отложений могут представлять крупные положительные структуры и горсты, в пределах которых верхнеопротерозойский комплекс залегает на относительно небольших глубинах, наиболее близко к кровле доюрского основания. К таким объектам, в первую очередь, относятся структуры, расположенные в пределах Райгинско-Ажарминской гряды. С учетом результатов параметрического бурения, в первую очередь скважины Восток-3, на территорию, в пределах которой расположена Райгинско-Ажарминская гряда, была построена детальная структурная карта по кровле карбонатного верхнего венда – потенциального резервуара для залежей углеводородов (Рисунок 6.19).

В качестве нефтегазоперспективных объектов в пределах Райгинско-Ажарминской гряды выделены Еланское куполовидное поднятие, расположенное в пределах Райгинского мегавала, и Пограничный вал, осложняющий южную часть Ванжильского мезовала.

Еланское куполовидное поднятие имеет площадь 660 км², амплитуда составляет 250 м, оконтуривающая изогипса кровли потенциального резервуара проведена на отметке -3450 м.

Корбыльский вал контролируется изогипсой -3300 м, имеет площадь 1226 км² и амплитуду 300 м.

Пограничный вал, расположенный в южной части Ванжильского мезовала, с юга и юго-востока ограничен разломами, в остальной части контролируется изогипсой -4300 м, амплитуда поднятия составляет 1700 м, площадь – 207 км². Следует отметить, что в сводовых частях этих поднятий кембрийские комплексы и местами верхняя часть венда размыты. Здесь непосредственно в подошву мезо-

зоя могут выходить резервуары котоджинской свиты, флюидоупором для залежей углеводородов в которой может служить либо глинистые пачки райгинской и чурбигинской свит, либо кора выветривания, либо нижнеюрские глинистые пачки, залегающие в основании мезозойского разреза (Рисунок 6.20).

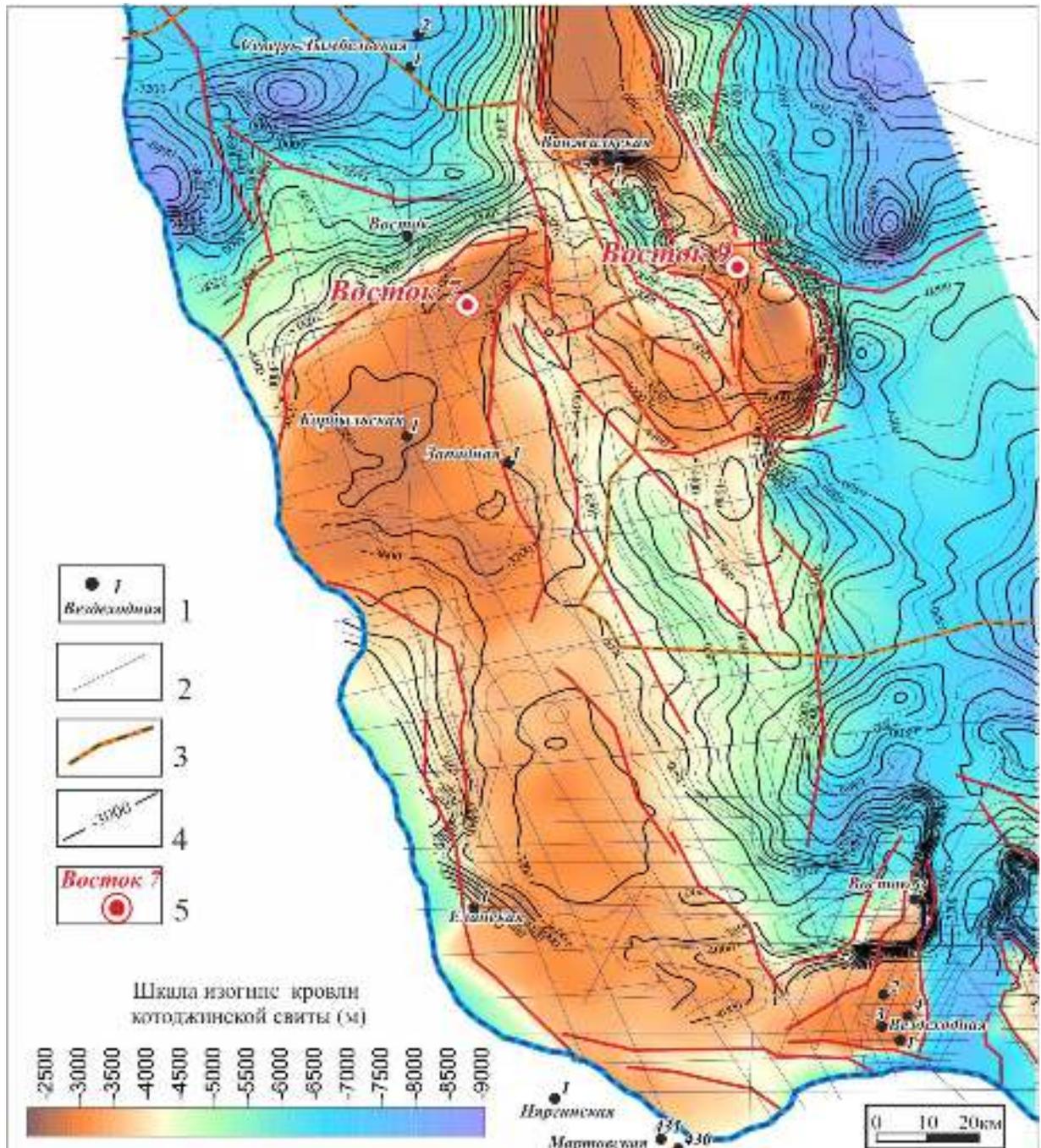


Рисунок 6.19 - Структурная карта по кровле котоджинской свиты (верхний венд) и положение проектных скважин Восток-7 и Восток-9.

Условные обозначения: 1 – пробуренные скважины; 2 – сейсмические профили ОГТ; 3 - административные границы; 4 - изогипсы кровли котоджинской свиты (верхний венд); 5 – проектные скважины.

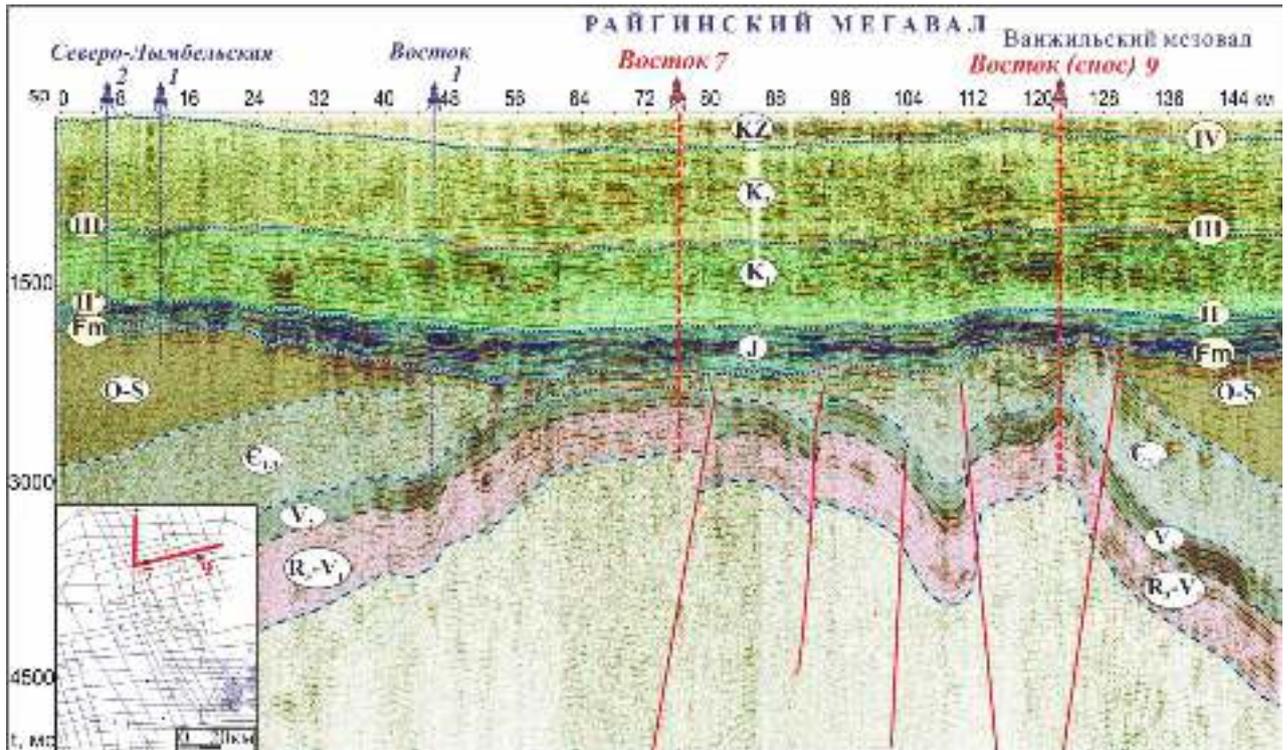


Рисунок 6.20 - Положение проектных скважин Восток 7 и Восток 9 на композитном сейсмическом разрезе по профилям 08090613+Reg_08_2010.

Другие две скважины ориентированы на оценку перспектив нефтегазоносности кембрийских отложений и частично венда. Скважину Восток-6 рекомендуется разместить на Пурчесском мезоподнятии, осложняющем северную часть Сымского свода. Потенциально продуктивный горизонт – рифогенные фации среднего и нижнего кембрия и венда. Проектная глубина скважины при вскрытии всего верхнего венда 5000 м. Скважину Восток-2 предлагается разместить на Верхне-Кетском поднятии, где при забое 5000 м предполагается вскрытие нижнекембрийского, верхневендского и частично нижневендского комплексов.

В зоне, перспективной для формирования кембрийских коллекторов, расположена крупная положительная структура I порядка - Сымский мегавал, площадь которого составляет 9500 км². Мегавал осложнен двумя положительными структурами II порядка Пурчесским и Северо-Кетским мезоподнятиями.

Сымский мегавал сейсморазведкой изучен недостаточно, но пока только этот объект и осложняющие его структуры могут рассматриваться в качестве наиболее перспективных в отношении развития биогермных коллекторов кем-

брия. Региональный профиль Восток-10 пересекает Северо-Кетское мезоподнятие, расположенное в южной части Сымского мегавала (Рисунок 6.21).

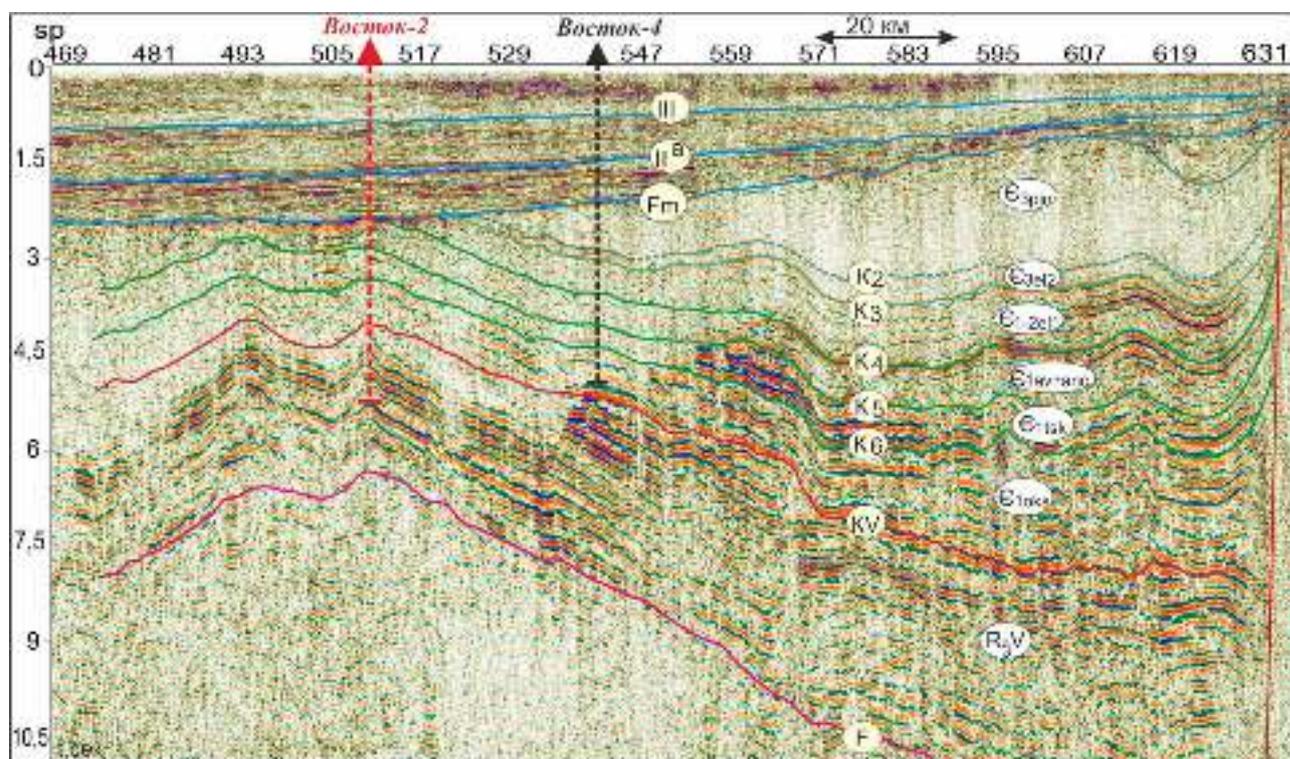


Рисунок 6.21 – Положение проектной скважины Восток-2 в районе Северо-Кетского поднятия на фрагменте сейсмического профиля Восток-10.

На этом же профиле несколько восточней Сымского мегавала в неструктурных условиях пробурена скважина Восток-4, в которой кембрийские отложения представлены зарифовыми фациями. Наряду с другими факторами это обстоятельство позволяет рассчитывать на развитие рифовых построек в пределах Северо-Кетского поднятия и Сымского мегавала.

На Пурчесском и Северо-Кетском мезоподнятиях перспективные в отношении нефтегазоносности отложения венда и кембрия залегают на доступных для бурения глубинах. Абсолютные глубины залегания кровли вендских отложений на этих структурах составляют 2800-3400 м. Следует отметить, что существование Северо-Кетской структуры подтверждено результатами площадных сейсморазведочных работ, выполненных недропользователем ОАО «Газпромнефть» (в настоящее время лицензия прекращена) в южной части структуры.

Интерес в отношении нефтегазоносности представляет также расположен-

ное в южной части Елогуйского мегавыступа Западно-Дубчесское поднятие, выделенное на Борском региональном профиле (Рисунок 6.22). Здесь в отложениях венда и кембрия (в подходящих структурных условиях) также предполагается развитие биогермных коллекторов хорошего качества. В пределах этого объекта абсолютная глубина залегания венда также не превышает 4000 м.

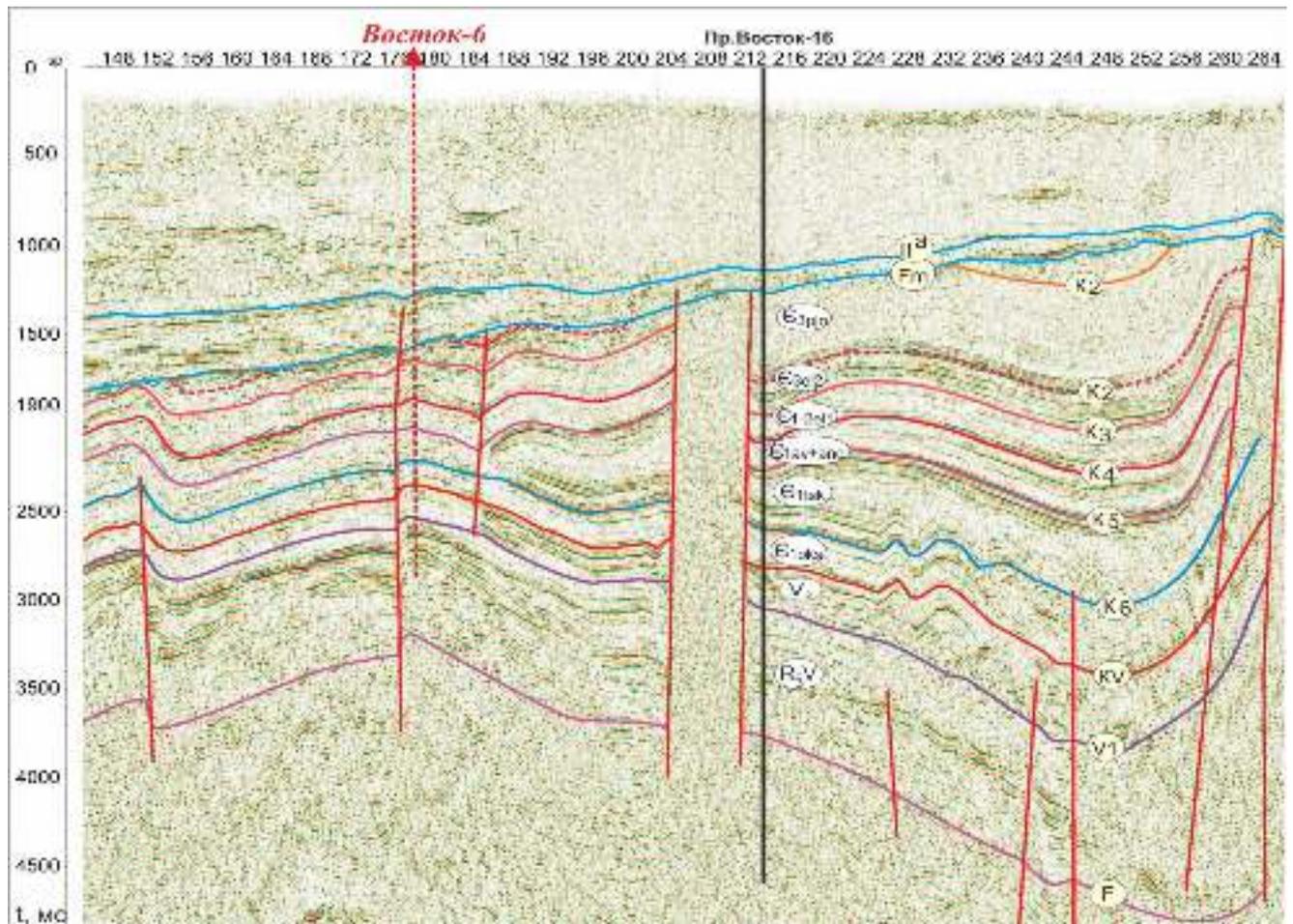


Рисунок 6.22 - Положение проектной скважины Восток-2 в районе Западно-Дубчесского поднятия на фрагменте Борского регионального профиля.

Непосредственно вблизи Енисейского кряжа, в пределах солеродного бассейна состояние изученности и качество сейсмического материала не позволяет выделить нефтегазоперспективные объекты. Наибольший интерес в отношении нефтегазоносности здесь могут представлять приподнятые зоны, сформированные над системой соляных куполов, однако их выявление требует постановки дополнительных сейсморазведочных работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа посвящена комплексному изучению верхненеопротерозойско-нижнепалеозойских отложений Предъенисейского осадочного бассейна, одного из слабоизученных объектов доюрского этажа на востоке ЗСП и обобщает большой объем принципиально новых геолого-геофизических данных. Исследования направлены на решение как фундаментальных проблем строения земной коры в области сочленения платформ и складчатых поясов, так и практических задач – оценки перспектив нефтегазоносности бассейна и уточнения направлений поисков и разведки углеводородов в доюрском комплексе основания в этой части Западной Сибири. В результате проведенных работ получены следующие основные результаты:

1. Сделан вывод о том, что Предъенисейский осадочный бассейн, расположенный в восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы под толщей мезозойско-кайнозойских отложений и простирающийся в субмеридиональном направлении конформно границам Енисейского тектонического пояса, представлен умеренно дислоцированными разнофациальными верхнедокембрийско-палеозойскими отложениями, в осевой части достигающих до 10 км толщины, формировавшимися на западной периферии Сибирского кратона.

2. На основе палеонтологических, литостратиграфических, геофизических и радиоизотопных исследований пород керна скважин и обнажений соискателю совместно с коллегами удалось разработать новые и уточнить существующие стратиграфические схемы докембрийских и палеозойских осадочных комплексов бассейна, провести корреляцию с одновозрастными комплексами в смежных областях.

3. Комплексная геологическая интерпретация геофизических материалов (сейсмических материалов ОГТ, потенциальных полей и их трансформантов) позволила автору диссертации построить сейсмогеологическую модель Предъенисейского осадочного бассейна, включая базовые разрезы, серию структурных карт и структурно-тектонических схем, геологическую карту на

предъюрскую поверхность.

4. Выделены главные этапы и особенности формирования основных структур бассейна с установлением возрастных рубежей проявления магматических событий, выполнены палеогеодинамические и палеогеографические реконструкции докембрийских и фанерозойских комплексов и их коре, проведена их корреляция с геодинамическими событиями в смежной тектонической зоне Енисейского кряжа. С точки зрения автора, позднепротерозойско-палеозойский комплекс необходимо рассматривать в качестве чехольных образований Касско-Туруханского микроконтинента (жесткого массива), в результате коллизионных процессов консолидировавшегося в предэдиакарское время с краевыми частями СП и, как минимум, с венда развивавшихся как единая с ней структура. При этом западные районы бассейна принадлежали в кембрии к активной окраине материка и располагались в пределах задугового (окраинного) бассейна, который на востоке в тыльной своей части переходил в эпиплатформенный бассейн с корой континентального типа.

5. Выполнен комплексный анализ литологических, петрофизических, тектонических, гидрогеологических, геотермических, геохимических критериев оценки потенциальной нефтегазоносности бассейна, установлены закономерности распределения перспективных нефтегазоносных комплексов, выявлены факторы, свидетельствующие как в пользу потенциальной нефтегазоносности Предъенисейского бассейна, так и ограничивающие ее. К первым можно отнести наличие мощных осадочных толщ и потенциально нефтематеринских отложений, выявленные процессы генерации и миграции углеводородов, наличие осадочных толщ с хорошими коллекторскими свойствами, потенциальных зон нефтегазонакопления и ловушек нефти и газа, прямые признаки нефтегазоносности. Ко вторым - высокий метаморфизм, ранний возраст формирования потенциальных залежей, что наряду с тектонической активностью в каледонское и герцинское время, масштабами денудации, уничтожившей значительную часть палеозойских комплексов от кембрия (частично) до перми, приводит к значительным рискам, связанных с сохранностью залежей в течение длительного периода.

6. По совокупности рассмотренных критериев на данном этапе выполнить корректно количественную оценку потенциальной нефтегазоносности бассейна представляется затруднительным. Были выделены наиболее перспективные участки, даны конкретные рекомендации к их дальнейшему изучению. В качестве рекомендаций предлагается закончить региональный этап изучения территории, в частности: 1) отработать дополнительную сеть региональных сейсмических профилей ОГТ с целью уточнения модели геологического строения бассейна и обоснования объектов для постановки поисково-параметрического бурения; 2) отработать регионально-рекогносцировочную сеть сейсмических профилей в пределах Сымского мегавала, который представляется наиболее перспективной территорией в нефтегазоносном отношении из-за развития рифогенных построек, но слабо изучена сейсморазведкой ОГТ; 3) провести бурение 4-х параметрических скважин.

Установленные закономерности геологического строения доюрских комплексов пород, выявленные особенности геодинамической эволюции осадочного бассейна вносят значительный вклад в решение проблемы регионального геологического строения, тектонической истории и соотношения погребенных доюрских комплексов ЗСП с выходящими на поверхность структурами обрамления, которые относятся к числу наиболее дискуссионных.

Помимо этого, выполненные построения и комплексный анализ всех факторов потенциальной нефтегазоносности могут являться основой для региональной оценки перспектив нефтегазоносности региона. Полученные результаты и рекомендации 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 необходимо учитывать геологическим и производственным организациям при выработке стратегии освоения углеводородных ресурсов в этом регионе.

Основные положения диссертации и результаты исследований в полной мере опубликованы в печати и неоднократно докладывались автором на международных и всероссийских конференциях, где получили широкое одобрение.

Стратиграфическая схема кембрийских и палеозойских отложений Предъенисейского осадочного бассейна была представлена и одобрена для принятия Межведомственной Стратиграфической Комиссией РФ на региональном стратиграфическом совещании по разработке региональных стратиграфических схем кембрия и палеозоя Сибири в Новосибирске в 2012 г.

Полученные 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.

Материалы диссертации вошли в десятки научных отчетов, 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.

Несмотря на решение многих вопросов, связанных с геологическим строением доюрских комплексов, их тектонической природы, палеогеографических условий формирования, нефтегазогеологического районирования, а также предварительной оценкой их нефтегазоносности, остаются многие задачи, решение которых на данном этапе и существующей степени изученности невозможно.

Во-первых, это задача по изучению и кондиционному картированию 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, это проблема реконструкции истории и оценки объемов генерации нефти, 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, ни в одной из пробуренных на сегодня скважин 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 практика, невозможно сделать окончательный вывод о перспективности или бесперспективности бассейна. Ярким примером такой ситуации может служить опыт китайских коллег, и история открытия газовых гигантов в Сычуанском осадочном бассейне.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- АК - акустический каротаж
- ВСП - вертикальное сейсмическое профилирование
- ВСТО – трубопровод «Восточная Сибирь – Тихий океан»
- ГЗН – главная зона нефтеобразования
- ГИС – геофизические исследования скважин
- ГК - гамма-каротаж
- ГРР - геологоразведочные работы
- ГСЗ - глубинное сейсмическое зондирование
- ЗСП - Западно-Сибирская плита
- МОВ - метод отраженных волн
- ОГТ - метод общей средней (глубинной) точки
- ЗПВ - зондирование преломленными волнами
- КМПВ - корреляционный метод преломленных волн
- Кп – коэффициент пористости
- НГК - нейтронный гамма-каротаж
- ОВ - органическое вещество
- ОГ - отражающий горизонт
- ОСМ - объемно-статистический метод
- СП - Сибирская платформа
- СФЗ - структурно-фациальная зона
- УУВ - условные углеводороды

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**Опубликованная**

Аплонов, С.В. Палеогеодинамика Западно-Сибирской плиты / С.В. Аплонов // Советская геология. - 1989. - №7. - С. 27-36.

Архангельский, А.Д. Где и как искать новые нефтеносные области в СССР / А.Д. Архангельский // Нефтяное хозяйство. - 1929. - №6. - С. 791–796.

Архангельский, А.Д. Схема тектоники СССР / А.Д. Архангельский, Н.С. Шатский // Бюлл. МОИП. отд. геол. - 1933. - Т. 11, №4. - С. 17-38.

Багринцева, К.И. Карбонатные породы-коллекторы нефти и газа / К.И. Багринцева. – М.: Недра, 1977. – 257 с.

Багринцева, К.И. Атлас карбонатных коллекторов месторождений нефти и газа Восточно-Европейской и Сибирской платформ. / К.И. Багринцева, А.Н. Дмитриевский, Р.А. Бочко. Под ред. К.И. Багринцевой. – М., 2003. – 264 с.

Баженова, О.К. Верхний протерозой Сибирской платформы – основной источник нефтегазоносности ее домезозойского мегабассейна [Электронный ресурс] / О.К. Баженова, М.В. Дахнова, С.В. Можегова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2011. - Т. 6, №2. – Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/1/17_2011.pdf, свободный.

Баженова, О.К. Геология и геохимия нефти и газа. / О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин, Б.А. Соколов, В.Е. Хаин. - М: Изд-во МГУ, 2000. - 384 с.

Баженова, О.К. Нефтематеринские формации древних платформ России и нефтегазоносность [Электронный ресурс] / О.К. Баженова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2016. - Т. 11, №4. – Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/1/45_2016.pdf, свободный.

Баженова, О.К. Эволюция нефтегазообразования в истории земли и прогноз нефтегазоносности осадочных бассейнов / О.К. Баженова // Геология и геофизика. - 2009. - Т. 50, №4. - С. 412-424.

Бакиров, А.А. Общие закономерности формирования концентраций нефтегазонакопления и поисковые их критерии / А.А. Бакиров // Критерии поисков зон

нефтегазонакопления. - М.: Наука, 1979. - С. 5-29.

Белоусов, В.В. Общая геотектоника / В.В. Белоусов. - М.: Госгеолиздат, 1948. - 599 с.

Беляев, С.Ю. Современная структура и история формирования зоны сочленения Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты / С.Ю. Беляев, А.К. Башарин, Е.В. Деев, и др. // Металлогения, нефтегазоносность и геодинамика Северо-Азиатского кратона и орогенных поясов его обрамления: мат-лы II Всерос. металлоген. совещ. (25-28 августа 1998 г., Иркутск). - Иркутск, 1998. - С. 135.

Беляев, С.Ю. Современная структура, история формирования и нефтегазоносность зоны сочленения Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты / С.Ю. Беляев, А.К. Башарин // Геология и геофизика. - 2001. - Т. 42, №4. - С. 736-745.

Бененсон, В.А. Геологическое строение и прогноз нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири / В.А. Бененсон, А.В. Самсонов, Н.Н. Дашкевич и др. // Геология нефти и газа. - 1987. - №9. - С. 36-41.

Бененсон, В.А. Геолого-геофизические особенности доверхнепалеозойских отложений Западно-Сибирской плиты в связи с их нефтегазоносностью / В.А. Бененсон // Геология нефти и газа. - 1989. - №12. - С. 6-10.

Бененсон, В.А. Строение фундамента Западно-Сибирской плиты в свете новой геолого-геофизической информации / В.А. Бененсон // Геотектоника. - 1986. - №7. - С. 117-121.

Берзин, Н. А. Геодинамическая карта западной части Палеозойского океана / Н.А. Берзин, Р.Г. Колман, Н.Л. Добрецов и др. // Геология и геофизика. - 1994. - Т. 35, №7-8. - С. 8-28.

Боголепов, К.В. К вопросу о тектоническом строении области сопряжения Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы / К.В. Боголепов, А.П. Шевцов // Тектоника Сибири. Т. 1. Тектоника мезозойских и кайнозойских впадин Сибири и сопредельных территорий. - Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1962. - С. 130-137.

Боголепов, К.В. О формах структурной связи Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты / К.В. Боголепов // Тектоника Сибири. Т. 2. Тектоника Красноярского края. - Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1963. - С. 112-121.

Болдушевская, Л.Н. Зональность катагенеза ОВ мезозойских отложений Енисей-Хатангской и Пур-Тазовской НГО по данным пиролиза и отражательной способности витринита / Л.Н. Болдушевская, А.Н. Фомин, Ю.А. Филипцов // Критерии оценки нефтеносности ниже промышленно освоенных глубин и определение приоритетных направлений геологоразведочных работ: сб. научн. докл. Всер. науч.-практ. конф. (8-10 февраля 2000 г., Пермь). В 2-х кн. Под ред. М.Б. Келлера и А.В. Липилина. Книга 2. – Пермь: КамНИИКИГС, 2001 – С. 99-105.

Бочкарев, В.С. Геологическое строение палеозойского и триасового комплексов в Пуровском регионе и перспективы их нефтегазоносности / В.С. Бочкарев // Геология и нефтегазоносность Надым-Пур-Тазовского междуречья: труды 1-ой Пуровской геол. конф.(1995 г., Тарко-Сале). Под ред. Н.Х. Кулахметова, Б.В. Никулина. - Тюмень-Тарко-Сале, 1995. - С. 179-206.

Бочкарев, В.С. Некоторые проблемы геологии доюрских образований Западно-Сибирской плиты / В.С. Бочкарев // Материалы по геологии нефтегазоносных районов Западной Сибири. Труды ЗапСибНИГНИ. – Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1975. - Вып. 102. - С. 3-27.

Бочкарев, В.С. Новые данные о возрасте складчатого фундамента центральных районов Западно-Сибирской плиты / В.С. Бочкарев, Б.С. Погорелов // Докл. АН СССР. - 1968. - Т. 179, №3. - С. 664-665.

Брехунцов, А.М. Методология оценки нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна: автореферат дис. ... д-ра геолого-минерал. наук / А.М. Брехунцов. - Тюмень, 2007. - 23 с.

Брод, И.О. Основы геологии нефти и газа / И.О. Брод, Н.А. Еременко –М.: Изд-во МГУ, 1953. – 338 с.

Брод, И.О. Основы учения о нефтегазоносных бассейнах / И.О. Брод - М.: Недра, 1964. – 60 с.

Булынникова, А.А. Елогуйская и Туруханская опорные скважины (Красноярский край) / А.А. Булынникова, А.Н. Резапов, В.А. Каштанов // Труды ЗапСибНИГНИ. – Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1973. - Вып. 68 - 182 с.

Бурштейн, Л.М. Важнейшие факторы, влияющие на величину начальных геологических ресурсов углеводородов / Л.М. Бурштейн // Геология и геофизика. - 1989. - №10. - С. 57-64.

Бутаков, Е.П. Венд Тейско-Чапского района (Енисейский кряж) / Е.П. Бутаков, Р.Б. Карпинский, В.В. Усталов // Геология и геофизика. - 1975. - №8. - С. 67–77.

Вассоевич, Н.Б. Происхождение нефти / Н.Б. Вассоевич // Вестн. МГУ. Сер. IV. Геология. - 1975. - №5. - С. 3-23.

Верниковский, В.А. Геодинамическая эволюция складчатого обрамления и западная граница Сибирского кратона в неопротерозое: геолого-структурные, седиментологические, геохронологические и палеомагнитные данные. / В.А. Верниковский, А.Ю. Казанский, Н.Ю. Матушкин и др. // Геология и геофизика. - 2009. - Т. 50, №4. - С. 502-519.

Верниковский, В.А. Геодинамическая эволюция Таймырской складчатой области / В.А. Верниковский. – Новосибирск: НИЦ ОИГГМ, 1996. - 203 с.

Верниковский, В.А. Неопротерозойская тектоническая структура Енисейского кряжа и формирование западной окраины Сибирского кратона на основе новых геологических, палеомагнитных и геохронологических данных / В.А. Верниковский, Д.В. Метелкин, А.Е. Верниковская и др. // Геология и геофизика. - 2016. - Т. 57, №1. - С. 63-90.

Верниковский, В.А. Рифейские офиолиты Исаковского пояса Енисейский кряж. / В.А. Верниковский, А.Е. Верниковская, А.Д. Ножкин и др. // Геология и геофизика. - 1994. - Т. 35, №7-8. - С. 169-181.

Верниковский, В.А. Тектоника и эволюция гранитоидного магматизма Енисейского кряжа / В.А. Верниковский, А.Е. Верниковская // Геология и геофизика. - 2006. - Т. 47, №1. - С. 35-52.

Вишневская, И.А. Вороговская серия венда Енисейского кряжа: хеостра-

тиграфия и данные датирования детритовых цирконов /И.А. Вишневская, Е.Ф. Летникова, А.И. Прошенкин и др. // Докл. РАН. - 2017. - Т. 476, №3. - С. 311-315.

Волков, В.В. Нижнепалеозойский вулканизм Центральной Азии / В.В. Волков - Новосибирск: Наука, 1986. - 193 с.

Волобуев, М.И. Рифейский офиолитовый комплекс Енисейского кряжа / М.И. Волобуев // Геотектоника. - 1993. - №6. - С. 82-87.

Волож, Ю.А. Внутренняя расшифровка осадочных бассейнов сейсмостратиграфией / Ю.А. Волож., В.М. Ковылин., Н.В. Милитенко и др. / Бюл. МОИП. Отд. Геол. - 1994. - Т. 69, Вып. 3. - С. 137-141.

Волож, Ю.А. Сейсмостратиграфия как метод изучения седиментационных бассейнов / Ю.А. Волож // Сейсмостратиграфические исследования при поисках нефти и газа. - М., 1986. – С. 34-77.

Вышемирский, В.С. Нефтегазоносность палеозоя юго-востока Западно-Сибирской плиты / В.С. Вышемирский, Н.П. Запивалов // Нефтегазоносность Сибири и Дальнего Востока. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1981. - С. 90-104.

Галушкин, Ю.И. Моделирование осадочных бассейнов / Ю.И. Галушкин. - М.: Научный мир, 2007. - 456 с.

Геоисторический и геодинамический анализ осадочных бассейнов / А.М. Никишин, А.В. Ершов, Л.Ф. Копаевич и др. Под ред. Н.В. Межеловского, А.Ф. Морозова. - М., 1999. - 524 с.

Геологическая карта Енисейского кряжа [Карты] // Гл. ред.: А.К. Мкртчян, М.Л. Шерман. - 1:500000. - Красноярск: Красноярскгеолсъёмка, 1998.

Геологическое строение доюрского основания Западно-Сибирской плиты в пределах Кеть-Тымского междуречья. / Г.Д. Исаев, С.Н. Макаренко, М.Е. Раабен и др. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2003. – 34 с.

Геологическое строение и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности / Под ред. Н.Н. Ростовцева // Труды ЗапСибНИГНИ. – М.: Недра, 1965. - Вып.1. – 302 с.

Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Западно-

Сибирской низменности / Под общ. ред. Н.Н. Ростовцева. – Москва: Госгеологтехиздат, 1958. – 391 с.

Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности палеозойских отложений левобережья Енисея (Тыйская параметрическая скважина) / В.А. Каштанов, А.И. Варламов, В.П. Данилова и др. - Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1995. - 53 с. (Препр. ОИГГМ СО РАН).

Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Приенисейской части Западно-Сибирской низменности / А.А. Булынникова, А.Н. Резапов, В.В. Пучкина и др. // Труды СНИИГГиМС. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1968. - Вып. 41. – 216 с.

Геологическое строение фундамента Западно-Сибирской плиты (по геологическим и геофизическим данным) / Под ред. Э.Э. Фотиади, В.С. Суркова // Труды СНИИГГиМС. - Л.: Недра, 1971. – Вып. 76. - 208 с.

Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности - новой нефтяной базы СССР / Ф.Г. Гурари, В.П. Казаринов, Ю.К. Миронов и др. Под ред. Н.Н. Ростовцева, А.А. Трофимука. - Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1963. – 202 с.

Геология и перспективы нефтегазоносности рифовых систем кембрия Сибирской платформы / В.А. Асташкин, А.И. Варламов, Н.К. Губина и др. // Труды СНИИГГиМС. - М.: Недра, 1984. - 181 с.

Геология нефти и газа Западной Сибири / А.Э. Конторович, И.И. Нестеров, Ф.К. Салманов и др. - М.: Недра, 1975. - 680 с.

Геология нефти и газа Сибирской платформы / А.С. Анциферов, В.Е. Бакин, И.П. Варламов и др. Под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука - М.: Недра, 1981. - 552 с.

Геология окраинных бассейнов / Р.В. Фишер, Э. Ямада, С. Кэри и др. Под ред. Б.П. Кокелаара, М.Ф. Хуэлса. - М.: Мир, 1987. - 462 с.

Геохимические критерии прогноза нефтегазоносности палеозойских отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты / А.Э. Конторович, И.А. Олли, В.И. Биджаков и др. // Перспективы нефтегазоносности юго-востока Западной

Сибири. Труды СНИИГГиМС. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1980. - Вып. 275. - С. 4-24.

Гиршгорн, Л.Ш. Сейсморазведка и стратиграфия / Л.Ш. Гиршгорн // Бюл. МОИП. Отд. Геол. - 1985. - Т. 60, Вып. 5, - С. 106-177.

Гиршгорн, Л.Ш. Сейсмостратиграфия, предмет и метод / Л.Ш. Гиршгорн // Методы оптимизации сейсморазведки на севере Западной Сибири - Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1983. - Вып.182. - С. 95-103.

Гладенков, Ю.Б. О проведении сейсмостратиграфических исследований в Академии наук СССР / Ю.Б. Гладенков, Н.Я. Кунин, А.Е. Шлезингер // Вестн. АН СССР. - 1988. - №2. - С. 60-69.

Гладенков, Ю.Б. Сейсмостратиграфия и ее развитие в Советском Союзе (основные направления и перспективы) / Ю.Б. Гладенков, Н.Я. Кунин., А.Е. Шлезингер // Известия АН СССР. Сер. Геол. - 1984. - №4. - С. 3-20.

Гогоненков, Г.Н. Изучение детального строения осадочных толщ сейсморазведкой / Г.Н. Гогоненков. М.: Недра, 1987. - 221 с.

Гогоненков, Г.Н. Сейсмостратиграфические подразделения нефтегазоносных осадочных толщ Западной Сибири / Г.Н. Гогоненков, Ю.А. Михайлов // Геология нефти и газа. - 1983. - №7. - С. 49-56.

Гордиенко, И.В. Геодинамическая эволюция поздних байкалид и палеозоид складчатого обрамления юга Сибирской платформы / И.В. Гордиенко // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47, №1. – С.53-70.

Гордиенко, И.В. Эволюция субдукционного магматизма на неопротерозойской и венд-раннепалеозойской активных окраинах Палеоазиатского океана / И.В. Гордиенко, Д.В. Метелкин // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57, №1. – С. 91-108.

Гражданкин, Д.В. Венд Предъенисейского осадочного бассейна (юго-восток Западной Сибири) / Д.В. Гражданкин, А.Э. Конторович, В.А. Конторович и др. // Геология и геофизика. - 2015. - Т. 56, №4. - С. 718-734.

Губкин, И.М. Учение о нефти / И.М. Губкин. - Л.: Гостоптехиздат, 1932. – 443 с.

Гурари, Ф.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности Обь-Иртышского междуречья / Ф.Г. Гурари. - Л.: Гостоптехиздат, 1959. – 174 с.

Гурари, Ф.Г. Западно-Сибирская низменность - новая база нефтегазодобычи СССР / Ф.Г. Гурари, В.П. Казаринов, М.В. Касьянов и др. // Геология и геофизика. - 1961. - №10. - С. 3-15.

Дашкевич, Н.Н. Некоторые новые данные о глубинном строении и истории развития области сочленения Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты (в связи с оценкой нефтегазоносности) / Н.Н. Дашкевич // Итоги и направления поисковых работ на нефть и газ в Красноярском крае: тез. докл. VII краевой конф. (1985 г., Красноярск) – Красноярск, 1985. - С. 16-18.

Дашкевич, Н.Н. Некоторые черты строения и развития западной части Сибирской платформы и области ее сочленения с Западно-Сибирской плитой (геодинамический аспект) / Н.Н. Дашкевич // Интенсификация регионального геологического изучения территории СССР: тез. докл. конф. (1987 г., Свердловск). - Свердловск, 1987. - С. 167-169.

Дашкевич, Н.Н. О необходимости проведения региональных нефтегазописковых геофизических работ в центральной части Красноярского промышленного района / Н.Н. Дашкевич // Геология и полезные ископаемые Красноярского края. - Красноярск, 1998. - С. 46-55.

Дашкевич, Н.Н. Основные черты глубинного геологического строения западной части Сибирской платформы и приенисейской полосы Западно-Сибирской плиты по геолого-геофизическим данным: автореф. дис. ... канд. геолого-минерал. наук / Н.Н. Дашкевич. - М.: МГУ, 1970. – 20 с.

Дашкевич, Н.Н. Платформенные отложения палеозоя и подсолевые комплексы докембрия левобережья р. Енисей - новый объект нефтегазописковых работ / Н.Н. Дашкевич, В.А. Каштанов. // Докл. АН СССР. - 1990. - Т. 315, №5. - С. 1187-1191.

Дашкевич, Н.Н. Схематическая карта нефтегазогеологического районирования докембрийских и кембрийских отложений левобережья Енисея (Красноярский край). М-б 1:2000000: Объяснит. записка / Н.Н. Дашкевич, В.А. Каштанов,

С.А. Степанов. – Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1992. – 67 с. (Препр. ОИГГМ СО РАН)

Двали, М.Ф. Объемно-статистический метод подсчета прогнозных запасов нефти и газа / М.Ф. Двали, Т.П. Дмитриева - Л.: Недра, 1976. – 111 с.

Диденко, А.Н. Геодинамика палеозойских океанов Центральной Азии / А.Н. Диденко, А.А. Моссаковский, Д.М. Печерский и др., // Геология и геофизика. - 1994. - Т. 35, №7-8. - С.59-75.

Дмитриевский, А.Н. Системный литолого-генетический анализ нефтегазоносных осадочных бассейнов / А.Н. Дмитриевский. - М: Недра, 1982. – 230 с.

Драгунов, В.И. Нижнепалеозойские отложения в фундаменте восточной части Западно-Сибирской низменности (Елогуйские скважины) / В.И. Драгунов, А.Л. Смирнов, Н.Е. Чернышева // Докл. АН СССР. - 1967. - Т. 172, № 2. - С. 420-422.

Дробот, Д.И. История нефтегазообразования и оценка нефтегазоносности докембрийских и кембрийских отложений Сибирской платформы: автореф. дис. ... д-ра. геолого-минерал. наук / Д.И. Дробот. - Новосибирск, 1988. – 42 с.

Евграфов, А.А., Особенности геологического строения доюрских отложений приенисейской части Западно-Сибирской низменности по сейсмическому маршруту: Вездеходная площадь (Томская обл.) - Сымская площадь (Красноярский край) / А.А. Евграфов, А.С. Ефимов, Л.Д. Чунихина // Геология и полезные ископаемые Красноярского края. - Красноярск, 1998. - С. 121-129.

Елисеев, В.Г. Стратиграфическое определение по конхостракам разреза скважины 27 Лекосской площади Западной Сибири / В.Г. Елисеев, Ю.С. Папин, С.А. Чунихин / Горные ведомости. - 2009. - №8. - С. 14-20.

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 и др. // Геология и геофизика. - 2000. - Т. 41, №7. - С. 943-951.

Елкин, Е.А. Схема стратиграфии кембрийских отложений Приенисейской части Западной Сибири) / Е.А. Елкин, В.А. Каштанов, А.Э. Конторович и др. //

Геология и геофизика. - 2001. - Т. 42, №7. - С. 1015-1027.

Жарков, М.А. Кембрийская соленосная формация Сибирской платформы / М.А. Жарков // Советская геология - 1966. – №2. - С. 32-45.

Жарков, М.А. Палеозойские битуминозные карбонатно-сланцевые формации Восточной Сибири / М.А. Жарков, С.Ф. Бахтуров // Особенности строения осадочных формаций. – Новосибирск: Наука, 1982. - С. 103-115.

Жарков, М.А. Палеозойские соленосные формации мира / М.А. Жарков. - М.: Недра, 1974. - 392 с.

Жарков, М.А. Тектоника кембрийских отложений юго-западной части Сибирской платформы / М.А. Жарков, М.Л. Кавицкий // Геология и калиеносность кембрийских отложений юго-западной части Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 1974 - С. 278-307.

Жарков, С.М. Сейсмическая стратиграфия / С.М. Жарков // Сейсмостратиграфические исследования в Евразии. - М.: Наука, 1993. - С. 50-58.

Жеро, О.Г. Геологическое строение и нефтегазоносность палеозойских отложений Нюрольского бассейна / О.Г. Жеро, Л.В. Смирнов, В.С. Сурков // Проблемы геологии и нефтегазоносности доюрских отложений Западно-Сибирской плиты. Труды СНИИГГиМС. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1977. - Вып. 255. - С. 22-31.

Журавлев, Е.Г. Тектоника фундамента Западно-Сибирской плиты / Е.Г. Журавлев // Геотектоника. - 1986. - №5. - С. 107-115.

Журавлева, И.Т. Раннекембрийские органогенные постройки на территории Сибирской платформы / И.Т. Журавлева // Организм и среда в геологическом прошлом. - М.: Наука, 1966. - С. 61-84.

Забияка, А.И. Тектоническое районирование докембрия Заангарской части Енисейского кряжа / А.И. Забияка // Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. - Красноярск: КНИИГГиМС, 2001. - Вып. 2. - С. 21-30.

Загороднов, А.М. К вопросу о тектоническом строении Пур-Тазовского междуречья / А.М. Загороднов, М.И. Залипухин // Труды СНИИГГиМС. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1960. - Вып. 10. - С. 23-40.

Закономерности накопления органического вещества на территории Сибирской платформы в докембрии и кембрии / А.Э. Конторович, В.М. Евтушенко, Н.Ф. Ивлев и др. // Литология и геохимия нефтегазоносных толщ Сибирской платформы. - М.: Наука, 1981. - С. 19-42.

Запивалов, Н.П. Геологические предпосылки и методика поисков залежей нефти в палеозое на юге Западной Сибири / Н.П. Запивалов // Советская геология. - 1979. - №3. - С. 22-37.

Запивалов, Н.П. Особенности глубинного геологического строения юга Западно-Сибирской плиты и нефтегазоносность юрских и палеозойских отложений / Н.П. Запивалов // Геология и нефтегазоносность Сибири. - Новосибирск, 1974. - С. 69-78.

Запивалов, Н.П. Палеозойская нефть в Новосибирской области / Н.П. Запивалов, Е.М. Зубарев, В.А. Минько и др., // Геология нефти и газа. - 1975. - №2. - С. 14-19.

Зеленов, К.К. О нижнекембрийских морских битуминозных породах северного склона Алданского массива / К.К. Зеленов // Труды ГИН АН СССР. - М.: Наука, 1955. - Вып. 155, № 66. - С. 116-135.

Иванов, А.М. Комплексное изучение карбонатных пород как коллекторов нефти и газа / А.М. Иванов. - М.: Недра, 1976. - 295 с.

Иванов, И.А. Нефтегазоносность палеозоя Томской области / И.А. Иванов, Г.П. Худорожков, Н.В. Коптяев // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири. – Томск: ТГУ, 1975. – С. 46-62.

Иванов, К. С. Изотопное и химическое U-Pb-датирование гранитоидов Западно-Сибирского мегабассейна / К.С. Иванов, Ю.В. Ерохин, Ю.Н. Федоров // Докл. РАН. - 2010. - Т. 433, №5. - С. 671-674.

Иванов, К.С. О возрасте гранитоидов и «древнего» фундамента на востоке Западно-Сибирской плиты (первые U-Pb-данные) / К.С. Иванов, Ю.В. Ерохин // Докл. РАН. - 2011. - Т. 436, №5. - С. 665-669.

Иванов, К.С. Первые сведения о раннепротерозойском сиалическом фундаменте на востоке Западно-Сибирской платформы (результаты исследования

Тынъярского риолит-гранитного массива) / К.С. Иванов, Ю.В. Ерохин, Ю.Л. Ронкин и др. // Геология и геофизика. - 2012. - Т. 53, №10. - С. 1304-1321.

Качевский, Л.К. Геологическая карта масштаба 1:500 000 Енисейского края. Объяснительная записка. / Л.К. Качевский, Г.И. Качевская, Ж.М. Грабовская. – Красноярск: Красноярскгеолсъемка. - 1998. – 229 с.

Каширцев, В.А. Органическая геохимия нефтидов востока Сибирской платформы / В.А. Каширцев. – Якутск: СО РАН - ЯФ, 2003. – 160 с.

Каштанов, В.А. Геологическая интерпретация материалов сейсмопрофилирования ОГТ лево- и правобережья Енисея и перспективы нефтегазоносности докембрийских и палеозойских отложений. / В.А. Каштанов, Ю.Ф. Филиппов – Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1994. - 28 с. (Препр. ОИГГМ СО РАН)

Кириченко, Г.И. К стратиграфии отложений палеозоя на р. Подкаменной Тунгуске. / Г.И. Кириченко // Труды ВСЕГЕИ. - М.: Госгеолтехиздат, 1950. - Вып. 1 - С. 87–99.

Киркинская, В.Н. Карбонатные породы-коллекторы нефти и газа / В.Н. Киркинская, Е.М. Смехов - Ленинград: Недра, 1981. – 255 с.

Клещев, К.А. Перспективы нефтегазоносности фундамента Западной Сибири / К.А. Клещев, В.С. Шеин - М.: ВНИГНИ, 2004. - 214 с.

Ковылин, В.М. Сейсмостратиграфические критерии разделения морских и континентальных фаций / В.М. Ковылин, А.Е. Шлезингер // Стратиграфия. Геол. Корреляция. - 1994. - Т. 2, №5. - С. 184-192.

Козырев, В.Д. Основные геотектонические признаки нефтегазоносности малоизученных территорий / В.Д. Козырев. - Л.: Недра, 1977. – 132 с.

Количественная оценка перспектив нефтегазоносности слабоизученных регионов / А.Э. Конторович, Л.М. Бурштейн, Г.С. Гуревич и др. Под ред. А.Э. Конторовича. - М.: Недра, 1988. - 223 с.

Конищев, В.С. Тектоника областей галокинеза Восточно-Европейской и Сибирской платформы / В.С. Конищев - Минск: Наука и техника, 1982. - 257 с.

Конторович, А.Э. Возраст седиментационных бассейнов и его влияние на ресурсы углеводородов / А.Э. Конторович, М.С. Моделевский А.А. Трофимук и др.

// Советская геология. - 1986. - № 10. - С. 12-18.

Конторович, А.Э. Геологическое строение и условия формирования гигантской Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазонакопления в верхнем протерозое Сибирской платформы / А.Э. Конторович, А.Н. Изосимова, А.А. Конторович и др. // Геология и геофизика. - 1996. - Т. 37, № 8. - С. 166-195.

Конторович, А.Э. Геодинамическая модель формирования современной структуры Предъенисейской нефтегазоносной субпровинции Западно-Сибирской геосинеклизы / А.Э. Конторович, С.Ю. Беляев, А.К. Башарин, Ю.Ф. Филиппов // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): мат-лы научн. совещ. по Программе фундаментальных исследований (20-23 октября 2003 г., Иркутск). – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2003. - С. 120-123.

Конторович, А.Э. Геолого-геохимические предпосылки нефтегазоносности кембрия и верхнего протерозоя юго-востока Западной Сибири / А.Э. Конторович, А.С. Ефимов, В.А. Кринин и др. // Геология и геофизика. - 2000. - Т. 41, №12. - С. 1615-1636.

Конторович, А.Э. Геохимия органического вещества кембрия Предъенисейской субпровинции Сибири / А.Э. Конторович, Е. А. Костырева, С. В. Сараев и др. // Геология и геофизика. - 2011а. - Т. 52, №6. - С. 737-750.

Конторович, А.Э. Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности / А.Э. Конторович. - М.: Недра, 1976. - 250 с.

Конторович, А.Э. Гидрогеохимические особенности мезозойских и палеозойских отложений района Вездеходной площади в связи с оценкой перспектив их нефтегазоносности / А.Э. Конторович М.П. Кропанина, С.Л. Шварцев // Обской вестник. – 2001. - № 1. - С. 22-29.

Конторович, А.Э. Исторический подход при количественной оценке перспектив нефтегазоносности / А.Э. Конторович // Основные проблемы геологии и геофизики. Труды СНИИГГиМС. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1977. - Вып. 250. - С. 46-57.

Конторович, А.Э. К палеогеографии Сибирской платформы в раннюю и

среднюю кембрийские эпохи / А.Э. Конторович, В.Е. Савицкий // Труды СНИИ-ГГиМС. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1970. - Вып. 106. - С. 95-106.

Конторович, А.Э. Литология и органическая геохимия венда Предъенисейской субпровинции (по результатам бурения скв. Восток-3) / А.Э. Конторович, Е.А. Костырева, С.В. Сараев и др. // Геология и геофизика. - 2011б. - Т. 52, №9. - С. 1213-1221.

Конторович, А.Э. Методология и опыт теоретико-вероятностной оценки ресурсов нефти и газа в осадочной оболочке Земли как целостной системе / А.Э. Конторович, В.И. Демин, Т.В. Бакулина // Геология и геофизика. – 1983. - №7. – С. 21-29.

Конторович, А.Э. Метод оценки количества и распределения по запасам месторождений нефти и газа в крупных нефтегазоносных бассейнах / А.Э. Конторович, В.И. Демин. // Геология нефти и газа. - 1977. - № 12. - С. 18-26.

Конторович, А.Э. Нафтиды кембрия Предъенисейской субпровинции / А.Э. Конторович, Е.А. Костырева // Геология нефти и газа. - 2011. - №5. - С. 73-77.

Конторович, А.Э. Нефти базальных горизонтов осадочного чехла Западно-Сибирской равнины / А.Э. Конторович, О.Ф. Стасова, А.С. Фомичев // Геология нефтегазоносных районов Сибири. Труды СНИИГГиМС. -Новосибирск: СНИИ-ГГиМС, 1964. – Вып 32. - С. 27-39.

Конторович, А.Э. Новая модификация объемно-статистического метода оценки начальных геологических ресурсов нефти и газа нефтегазоносных бассейнов. / А.Э. Конторович, Л.М. Бурштейн // Геология нефти и газа. - 1981. - №4. - С. 20-24.

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 и др. // Геология и геофизика. - 1999. - Т. 40, №7. - С. 1022-1031.

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 и др. // Геология и геофизика. – 2008а. - Т. 49, №11. - С. 1119-1128.

Конторович, А.Э. Очерки теории нефтедогенеза / А.Э. Конторович - Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал ГЕО, 2004. - 549 с.

Конторович, А.Э. Предъенисейская нефтегазоносная провинция - новый перспективный объект поисков нефти и газа в Сибири / А.Э. Конторович, В.А. Конторович, Ю.Ф. Филиппов и др. // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 2006. - №5-6. - С. 9–23.

Конторович, А.Э. Принципы классификации седиментационных бассейнов (в связи с их нефтегазоносностью) / А.Э. Конторович, М.С. Моделевский А.А. Трофимук // Геология и геофизика. - 1979. - № 2. - С. 3-12.

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 и др. // Геология и геофизика. - 2008б. - Т. 49, №12. - С. 1238-1247.

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 и др. // Геология и геофизика. - 2012. - Т. 53, №10. - С. 1273-1284.

Конторович, А.Э. Распределение и состав аквабитумоидов в отложениях Тымско-Кетского доюрского осадочного бассейна / А.Э. Конторович, В.П. Данилова, В.Г. Иванов, Г.П. Худорожков // Проблема геологии и нефтегазоносности доюрских отложений Западно-Сибирской плиты. Труды СНИИГГиМС. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1977. - Вып. 255. - С. 63-70.

Конторович, А.Э. Состав углеводородов-биомаркеров в нефтях рифея байкитской антеклизы / А.Э. Конторович, И.Д. Тимошина, Ю.А. Филиппов // Геология нефти и газа. - 2011в. - №5. - С. 78-83.

Конторович, В.А. Численные модели формирования структур соляной тектоники, выявленных сейсморазведкой в кембрийских отложениях Предъенисей-

ского 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. - №2С. - С. 105-115.

Коровин, М.К. Новая позднепалеозойская Обь-Енисейская складчатая зона Западной Сибири / М. К.Коровин // Изв. АН СССР. Сер. геол. - 1945. - №6. - С. 134-148.

Коровин, М.К. О геотектонической природе палеозойского фундамента Западно-Сибирской равнины / М.К. Коровин // Изв. АН СССР. Сер. геол. - 1954. - Т. 1. - С. 19-46.

Костырева, Е.А. Геохимия и генезис палеозойских нефтей юго-востока Западной Сибири / Е.А. Костырева - Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал Гео, 2005. - 183 с.

Костырева, Е.А. Геохимия органического вещества палеозойских отложений востока Томской области (на примере разреза скв.Вездеходная-4) / Е.А. Костырева, В.П. Данилова, В.Н. Меленевский и др. // Геология и геофизика. - 1999. - Т. 40, №7. - С. 1086-1091.

Косыгин, Ю.А. О принципах выделения древних платформ и положении краевых поднятий в структуре Сибирской платформы / Ю.А. Косыгин, И.В. Лучицкий // Геология и геофизика. - 1960. - №1. - С. 52-57.

Кочнев, Б.Б. Немакит-далдынский ярус венда юга Сибирской платформы: биостратиграфия и событийные рубежи / Б.Б. Кочнев, Г.А. Карлова // «Трофимовские чтения-2007»: труды научн. Конф. (8-14 октября 2007 г., Новосибирск). - Новосибирск: НГУ, 2007. - С. 99-102.

Кочнев, Б.Б. Новые данные по биостратиграфии немакит-далдынского яруса венда юга Сибирской платформы. / Б.Б. Кочнев, Г.А. Карлова // Стратиграфия. Геологическая корреляция. - 2010. - Т. 18, №5. - С. 28-41.

Краснов, В.И. Региональная стратиграфическая схема палеозойских отложений юго-восточной части Западно-Сибирской плиты / В.И. Краснов, Л.С. Радионов, В.Н. Дубатов. // Проблема ярусного расчленения систем фанерозоя Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1984. – С. 31-33.

Кринин, В.А. Геологический разрез юго-восточной части Западно-Сибирской плиты / В.А. Кринин // Геология и полезные ископаемые Красноярского края. - Красноярск, 1998. - С. 95-97.

Кринин, В.А. Оценка катагенеза и прогноз фазового состояния углеводородов докембрийских отложений юга Сибирской платформы на территории Красноярского края / В.А. Кринин, В.В. Донцов // Геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения месторождений нефти и газа Нижнего Приангарья: сб. докл. Всерос. конф. (1997 г., Красноярск) – Красноярск: КНИИГиМС, 1997. - С. 29-36.

Крылов, С.В. Глубинные сейсмические зондирования Сибири: автореф. дис. ... канд. геолого-минерал. наук / С.В. Крылов. - Новосибирск, 1971. – 35 с.

Крылов, С.В. О пологих сейсмических границах внутри фундамента / С. В. Крылов // Геология и геофизика. - 1970. - №4. - С. 98-110.

Крылов, С.В. Строение земной коры в центре и на юго-востоке Западно-Сибирской низменности по данным точечных сейсмических зондирований / С.В. Крылов, А.Л. Крикова, Б.П. Мишенькин и др. // Геология и геофизика. - 1966. - №1. - С. 10-20.

Кузьмичев, А.Б. Тектоника Исаковского синклиория Енисейского кряжа: автореф. дис. ... канд. геолого-минерал. наук / А.Б. Кузьмичев. - М., 1987. – 19 с.

Кузьмичев, А.Б. Фрагменты океанической литосферы в структуре Исаковской аккреционной призмы (Енисейский кряж): обоснование субдукции под окраину Сибирского палеоконтинента в позднем неопротерозое / А.Б. Кузьмичев, М.К. Данукалова, В.Б. Хубанов // Тектоника современных и древних океанов и их окраин: мат-лы XLIX тектон. совещ. (2017 г., Москва). В 2-х т. Отв. Ред. К.Е. Дегтярев. Т.2. - М.: ГЕОС, 2017. - С. 204-207.

Куликов, П.К. Геологическое строение и история развития Западной Сибири в палеозойскую эру в связи с проблемой нефтегазоносности / П.К. Куликов // Труды ЗапСибНИГНИ. - М: Недра, 1968. - Вып. 4. - 156 с.

Кунин, Н.Я. Сейсмостратиграфический метод и его применение при изучении нефтегазоносных бассейнов СССР / Н.Я. Кунин // Советская геология. - 1983.

- №11. - С. 92-104.

Кунин, Н.Я. Сейсмостратиграфия в решении проблем поиска и разведки месторождений нефти и газа / Н.Я. Кунин, Е.В. Кучерук // Итоги науки и техники: Месторождения горючих полезных ископаемых. – М.: ВИНТИ, 1984. - Вып. 12 – 198 с.

Летникова, Е.Ф. Смена источников сноса рифейских и вендских терригенных отложений краевых частей Сибирской платформы (север, запад, юг): результаты U-Pb датирования детритовых цирконов и Sm-Nd изотопные данные / Е.Ф. Летникова, А.И. Прошенкин, И.А. Вишневская, А.В. Иванов // Тектоника современных и древних океанов и их окраин: мат-лы XLIX тектон. совещ. (2017 г., Москва). В 2-х т. Отв. Ред. К.Е. Дегтярев. Т.2. - М.: ГЕОС, 2017. - С. 243-246.

Лидер, М.Р. Седиментология. Процессы и продукты / М.Р. Лидер – М.: Мир, 1986. – 439 с.

Литогеодинамика и минерагения осадочных бассейнов / Е.А. Басков, Г.А. Беленицкая, С.И. Романовский и др. Под ред. А.Д. Щеглова. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. – 480 с.

Лиханов, И. И. Неопротерозойский возраст коллизионного метаморфизма в Заангарье Енисейского кряжа (по ^{40}Ar - ^{39}Ar данным) / И.И. Лиханов, П.С. Козлов, О.П. Полянский // Докл. РАН. - 2007. - Т. 412, №6. - С. 799-803.

Лиханов, И.И. Гренвильские тектонические события и эволюция Енисейского кряжа, западная окраина Сибирского кратона / И.И. Лиханов, А.Д. Ножкин, В.В. Ревердатто и др. // Геотектоника. - 2014. - Т. 48, №5. - С. 116-137.

Лиханов, И.И. Коллизионные метаморфические комплексы Енисейского кряжа: особенности эволюции, возрастные рубежи и скорость эксгумации / И.И. Лиханов, В.В. Ревердатто, П.С. Козлов // Геология и геофизика. - 2011. - Т. 52, №10. - С. 1593-1611.

Лиханов, И.И. Коллизионный метаморфизм докембрийских комплексов в заангарской части Енисейского кряжа / И.И. Лиханов, В.В. Ревердатто, П.С. Козлов и др. // Петрология. - 2008. - Т. 16, №2. - С. 148-173.

Лучицкий, И.В. О формах структурной связи Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты / И.В. Лучицкий // Тектоника Сибири. В 2-х т. - Новосибирск, 1963. - С. 112-121.

Мазарович, А.Н. Курс исторической геологии / А.Н. Мазарович - М.: Геол. Развед. Изд-во, 1933. – 263 с.

Макаренко, С.Н. Стратиграфия кембрия и ордовика юго-востока Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции / С.Н. Макаренко, Н.И. Савина, Г.М. Татьянин // Горные ведомости. - 2014. - №3. - С. 44-55.

Мак-Куиллин, Р. Введение в сейсмическую стратиграфию / Р. Мак-Куиллин, М. Бекон, У. Барклай - Москва: Недра, 1985. - 308 с.

Максимович, Г.А. Карст карбонатных нефтегазоносных толщ / Г.А. Максимович, В.Н. Быков. - Пермь, Пермский гос. университет, 1978. - 96 с.

Маркевич, В.П. История геологического развития и нефтегазоносности Западно-Сибирской низменности / В.П. Маркевич. - М.: Наука, 1966. – 247 с.

Мельников, Н.В. Венд-кембрийский солеродный бассейн Сибирской платформы / Н.В. Мельников. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 148 с.

Метелкин, Д.В. Неопротерозойский этап эволюции Родинии в свете новых палеомагнитных данных по западной окраине Сибирского кратона / Д.В. Метелкин, В.А. Верниковский, А.Ю. Казанский // Геология и геофизика. - 2007. - Т. 48, №1. - С. 42-59.

Метелкин, Д.В. Сибирский кратон в структуре суперконтинента Родиния: анализ палеомагнитных данных / Д.В. Метелкин, В.А. Верниковский, А.Ю. Казанский и др. // Докл. РАН. - 2005. - Т. 404, №3. - С. 389-394.

Метелкин, Д.В. Тектоническая эволюция Сибирского палеоконтинента от неопротерозоя до позднего мезозоя: палеомагнитная запись и реконструкции / Д.В. Метелкин, В.А. Верниковский, А.Ю. Казанский // Геология и геофизика. - 2012. - Т. 53, №7. - С. 883-899.

Методика комплексной интерпретации геолого-геофизических данных на сеймостратиграфической основе / Г.Н. Гогоненков, С.С. Эльманович, В.В. Кирсанов, Ю.А. Михайлов // Газовая промышленность СССР. Сер. Геология

и разведка газовых и газоконденсатных месторождений: Обзорная информация. - 1984. - Вып.4. - 46 с.

Методическое руководство по количественной и экономической оценке ресурсов нефти, газа и конденсата России / В.В. Аленин, Ю.Н. Батулин, М.Д. Белонин и др. Под ред. К.А. Клещева, А.Э. Конторовича, Н.А. Крылова, Ю.П. Мирончева. - М.: ВНИГНИ, 2000. - 189 с.

Методы оценки перспектив нефтегазоносности / М.Д. Белонин, Н.И. Буялов, Е.В. Захаров и др. Отв. ред. Н.И. Буялов, В.Д. Наливкин. - М.: Недра, 1979. - 332 с.

Методы тектонического анализа нефтегазоносных областей Западной Сибири / В.С. Бочкарев, Е.М. Максимов, М.И. Мишульский и др. // Труды ЗапСибНИГНИ. - Тюмень: Изд-во ЗапСибНИГНИ, 1980. - Вып. 152. - 193 с.

Мирошников, Л.Д. Структура фундамента северной части Западно-Сибирской низменности и возможность его нефтеносности / Л.Д. Мирошников // Геология и геофизика. - 1961. - №1. - С. 34-39.

Могучева, Н.К. Новые данные по расчленению разреза, вскрытого скважиной Лекосской 27 / Н.К. Могучева, Л.Г. Перегоедов, А.Н. Алейников и др. // Вестник недропользователя. - 2011. - №22. - С. 52-60.

Накаряков, В.Д. Строение домезозойского фундамента Приенисейской полосы Западно-Сибирской платформы / В.Д. Накаряков // Геология и геофизика. - 1961. - №3. - С. 27-34.

Наливкин, Д.В. Геологические районы СССР / Д.В. Наливкин // Пробл. Советская геология. - 1933. - №1. - С. 35-56.

Натапов, Л.М. Отложения типа доманиковой формации на северо-востоке Сибирской платформы / Л.М. Натапов // Советская геология. - 1962. - №11. - С. 110-112.

Нефть и газ Тюмени в документах. - Свердловск, 1971. - 479 с.

Новиков, Д.А. Гидрогеологические условия Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции / Д.А. Новиков, С.Л. Шварцев // Геология и геофизика. - 2009. - Т. 50, №10. - С. 1131-1143.

Ножкин А.Д. Чингасанская серия неопротерозоя Енисейского кряжа: новые данные о возрасте и условиях формирования / А.Д. Ножкин, А.А. Постников, К.Е. Наговицин и др. // Геология и геофизика. - 2007. - Т. 48, №12. - С. 1307-1320.

Ножкин, А.Д. Неопротерозойские коллизионные S-гранитоиды Енисейского кряжа: петрогеохимические особенности, U-Pb, Ar-Ar и Sm-Nd изотопные данные / А.Д. Ножкин, Н.В. Попов, Н.В. Дмитриева и др. // Геология и геофизика. - 2015. - Т. 56, №5. - С. 881-889.

Ножкин, А.Д. Неопротерозойский рифтогенный и внутриплитный магматизм Енисейского кряжа как индикатор процессов распада Родинии / А.Д. Ножкин, О.М. Туркина, Т.Б. Баянова и др. // Геология и геофизика. - 2008. - Т. 49, №7. - С. 666-688.

Ножкин, А.Д. Поздненеопротерозойская рифтогенная метариолит-базальтовая ассоциация Глушихинского прогиба (Енисейский кряж): петрогеохимический состав, возраст и условия образования / А.Д. Ножкин, Л.К. Качевский, Н.В. Дмитриева // Геология и геофизика. - 2013. - Т. 54, №1. - С. 58-71.

Ножкин, А.Д. Проявление гренвильского орогенеза на западной окраине Сибирского кратона / А.Д. Ножкин // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Мат-лы научн. совещ. по Программе фундаментальных исследований (10-14 октября 2005 г., Иркутск). – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2009. – С. 35-38.

Ножкин, А.Д. Этапы позднепротерозойского магматизма и возрастные рубежи золотого оруденения Енисейского кряжа / А.Д. Ножкин, А.С. Борисенко, П.А. Неволько // Геология и геофизика. - 2011. - Т. 52, №1. - С. 158-181.

Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция / Под ред. Ю.Г. Леонова, Ю.А. Волож. - М.: Научный мир, 2004. – 526 с.

Павлов, Е.В. Определение западной границы Сибирского кратона по сейсмогравитационным данным / Е.В. Павлов, В.Д. Суворов, В.А. Кочнев // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: мат-лы 2-й научн.-практ. конф. (21-24 апреля 2015 г., Новосибирск). В 2-х т. Отв. ред. С.П. Зайцев. Т. 1. - Новоси-

бирск: СНИИГГиМС, 2015. - С. 65-68.

Палеогеография Сибирской платформы в раннем кембрии - амгинском ярусе среднего кембрия / В.Н. Киркинская, А.Ф. Василевский, В.А. Даценко и др. // Палеогеография позднепротерозойских и палеозойских бассейнов Сибирской платформы. - Л., 1975. - С. 62-68.

Палеозой юго-востока Западно-Сибирской плиты / В.Н. Дубатов, О.И. Богуш, В.И. Краснов и др. - Новосибирск: Наука, 1984. - 232 с.

Парфенова, Т.М. Органическая геохимия нефтепроизводящих пород куонамской свиты кембрия (восток Сибирской платформы) / Т.М. Парфенова, С.Ф. Бахтуров, Ю.Я. Шабанов // Геология и геофизика. - 2004. - Т. 45, №7. - С. 784-802.

Писарчик, Я.К. Палеогеографическая характеристика Сибирской платформы в кембрийское время / Я.К. Писарчик, М.А. Минаева, Г.А. Русецкая // Геологическое строение и нефтегазоносность восточной части Сибирской платформы и прилегающих районов. - М.: Недра, 1968. - С. 43-48.

Писарчик, Я.К. Палеогеография Сибирской платформы в кембрии / Я.К. Писарчик, Н.А. Минаева, Г.А. Русецкая. - Л.: Недра, 1975. - 195 с.

Писарчик, Я.К. Палеогеография Сибирской платформы в кембрии / Я.К. Писарчик, Н.А. Минаева, Г.А. Русецкая // Инф. Сообщ. ВСЕГЕИ, ОНТИ ВИЭМС. Сер. Геол. Месторождений полезных ископаемых; региональная геология. - Л.: ВСЕГЕИ, 1967. - №13. - 162 с.

Покровский, Б.Г. Геохимия изотопов С, О, Sr и хемотратиграфия неопротерозойских отложений севера Енисейского кряжа / Б.Г. Покровский, М.Г. Буякайте, О.В. Кокин // Литология и полезные ископаемые. - 2012. - №2. - С. 197-220.

Постников, А.А. Вороговская серия Енисейского кряжа (новые геологические и изотопно-геохимические данные) / А.А. Постников, А.А. Терлеев, А.Б. Кузнецов и др. // Геодинамическая эволюция Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): мат-лы научн. совещ. по Программе фундаментальных исследований (2008 г., Иркутск). В 2-х т. Т. 2. - Иркутск: ИЗК

СО РАН, 2008. - С. 53–55.

Постников, А.А. Новые данные о возрасте неопротерозойских отложений чингасанской и вороговской серий Енисейского кряжа / А.А. Постников, А.Д. Ножкин, К.Е. Наговицын и др. // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): мат-лы научн. совещ. по Программе фундаментальных исследований (10-14 октября 2005 г., Иркутск). – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2009. – С. 71-74.

Предварительные результаты бурения параметрической скважины №3 на Вездеходной площади / В.И. Биджаков, Н.В. Коптяев, А.С. Мендигалеев и др. // Новые данные по геологии и полезным ископаемым западной Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1977. - С. 37–42.

Прищепа, О.М. Зоны нефтегазонакопления – методические подходы к их выделению, обеспечивающие современное решение задач отрасли [Электронный ресурс] / О.М. Прищепа // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2008. - Т. 3, №2. - Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/12/14_2008.pdf, свободный.

Прищепа, О.М. Комплексный способ количественной оценки ресурсов нефти и газа в зонах нефтегазонакопления [Электронный ресурс] / О.М. Прищепа // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. - Т. 6., №4. – Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/6/44_2011.pdf, свободный.

Проводников Л.Я. Элементы строения фундамента южной части Западно-Сибирской низменности по геофизическим данным / Л.Я. Проводников // Труды ГГИ ЗСФ АН СССР. – Новосибирск, 1956. - Вып. 15. – 141 с.

Прогноз месторождений нефти и газа / А.Э. Конторович, Э.Э. Фотиади, В.И. Демин и др. Отв. ред. А.Э. Конторович. - М.: Недра, 1981. - 350 с.

Пузырев, Н.Н. Особенности строения земной коры Западной Сибири по данным глубинных сейсмических зондирований / Н.Н. Пузырев, В.С. Крылов // Проблемы нефтегазоносности Сибири. - Новосибирск: Наука, 1971. – С. 94-113.

Региональная стратиграфическая схема палеозойских образований нефтегазоносных районов Западно-Сибирской равнины / В.И. Краснов, Г.Д. Исаев, В.Ф. Асташкина и др. // Стратиграфия и палеогеография фанерозоя Сибири. –

Новосибирск: СНИИГГиМС, 1993. - С. 47-78.

Рейтлингер, Е.А. Атлас микроскопических органических остатков и проблематики древних толщ Сибири / Е.А. Рейтлингер. - М.: Изд-во АН СССР, 1959. - 61 с.

Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири. Часть 1. Верхний протерозой и нижний палеозой / Гл. ред. В.И. Краснов, В.Е. Савицкий, Ю.И. Тесаков, В.В. Хоментовский. - Новосибирск, 1983. - 215 с.

Решения межведомственного совещания по рассмотрению и принятию региональной стратиграфической схемы палеозойских образований Западно-Сибирской равнины. – Новосибирск, 1999. - 79 с.

Решения четвертого Межведомственного регионального стратиграфического совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. – 64 с.

Рифовые, соленосные и черносланцевые формации России / Г.А. Беленицкая, Н.Н. Соболев, О.В. Петров и др. Отв.ред. Г.А. Беленицкая, О.В. Петров, Н.Н. Соболев. // Труды ВСЕГЕИ. Новая серия. - СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2015. - Т. 355. – 624 с.

Ростовцев, Н.Н. Западно-Сибирская низменность / Н.Н. Ростовцев // Очерк по геологии СССР (по материалам опорного бурения). Труды ВНИГРИ. Т. 1 Новая серия. – Л.: ВНИГРИ, 1956. - Вып. 96. - С. 107-152.

Сараев, С.В. Венд и кембрий юго-востока Западной Сибири: стратиграфия, седиментология, палеогеография / С.В. Сараев, А.В. Хоменко, Т.П. Батурина // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 2004. - №1. - С. 7-18.

Сараев, С.В. Доюрские магматические комплексы Предъенисейского 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.

"Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология". В 3 т. Т.1. – Новосибирск: СГУГиТ, 2015. - С. 145-149.

Сараев, С.В. Кембрийские гранодиориты и продукты их палеовыветривания на юго-востоке Западно-Сибирской геосинеклизы: петрография, геохимия, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст / С.В. Сараев, В.А. Пономарчук // Геология и геофизика. - 2005. - Т. 46, №11. - С. 1133-1138.

Сараев, С.В. Литологическая модель Предъенисейского венд-кембрийского осадочного бассейна и его потенциальная нефтегазоносность / С.В. Сараев, Ю.Ф. Филиппов, Т.П. Батурина // Виртуальные и реальные литологические модели: мат-лы X Уральского литолог. Совещ. (21-24 октября 2014 г., Екатеринбург) – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2014 - С. 171-173.

Сараев, С.В. Литолого-фациальная характеристика усольской свиты (нижний кембрий) и ее возрастных аналогов Предъенисейского осадочного бассейна Западной Сибири) / С.В. Сараев // Геология и геофизика. - 2015. - Т. 56, №6. – С. 1173-1188.

Сараев, С.В. Магматизм доюрских осадочных бассейнов юго-востока Западной Сибири / С.В. Сараев, Ю.Ф. Филиппов // Корреляция алтаид и уралид: магматизм, метаморфизм, стратиграфия, геохронология, геодинамика и металлогения: мат-лы III Междунар. научн. конф. (29 марта - 1 апреля 2016 г., Новосибирск). – Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2016, - С. 159-161.

Сараев, С.В. Палеогеография Предъенисейского осадочного бассейна в венде и кембрии / С.В. Сараев, Ю.Ф. Филиппов, Т.П. Батурина // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории: Мат-лы VI Всероссийского литолог. совещ. (28-31 октября 2013 г., Новосибирск). В 3-х т. Т. 3. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2013 - С. 73—76.

Сараев, С.В. Углеродсодержащие формации докембрия Енисейского кряжа: литостратиграфия, седиментология, геохимия / С.В. Сараев, И.Д. Тимошина // Углеродсодержащие формации в геологической истории: труды Междунар. симпозиума. (2-7 июня 1998 г., Петрозаводск). – Петрозаводск, 2000. - С. 45-49.

Седиментологическое моделирование карбонатных осадочных комплексов / Н.К. Фортунатова, А.Г. Швец-Тэнэта-Гурий, Р.К. Гумаров и др. Сост. и отв. ред. Н.К. Фортунатова. - М.: РЭФИА, 2000. - 239 с.

Сейсмическая стратиграфия / Р.Е. Шериф, А.П. Грегори, П.Р. Вейл и др. Под ред. Ч. Пейтона. В 2-х ч. - М.: Мир, 1982. - 373 с.

Селли, Р.Ч. Древние обстановки осадконакопления / Р.Ч. Селли - М.: Недра, 1989. - 286 с.

Смирнов, Л.В. Базальт-долеритовая триасовая толща на востоке Западной Сибири / Л.В. Смирнов, О.Н. Костеша, Г.М. Татьяна // Горные ведомости. - 2014. - №11. - С. 28-42.

Смирнов, Л.В. Структурные комплексы фундамента южной части Западно-сибирской плиты / Л.В. Смирнов // Труды СНИИГГиМС. Новосибирск: СНИИГ-ГиМС, 1977. - Вып. 255. - С. 84-96.

Смирнов, Л.В. Тектонические элементы фундамента Касской впадины и перспективы ее нефтегазоносности (Западно-Сибирская плита) / Л.В. Смирнов, В.С. Старосельцев // Горные ведомости. - 2016. - №5-6. - С. 68-73.

Советов, Ю.К. Вендские отложения на западе Енисейского кряжа / Ю.К. Советов, В.В. Благовидов, В.А. Лучинина и др. // Докл. РАН. - 2000. - Т. 372, №2. - С. 222-224.

Советов, Ю.К. Верхнедокембрийские песчаники юго-запада Сибирской платформы / Ю.К. Советов // Труды ИГиГ СО АН СССР. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. - № 298. - 295 с.

Советов, Ю.К. Области сноса и источники кластического материала в осадочных бассейнах Енисейского кряжа и проблема западной границы Сибирского кратона в неопротерозое и кембрии / Ю.К. Советов // Фундамент, структуры обрамления Западно-Сибирского мезозойско-кайнозойского осадочного бассейна, их геодинамическая эволюция и проблемы нефтегазоносности: мат-лы Всероссийской научн. конф. (29 сентября-2 октября 2008 г., Тюмень). - Тюмень-Новосибирск, 2008. - С. 201-202.

Советов, Ю.К. Реконструкция бассейна осадконакопления (на примере

вендского передового прогиба - «форландового бассейна» юго-запада Сибирской платформы) / Ю.К. Советов, В.В. Благовидов // Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция. - М.: Научный мир, 2004. - С. 159-212.

Соколов В.Н. Геология и перспективы нефтегазоносности арктической части Западно-Сибирской низменности / В.Н. Соколов // Труды НИИГА. – Л.: НИИГА, 1960. - Т. 100. – 217 с.

Соляная тектоника Сибирской платформы / Отв. Ред. Ю.А. Косыгин // Труды ИГиГ СО АН СССР - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. - 1973. - Вып. 65. – 162 с.

Старосельцев, В.С. Ангаро-Котуйский рифтогенный прогиб – крупнейший внутриплатформенный генератор углеводородов / В.С. Старосельцев // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Центральной Сибири и прилегающих территорий: мат-лы научн. конф. (2007 г., Красноярск). – Красноярск: Красноярскгеолъемка, 2007. – С. 270-275.

Старосельцев, В.С. Енисейский кряж и его сочленение с Сибирской платформой и Западно-Сибирской плитой / В.С. Старосельцев, А.В. Мигурский, К.В. Старосельцев // Геология и геофизика. - 2003. - Т. 44, №1-2. - С. 76-85.

Старосельцев, В.С. Количественный анализ дислоцированности вулканогенно-осадочных горизонтов. / В.С. Старосельцев, Е.В. Смирнов // Тектоника и геодинамика. Общие региональные аспекты: мат-лы совещ. (1998 г., Москва). В 2-х т. Т.2. - М.: ГЕОС, 1998. - С. 208-211.

Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кембрий Сибирской платформы / С.С. Сухов, Ю.А. Шабанов, Т.В. Пегель и др. Под ред. Ю.Я. Шабанова. В 2-х т. - Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2016. – 497 с.

Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Палеозой Западной Сибири / Е.А. Елкин, В.И. Краснов, Н.К. Бахарев и др. Отв. ред. Е.А. Елкин, В.И. Краснов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал Гео, 2001. - 163 с.

Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления / Н.В. Мельников, М.С. Якшин, Б.Б. Шишкин и др. Под ред. Н.В. Мельникова. – Новосибирск: Изд-во ГЕО, 2005.

- 428 с.

Стратиграфия палеозоя юго-восточной части Западно-Сибирской плиты / В.Н. Дубатов, В.И. Краснов, О.И. Богущ и др. // Биостратиграфия палеозоя Западной Сибири. - Новосибирск: Наука, 1985. - С. 4-48.

Строение земной коры в Западной Сибири (по результатам глубинного сейсмического зондирования). Сб. научн.тр. ИГиГ СО АН СССР. / Ред. С.В. Крылов, Н.Н. Пузырев. - Новосибирск, 1974. – 84 с.

Структурно-формационная интерпретация сейсмических данных / И.А. Мушин, Л.Ю. Бродов, Е.А. Козлов, Ф.И. Хатьянов. - М.: Недра. - 1990 – 298 с.

Ступакова, А.В. Геологическое изучение и нефтегазоносность палеозойских отложений Западной Сибири. / А.В. Ступакова, А.В. Соколов, Е.В. Соболева и др. // Георесурсы. – 2015. - №2(61) - С. 63-76.

Сурков, В.С. Геотектоническое районирование фундамента Западно-Сибирской плиты / В. С. Сурков // Советская геология. - 1968. - №8. - С. 34-46.

Сурков, В.С. Геодинамические и седиментационные условия формирования рифейских нефтегазоносных комплексов на западной окраине Сибирского палеоконтинента / В.С. Сурков, В.П. Коробейников, С.В. Крылов и др. // Геология и геофизика. - 1996. - Т. 37, №8. - С. 154-165.

Сурков, В.С. Складчатые структуры Урала и Западной Сибири и их отображение в гравитационном и магнитном аномальных полях / В.С. Сурков // Геология и геофизика. - 1964. - №4. - С. 44-56.

Сурков, В.С. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. / В.С. Сурков, О.Г. Жеро. - М.: Недра, 1981. - 143 с.

Схематическая геологическая карта поверхности доюрского фундамента Западно-Сибирской плиты // О.Г. Жеро, Л.Г. Смирнова, Л.В. Смирнов и др. // Геологическое строение фундамента Западно-Сибирской плиты. Труды СНИИГ-ГиМС. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1971. - Вып. 76. - С. 111-122.

Тектоника Евразии. Объяснит. записка к тект. карте Евразии 1:5000000 / Ред. А.Л. Яншин. – М.: Наука, 1966. – 487 с.

Тектоника и металлогения Нижнего Приангарья / А.И. Забияка, П.П. Курганьков, Ю.В. Гусаров и др. Под ред. А.И. Забияки. – Красноярск.: КНИИГиМС, 2004. - 325 с.

Терлеев, А.А. Первые находки поздневендской фауны в низах вездеходной толщи параметрической скважины Вездеходная 4 / А.А. Терлеев, Д.А. Токарев, С.В. Сараев // Геодинамическая эволюция Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): мат-лы научн. совещ. в рамках Программы фонд. иссл. ОНЗ РАН (15-18 октября 2013 г., Иркутск). – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2013. - С. 234-236.

Тетяев, М.М. Геотектоника Советской Азии / М.М. Тетяев // Труды XVII Междун. геол. конгр. (1939 г., Москва). - М., 1939. - С. 23-41.

Тимохина, И.Г. Новые сведения о возрасте ванжильской толщи (Западно-Сибирская геосинеклиза / И.Г. Тимохина // «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016». XII Междунар. науч. конгр. (18-22 апреля 2016 г., Новосибирск): сб. материалов междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Гео-экология». В 4-х т. Т. 1. - Новосибирск: СГУГиТ, 2016, - С. 131-134.

Тимошина, И.Д. Геохимия органического вещества нефтепроизводящих пород и нефтей верхнего докембрия юга Восточной Сибири. / И.Д. Тимошина. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал Гео, 2005. – 166 с.

Тиссо, Б. Образование и распространение нефти / Б. Тиссо, Д. Вельте. - М.: Мир, 1981. – 502 с.

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 и др. // Докл. РАН. - 1998. - Т. 361, №3. - С. 384-387.

Трофимук, А.А. Нефть и природный газ Сибири / А.А. Трофимук // Вестн. АН СССР. - 1964. - №6. - С. 37-44.

Трофимук, А.А. Проблемы совершенствования понятийной базы геологии нефти и газа / А.А. Трофимук, Ю.Н. Карагодин, Э.Б. Мовшович // Геология нефти

и газа. - 1980. - №2. - С. 3-10.

Трофимук, А.А. Проблемы нефтегазоносности Западно-Сибирской низменности А.А. Трофимук, С.В. Вышемирский // Геология нефти и газа. - 1975. - №2. - С. 1-7.

Тумашов, И.В. Строение, состав и обстановки формирования резервуаров нефти и газа в венде и кембрии Предъенисейской нефтегазоносной субпровинции: автореф. дис. ... канд. геолого-минерал. наук / И.В. Тумашов. – Новосибирск, 2013. – 19 с.

Уилсон, Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. / Дж.Л. Уилсон. - М.: Недра, 1980. - 463 с.

Усов, М.А. К вопросу о нефти в Западно-Сибирском крае / М.А. Усов // Вестник Западно-Сибирского геологического треста. - 1936. - Вып. 3. - С. 35-41.

Филиппов Ю.Ф. Геодинамическая эволюция Предъенисейского 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. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология». В 4-х т. Т.1. - Новосибирск: СГУГиТ, 2016а, - С. 150-155.

Филиппов, Ю.Ф. Геология и перспективы нефтегазоносности домезозойских отложений левобережья р. Енисей (Кеть-Елогуйское междуречье): автореф. дис. ... канд. геолого-минерал. наук / Ю.Ф. Филиппов. - Новосибирск, 2001. – 24 с.

Филиппов, Ю.Ф. Магматические комплексы и геодинамическая эволюция Предъенисейского осадочного бассейна (юго-восток Западной Сибири) [Электронный ресурс] / Ю.Ф. Филиппов, С.В. Сараев // Геомодель-2015: тез. докл. 17-й конференции по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа (7-10 сентября 2015 г., Геленджик). - Геленджик, 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

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. - 2014а. - №2С. - С. 7-21.

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

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

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

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.

Филиппов, Ю.А. Нефтегазоносность верхнего протерозоя западной части Сибирской платформы: дис. ...д-ра геолого-минерал. наук / Ю.А. Филиппов. - Красноярск, 2015. – 449 с.

Фомин, А.Н. Катагенез органического вещества и нефтегазоносность мезозойских и палеозойских отложений Западно-Сибирского мегабассейна. / А.Н. Фомин. - Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011. - 331 с.

Фомичев, В.Д. Общая схема тектоники Западной Сибири и Восточного Казахстана / В.Д. Фомичев // Докл. АН СССР. Нов. сер. - 1948. - Т. 59, №4. - С. 735-738.

Фортулатова, Н.К. Методические рекомендации по прогнозированию строения карбонатных формаций. / Н.К. Фортулатова. – М.: ВНИГНИ, 1990. - 40 с.

Фотиади Э.Э. Крупные черты тектонического строения Сибири в свете региональных геологических и геофизических данных / Э.Э. Фотиади // Материалы по региональной геологии Сибири. Тр.СНИИГГиМС. – Новосибирск: СНИИГ-

ГиМС, 1967. - Вып.57. - С. 30-57.

Фотиади, Э.Э. Некоторые региональные особенности глубинного строения земной коры территории СССР в свете геофизических данных / Э.Э. Фотиади, Г.И. Каратаев, Ф.С. Моисеенко // Геология и геофизика. - 1965. - №10. - С. 12-22.

Фотиади, Э.Э. Основные черты тектонической структуры Сибири и Дальнего Востока в свете геологических и геофизических данных / Э.Э. Фотиади, Ф.С. Моисеенко // Геология и геофизика. - 1964. - №12. - С. 3-21.

Хабаров, Е.М. Карбонатная седиментация в мезонеопротерозойских бассейнах юга Восточной Сибири и некоторые вопросы эволюции рифообразования в докембрии / Е.М. Хабаров // Геология и геофизика. - 2011. - Т. 52, №10. - С. 1447-1465.

Хабаров, Е.М. Корреляция и возраст нефтегазоносных рифейских отложений Байкитской антеклизы Сибирской платформы по изотопно-геохимическим данным / Е.М. Хабаров, И.П. Морозова, В.А. Пономарчук и др. // Докл. АН СССР. - 1998. - Т. 358, №3. - С. 378-380.

Хабаров, Е.М. Формации и эволюция рифейской седиментации восточных зон Енисейского кряжа / Е.М. Хабаров // Геология и геофизика. - 1994. - №10. - С. 44-54.

Хаин, В.Е. Тектоника континентов и океанов / В.Е. Хаин. - М: Научный мир, 2001. - 606 с.

Хаттон, Л. Обработка сейсмических данных. Теория и практика. / Л. Хаттон, М. Уэрдингтон, Дж. Мейкин. - М.: Мир, 1989. - 216 с.

Хераскова, Т.Н. Новые данные о строении Енисейского кряжа / Т.Н. Хераскова // Геотектоника. - 1999. - №1. - С. 15-27.

Хераскова, Т.Н. Новые данные о строении Касского блока фундамента Западно-Сибирской плиты. Т.Н. Хераскова, С.А. Каплан, В.П. Бубнов и др. // Геотектоника, 2013, № 2, С. 42-57.

Хераскова, Т.Н. Распад Родинии и ранние стадии развития Палеоазиатского океана / Т.Н. Хераскова, В.А. Буш, А.Н. Диденко и др., // Геотектоника. - 2010. - №1. - С. 5-28.

Хоментовский, В. В. Байкалий Сибири (850-650 млн. лет) / В.В. Хоментовский // Геология и геофизика. - 2002. - Т. 43, №4. - С. 313-333.

Хоментовский, В.В. Верхний рифей Енисейского кряжа / В.В. Хоментовский // Геология и геофизика. - 2007. - Т. 48, №9. - С. 921-933.

Хоментовский, В.В. Нижний кембрий стратотипического разреза Сибири / В.В. Хоментовский, А.Н. Репина. - М., «Наука», 1965. – 199 с.

Хоментовский, В.В. Нижняя граница кембрия во внутренних районах севера Сибирской платформы / В.В. Хоментовский, А.Б. Федоров, Г.А. Карлова // Стратиграфия. Геологическая корреляция. - 1998. - Т. 6, №1. - С. 3-11.

Чувашов, Б.И. Водоросли среднего и верхнего девона Западной Сибири и Урала / Б.И. Чувашов, О.В. Юферев, В.А. Лучинина // Биостратиграфия палеозоя Западной Сибири. - Новосибирск: Наука, 1985. - С. 72-99.

Шатский, Н.С. Проблемы нефтеносности Сибири / Н.С. Шатский // Нефтяное хозяйство. - 1932. - Т. 24, №9. - С. 131-140.

Шатский, Н.С. Тектоническая карта СССР и сопредельных стран в м-бе 1:5 000 000. Объяснительная записка / Н.С. Шатский, А.А. Богданов. Ред. Н.С. Шатский. - М.: Госгеолтехиздат, 1957. – 79 с.

Шацилло, А.В. Первые магнитостратиграфические данные о стратотипе лопатинской свиты (северо-восток Енисейского кряжа): проблемы ее возраста и палеогеографии Сибирской платформы на рубеже протерозоя и фанерозоя / А.В. Шацилло, Н.Б. Кузнецов, В.Э. Павлов и др. // Докл. РАН. - 2015. - Т. 465, №4. - С. 464–468.

Шварцев, С.Л. Взаимодействие воды с алюмосиликатными горными породами. Обзор / С.Л. Шварцев // Геология и геофизика, 1991. - № 12. - С. 16—50.

Шварцев, С.Л. Подземные воды нефтегазоносных отложений Нюрольского осадочного бассейна (Томская область) / С.Л. Шварцев, Т.Н. Силкина, Е.А. Жуковская и др. // Геология и геофизика. - 2003. - Т. 44, №5. - С. 451-464.

Шварцев, С.Л. Химический состав и изотопы стронция рассолов Тунгусского бассейна в связи с проблемой их формирования / С.Л. Шварцев // Геохимия, 2000. - № 11 - С. 1170-1184.

Шейн, В.С. Геология и нефтегазоносность России / В.С. Шейн. - М.: ВНИГНИ, 2006. – 776 с.

Шемин, Г.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина) / Г.Г. Шемин – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. - 467 с.

Шенгёр, А.М. Дж. Геотектоническая эволюция алтаид / А.М.Дж. Шенгёр, Б.А. Натальин, В.С. Буртман // Геология и геофизика. - 1994. - Т. 35, №7-8. - С. 41-58.

Шерифф, Р. Сейсморазведка. В 2-х т. Т. 2. Обработка и интерпретация данных / Р. Шерифф, Л. Гелдарт - Москва: Мир, 1987. – 400 с.

Шлезингер, А.Е. Региональная сейсмостратиграфия / А.Е. Шлезингер. - М.: Научный мир, 1998. - 144 с.

Шпильман, В.И. Оценка прогнозных запасов по совокупности геологических параметров / В.И. Шпильман, Г.И. Плавник // Методика оценки прогнозных и перспективных запасов и обоснование подсчетных параметров. Труды ЗапСибНИГНИ. - Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1972. - Вып. 53. - С. 98-112.

Эволюция нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции на юго-западе Сибирской платформы / Т.К. Баженова, А.И. Шапиро, В.Ф. Васильева и др. Науч. ред. О.М. Прищепа. Труды ВНИГРИ. - СПб: ВНИГРИ, 2015. – 152 с.

Яншин, А.Л. Основные черты тектонического строения и развития Евразии / А.Л. Яншин // Тез. докл. совещ. по проблемам тектоники (1962 г., Москва) - М.: Изд-во АН СССР, 1962. - С. 12-17.

Яншин, А.Л. Тектоническое строение Евразии / А.Л. Яншин // Тектоника. - 1965. - №5. - С. 7-35.

Allen, P.A. Basin Analysis: Principles and Applications to Petroleum Play Assessment, third edition / P.A. Allen, J.R. Allen. - Oxford: Blackwell Publishing, 2013. – 619 p.

Burshtein, L.M. Quantitative Estimation of the Petroleum Potential of Poorly Explored Sedimentary Basins / L.M. Burshtein, A.E. Kontorovich, V.R. Livshits, G. Li.

// *Petroleum Science*. – 2000. - V. 3, N 2, - P. 1-10.

Du J. Theoretical and technical innovations in strategic discovery of a giant gas field in Cambrian Longwangmiao Formation of central Sichuan paleo-uplift, Sichuan Basin / J. Du, C. Zou, C. Xu et al. // *Petroleum exploration and development* – 2014. - V. 41(3). - P. 294-305.

Hantschel, T. *Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling* / T. Hantschel, A. Kauerauf. - Berlin: Springer-Verlag, 2009. – 476 p.

Kochnev, B.B. Integrated stratigraphical framework for the Vendian complex of southern Siberian Craton / B.B. Kochnev // *Neoproterozoic sedimentary basins: stratigraphy, geodynamics and petroleum potential: Proc. of the International conf. (30 July - 02 Aug. 2011, Novosibirsk)*. - Novosibirsk, 2011. - P. 36-39.

Kuzmichev, A.V. The Precambrian of Transangaria, Yenisei Ridge (Siberia): Neoproterozoic microcontinent, Grenville-age orogeny, or reworked margin of the Siberian craton / A.V. Kuzmichev, E.V. Sklyarov // *Journal of Asian Earth Sciences*. – 2016. - V. 115. - P. 419-441.

Li, Z.X. Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: A synthesis / Z. X. Li, S.V. Bogdanova, A. S. Collins et al. // *Precambrian Research*. – 2008. - V. 160. - P. 179—210.

Peters K. *Exploration Paradigm Shift: The Dynamic Petroleum System Concept* / K. Peters, O. Schenk, B. Wygrala // *Swiss Bull. angew. Geol.* - 2009. - V. 14/1+2. – P. 65-71.

Pisarevsky S.A. Siberia in Rodinia / S.A. Pisarevsky, L.M. Natapov // *Tectonophysics*. – 2003. - V. 375. - P. 221-245.

Smethurst, M.A. The Neoproterozoic and Palaeozoic palaeomagnetic data for the Siberian Platform: from Rodinia to Pangea / M.A. Smethurst, A.N. Khramov, T.H. Torsvik // *Earth Sci. Rev.* – 1998. - V. 43(1-2). - P. 1-24.

Spincer, B.R. Oolitized fragments of filamentous calcimicrobes and the pseudofossil affinity of Nuia Maslov from the Upper Cambrian rocks of central Texas / B.R. Spincer // *Journal of Paleontology*. – 1998. - V. 72(3). - P. 577-584.

Terleev, A.A. Cloudina-Namacalathus-Kolophyton association in the Vendian of

Altai-Sayan Foldbelt (Siberia). / A.A. Terleev, A.A. Postnikov, D.A. Tokarev et al. / Neoproterozoic sedimentary basins: stratigraphy, geodynamics and petroleum potential: Proc. of the International conf. (30 July - 02 Aug. 2011, Novosibirsk). - Novosibirsk, 2011. - P. 96-98.

Vernikovsky, V.A. Neoproterozoic accretionary and collisional events on the western margin of the Siberian craton: new geological and geochronological evidence from the Yenisey Ridge / V.A. Vernikovsky, A.E. Vernikovskaya, A.B. Kotov et al. // Tectonophysics. – 2003. - V. 375. - P. 147-168.

Wei, G. Tectonic features of Gaoshiti-Moxi paleo-uplift and its controls on the formation of a giant gas field, Sichuan Basin, SW China / G. Wei, W. Yang, J. Du et al. // Petroleum exploration and development. - 2015. - V. 42, №3. - P. 283-292.

Zou, C. Formations, distribution resource potential, and discovery of Sinian-Cabrian giant gas field, Sichuan Basin, SW China / C. Zou, J. Du, C. Xu et al. // Petroleum exploration and development - 2014 - V. 41, №3. - P. 306-325.

Фондовая

Геологическая карта масштаба 1:500000 Енисейского кряжа. Объяснительная записка. Подготовка к изданию геологической карты масштаба 1:500000 Енисейского кряжа / Качевский Л.К., Качевская Г.И., Грабовская Ж.М. - Красноярск, 1993.

Геологический отчет о результатах бурения параметрической скважины Р-3 Вездеходной площади / Жеро О.Г., Миндигалеев А.С. (отв. исп.). – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1977.

Глубинное геологическое строение западной части Сибирской платформы и приенисейской части Западно-Сибирской плиты по геофизическим данным: отчет по теме «Изучение глубинного геологического строения северо-запада Сибирской платформы по геофизическим данным» / Дашкевич Н.Н., Яскевич В.И., Витязь В.И., Мельник З.Н. (отв. исп.). Красноярск: «ГЭ №3» КГУ, 1970.

Детальное изучение стратиграфии, геохимии, петрофизики, гидрогеологии и критериев прогноза нефтегазоносности востока Томской области по материа-

лам параметрического бурения на Вездеходной площади: отчет по договору №60-95 / Каштанов В.А., Филиппов Ю.Ф. (отв. исп.) – Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1997.

Интерпретация геолого-геофизических материалов по Колпашевскому Приобью с целью изучения глубинного строения и оценки соленосности промежуточного этажа. 1991-1993: отчет по НИР / Самойлюк Л.А., Мозженко О.А. (отв. исп.). – Колпашево: ТГТ, 1993.

Комплексная аэромагнитная, аэрогеохимическая и аэрогаммаспектрометрическая съемка масштаба 1:1000000 в южной части Предъенисейской субпровинции: отчет по Гос. контракту №ПС-03-34/70 / Червонный Н.П. (отв. исп.). - Лесосибирск: ООО ГП «Сибирьгеофизика», 2009.

Научное сопровождение бурения Восточно-Пайдугинской параметрической скважины № 1, лабораторно-аналитические исследования пород и пластовых флюидов скважины, обработка результатов исследования: отчет по Гос. контракту № увс-01/03-01сп. / Смирнов Л.В. Тищенко Г.И. (отв. исп.). – Новосибирск: ФГУП «СНИИГГиМС», 2014.

Научный анализ геолого-геофизических материалов по южным районам Предъенисейской субпровинции (Томская область, Красноярский край, восток Ханты-Мансийского автономного округа) с целью оценки перспектив нефтегазоносности верхнепротерозойско-палеозойских отложений и научного обоснования лицензирования участков недр: отчет по договору №0000411/1264Д / Конторович В.А., Филиппов Ю.Ф. (отв. исп.). – Новосибирск: ИГНГ СО РАН, 2011.

Оценка перспектив нефтегазоносности Предъенисейского рифей-палеозойского осадочного бассейна с целью выделения новых нефтегазоперспективных зон и объектов: отчет по Гос. контракту №АМ-02-34/36 / Конторович В.А., Филиппов Ю.Ф. (отв. исп.). - Новосибирск: ИГНГ СО РАН, 2013.

Оценка перспектив нефтегазоносности юго-восточной части Западно-Сибирской низменности: отчет по Гос. контракту №129/2-758 / Конторович В.А., Филиппов Ю.Ф. (отв. исп.). – Новосибирск: ИГНГ СО РАН, 2004.

Разработать геологическую модель и выполнить оценку ресурсов углеводо-

родов верхнепротерозойско-палеозойских комплексов восточных районов Томской области и западной части Красноярского края: отчет по Гос. контракту №205/2 / Конторович В.А., Филиппов Ю.Ф. (отв. исп.). – Новосибирск: ИГНГ СО РАН, 2013.

Разработать геологическую модель строения и оценить перспективы нефтегазоносности зоны сочленения Западно-Сибирской и Сибирской платформ: отчет по объекту №17/08 / Ефимов А.С., Старосельцев В.С. (отв. исп.). - Новосибирск: ФГУП «СНИИГГиМС», 2010.

Разработать программу геологического изучения, воспроизводства и освоения ресурсов нефти и газа Западной Сибири: отчет о НИР по базовому проекту П-1-11 (Гос. контракт № 22-05) / Филиппов Ю.Ф. (отв. исп.). - Новосибирск: ИГНГ СО РАН, 2006.

Разработать уточненные геологические модели верхнепротерозойско-палеозойского, юрского и мелового комплексов отложений восточных районов Томской области и западной части Красноярского края, оценить перспективы нефтегазоносности и уточнить ресурсную базу углеводородов для определения объемов поставок в нефтепроводную систему «ВСТО»: отчет по договору № увс-02/05-2011 / Смирнов Л.В. Тищенко Г.И. (отв. исп.). – Новосибирск – Томск: ФГУП «СНИИГГиМС», 2013.

Региональные геофизические и геохимические исследования глубинного строения земной коры по маршруту «Батолит»: отчет тематической группы «Регион» и Северо-Енисейской геофизической партии ФГУГП ГЭ № 3 за 2000-2005 гг. / Четвергов А.П. (отв. исп.). – Красноярск: ОАО «ГЭ №3», 2005.

Сводный отчет по Касской опорной скважине / Булынникова А.А., Коробейникова Л.И., Кузнецов Б.А. и др. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1958.

Формирование цифровой модели гравитационного поля $\Delta g_{\text{Буге}}$ южной части Предъенисейской нефтегазоносной субпровинции (междуречье рек Дубчес, Кас): инф. отчет ОАО ГЭ №3 / Четвергов А.П. (отв. исп.). – Красноярск: ОАО «ГЭ №3», 2007.