

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
геологический факультет  
кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых

*На правах рукописи*

**Мальков Иван Петрович**

**ФОРМИРОВАНИЕ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ОСИНСКОГО  
ПРОДУКТИВНОГО ГОРИЗОНТА НЕПСКОГО СВОДА**

Специальность 25.00.12– геология, поиски и разведка  
нефтяных и газовых месторождений

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
геолого-минералогических наук

Научный руководитель:  
доктор геолого-минералогических наук, профессор  
**Жемчугова Валентина Алексеевна**

Москва – 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Глава 1. Общие сведения о строении объекта исследований.....</b>	<b>7</b>
1.1. Геолого-геофизическая изученность	
1.2. Литолого-стратиграфическая характеристика разреза	
1.3. Основные сведения о тектонике и истории геологического развития	
1.4. Нефтегазоносность	
<b>Глава 2. Методика изучения карбонатных толщ нижнего кембрия Непского свода.....</b>	<b>49</b>
2.1. Теоретические основы седиментационно-емкостного моделирования карбонатных толщ	
2.2. Технология седиментационно-емкостного моделирования	
2.3. Цикличность отложений нижнего кембрия Непско-Ботуобинской антеклизы	
<b>Глава 3. Седиментационная модель осинского горизонта.....</b>	<b>80</b>
3.1. Существующие представления о раннем кембрии Сибирского континента	
3.2. Особенности строения отложений осинского горизонта	
3.3. Обоснование каротажных фаций осинского горизонта	
3.4. Циклофациальная модель осинского горизонта	
<b>Глава 4. Емкостная модель осинского горизонта нижнекембрийских отложений Непского свода.....</b>	<b>119</b>
4.1. Особенности строения коллекторов осинского горизонта Непского свода	
4.2. Преобладающие типы порового пространства и условия его формирования	
4.3. Влияние интенсивности и направленности постседиментационных процессов	
4.4. Прогноз качества коллекторов и разработка моделей резервуаров Непского свода	
<b>Заключение .....</b>	<b>154</b>
<b>Список рисунков .....</b>	<b>156</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>161</b>

## **Введение**

**Актуальность работы.** В ближайшие годы Восточная Сибирь может стать одним из основных центров добычи углеводородов (УВ), поэтому выявление перспективных нефтегазоносных объектов, в том числе и в нижнекембрийских отложениях осинского горизонта Непского свода, является первостепенной задачей для всей нефтегазовой отрасли страны.

Перспективы углеводородной продуктивности рассматриваемого региона представляются достаточно высокими, однако освоение их сдерживается сложностью строения кембрийских карбонатных резервуаров, трудностями в выявлении объектов для постановки поисковых работ. В этой ситуации решение задач прогноза качества коллекторов и обоснования моделей резервуаров, способных содержать УВ флюиды, является актуальным и может способствовать повышению эффективности поисково-разведочных работ и выбору стратегии их оптимизации.

**Цель работы** заключалась в реконструкции условий образования и выявлении закономерностей распространения карбонатных коллекторов в осинском продуктивном горизонте Непского свода; разработке седиментационно-емкостных моделей приуроченных к нему природных резервуаров.

### **Основные задачи:**

- 1 - обобщение материалов по геологическому строению и нефтегазоносности Непского свода;
- 2 - макро- и микроскопическое изучение отложений;
- 3 - выполнение циклического и фациального анализов;
- 4 - реконструкция условий накопления осинского горизонта и разработка схем седиментационной зональности;
- 5 - выявление закономерностей формирования емкостного пространства и петрофизических свойств пород-коллекторов, построение петрофизической модели;

6 - типизация моделей природных резервуаров, развитых в осинском продуктивном горизонте, с учетом их седиментационных характеристик;

7 - прогноз качества коллекторов и на этой основе уточнение перспектив нефтегазоносности осинского горизонта Непского свода.

**Научная новизна.** Впервые для оценки перспектив нефтегазоносности отложений осинского горизонта были использованы результаты седиментационно-емкостного моделирования, выполненного на основе комплексного анализа литологических и петрофизических данных. Детальное макро- и микроскопическое изучение керн скважин и целенаправленная интерпретация материалов геофизических исследований скважин (ГИС) позволила выделить в осинском горизонте несколько типов разреза, отражающих особенности развития рассматриваемого участка в раннекембрийское время.

Вопреки существующим представлениям об интенсивном преобразовании осинских коллекторов, уничтожившем их седиментационные признаки, доказана зависимость типов коллекторов и их ФЕС от условий накопления. Выполненные исследования позволили с новых позиций оценить качество природных резервуаров и разработать авторский вариант прогноза их структуры и свойств для осинского горизонта Непского свода.

**Практическая значимость работы.** Установленные закономерности формирования природных резервуаров, а также прогноз их распространения на изучаемой территории, способствуют выявлению новых объектов для поискового бурения и оптимизации геологоразведочных работ. Кроме того, использование результатов выполненных работ способно обеспечить более достоверный подсчет запасов УВ в нижнекембрийском карбонатном комплексе.

Методические приемы, применяемые в работе, могут быть использованы для прогноза структуры и свойств природных резервуаров и в других нефтегазоносных областях.

### **Защищаемые положения:**

1. Особенности строения осинского горизонта и распределение в его составе отложений различного генезиса отвечают модели окаймлённого шельфа. Это предопределяет существенные отличия разрезов горизонта по мощности и комплексу слагающих его типов пород.

2. Емкостно-фильтрационные параметры осинских пластов-коллекторов контролируются седиментационной структурой известняков, а их изменения в пределах природного резервуара обусловлены фациальной неоднородностью. Лучшими коллекторскими свойствами в разрезе осинского горизонта Непского свода обладают вторичные доломиты, образованные по литокластовым и биогермным известнякам; с ними связаны соответственно коллекторы порового типа с преобладанием межзерновой пористости и порово-каверновые коллекторы с пустотами выщелачивания.

3. По особенностям строения, преобладающему типу коллекторов и их фильтрационно-емкостным характеристикам в разрезе осинского горизонта выделяются три типа природных резервуаров; их распространение на Непском своде контролируется седиментационной зональностью.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы опубликованы в журнале «Геофизические исследования» (март 2014 г., том 15, № 1) и в сборнике материалов VII Всероссийского литологического совещания (Новосибирск, ИНГГ СО РАН, 28-31 октября 2013 г.) «Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории», а также докладывались на третьей международной научно-практической конференции «Калининград-2013» (г. Калининград, 27-31 мая 2013 г.), методические приёмы разработки седиментационной модели отложений предложены в журнале: «Разведка и охрана недр» (март 2011, № 3).

**Фактический материал.** В основу работы положены результаты личных исследований автора, проводимых на кафедре геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ. Для решения поставленных задач

использовался комплекс методов исследования пород, включающий макроскопическое, микроскопическое (более 300 шлифов), минералогическое и петрофизическое изучение пород. Автором лично были проинтерпретированы данные ГИС по 239 скважинам, проанализирована выборка определений петрофизических параметров (свыше 3,5 тыс. определений), таких как пористость, проницаемость и плотность, а также минералогический состав, на основании которых были созданы типовые петрофизические модели.

В работе использовались опубликованные материалы по литологии, стратиграфии, тектонике и нефтегазоносности карбонатных нижнекембрийских отложений региона широкого круга специалистов: А.С. Анциферова, А.Э. Конторовича, В.Г. Кузнецова, В.Н.Ларкина, В.А.Лучининой, Н.В. Мельникова, О.В. Постниковой, А.А. Трофимука, Г.Г. Шемина и других.

**Структура работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав и заключения. Общий объем работы составляет 167 страницы, она проиллюстрирована 60 рисунками. Список литературных источников содержит 73 наименования.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность и сердечную благодарность своему научному руководителю профессору, д.г.-м.н. Жемчуговой Валентине Алексеевне, благодарит д.г.-м.н. Постникову Ольгу Васильевну, а также Топунову Г.Г. и Китаеву И.А. за научные консультации, поддержку и всестороннюю помощь при написании работы. Автор выражает благодарность сотрудникам кафедры за внимание к работе и консультации. Отдельно автор благодарит своих родителей и близких за всестороннюю поддержку во время написания работы.

## **Глава 1. Общие сведения о строении объекта исследований**

Согласно государственным прогнозным документам Восточная Сибирь в перспективе должна стать одним из основных центров добычи углеводородного сырья для восточных районов России и стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Значительная часть запасов и ресурсов нефти сосредоточена в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы (Перспективы ..., 2007).

Вовлечение перспективных нефтегазоносных объектов в опоскование является первоочередным шагом для достижения желаемого результата. Один из таких объектов - верхневендско-нижнекембрийские карбонатные отложения Непско-Ботуобинской антеклизы и, в первую очередь, его часть, выделяемая как осинский продуктивный горизонт, к которому приурочены залежи на Даниловском, Талаканском, Марковском, Средне-Ботуобинском, Верхнечонском и других месторождениях. Такая ситуация обуславливает актуальность проводимых в рамках диссертационной работы исследований, направленных на выявление перспективных нефтегазоносных объектов в отложениях осинского горизонта, в том числе и в пределах Непского свода.

Перспективы нефтегазоносности верхневендско-нижнекембрийских отложений в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы, согласно утвержденной количественной оценке 2002 года, представляются достаточно высокими. Верхневендско-нижнекембрийские отложения оцениваются на 11% выше, чем терригенные отложения. Особенно перспективны эти отложения на поиски залежей нефти. Однако освоение карбонатных резервуаров сдерживается сложностью их строения, трудностями в прогнозировании объектов для постановки поисковых работ. Тем не менее, при попутном освоении карбонатных резервуаров на территории Непско-Ботуобинской антеклизы в них был выявлен ряд крупных залежей углеводородов, суммарные запасы нефти которых по категориям C1 + C2 составляют около 202 млн. т., что соответствует 59 % подготовленных запасов нефти терригенных отложений

(Шемин, 2007). Это еще раз подчеркивает высокие перспективы верхневендско-нижнекембрийских карбонатных отложений.

Основой для выявления перспективных нефтегазоносных объектов в карбонатных породах осинского горизонта являются труды многих учёных, которые занимались изучением карбонатных пород. Вопрос изучения карбонатных пород является фундаментальным для геологии в целом и для нефтяной геологии в частности. Карбонатные породы составляют лишь 20% осадочных пород, при этом на них приходится более чем 50% доказанных мировых запасов УВ. Стоит также отметить, что в настоящее время более 40% мировой добычи нефти связано также с карбонатными коллекторами. И хотя в России из них добывается всего лишь 12% (Багринцева, 1999), для Восточной Сибири именно с карбонатными отложениями связываются основные перспективы прироста запасов УВ сырья.

В решение проблемы изучения карбонатных пород - коллекторов нефти и газа внесли свой вклад Е.М. Смехов, Ф.И. Котяхов, К.И. Багринцева, Я.Н. Перькова, Л.П. Гмид, Ю.И. Марьенко, Г.Е. Белозерова, В.Н. Киркинская, В.Г. Кузнецов, А.Н. Дмитриевский, В.А. Жемчугова, Н.К. Фортунатова, а также зарубежные исследователи: Г. Арчи, Д. Агульер, А.И. Леворсен, Т. Сандер, Г.В. Чилингар, Г. Биссел, Ф. Фейрбридж, Дж. Л. Уилсон, Т. Голф-Рахт, и другие.

Различным вопросам, связанным с литологией, стратиграфией, тектоникой, геохимией, гидрогеологией и нефтегазоносностью Непско-Ботуобинской антеклизы посвящены работы А.С. Анциферова, С.Л. Арутюнова, Т.К. Баженовой, В.Е. Бакина, Ю.А. Большакова, Н.А. Буровой, В.А. Ващенко, В.И. Вождова, В.Н. Воробьёва, В.И. Городничева, Р.Б. Гудеева, Т.И. Гуровой, В.И. Демина, Д.И. Дробота, А.Л. Дудина, В.В. Забалужева, С.М. Замараева, Н.Н. Зимбалева, А.Н. Золотова, В.В. Ильинской, Л.Н. Илюхина, В.И. Качина, А.С. Ковтуна, А.Э. Конторовича, Н.А. Корвет, В.Г. Кузнецова, И.Б. Кулибакиной, М.В. Коржа, Е.С. Ларской, В.Н. Ларкина, В.Б. Леонтовича, С.В. Лысак, В.Д. Матвеева, Н.В. Мельникова, Б.П. Мирончева, В.Л. Неустроева, П.Е. Офмана, С.С. Петрова, В.И. Петерсилье, О.В. Постниковой,



Р.Н. Пресновой, В.Т. Роботнова, Б.А. Соколова, В.С. Старосельцева, В.С. Суркова, А.А. Трофимука, Л.Ф. Тыщенко, С.В. Фролова, В.В. Хементовского, Л.С. Черновой, С.Г. Шашина, Г.Г. Шемин, Т.Ю. Шибиной, Ф.Н. Яковенко и др.

### **1.1. Геолого-геофизическая изученность**

На территории Сибирской платформы обособляются две нефтегазоносные провинции – Лено-Тунгусская и Хатангско-Вилуйская.

Территория Лено-Тунгусской провинции (рис. 1.1) изучена сейсморазведочными методами крайне неравномерно. Площадь перспективных земель составляет 2935 тыс. км<sup>2</sup>, на которой проведено 419896 км сейсмопрофилей. Непско-Ботуобинская нефтегазоносная область является основной территорией наилучшей геологической изученности и характеризуется наибольшим объемом проведённых работ – в среднем – 0,43 км/км<sup>2</sup> (Фортулатова Н.К. и др., 2010). В пределах Лено-Тунгусской провинции открыто и разведано 40 месторождений нефти и газа, около 30 из них приурочено к Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области (рис. 1.2).

На данной территории проводятся региональные геофизические исследования по опорным маршрутам: Батолит (субширотный), Алтай-Северная Земля (субмеридиональный), рассечка Мадринская скв.156-пос. Кежда, Кежда-Предпатомский прогиб и Ковыктинское месторождение-Предпатомский прогиб, скв.Чуньская 120-скв.Лебяжинская 2 (субширотный).

На территории Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции пробурено 1855 глубоких скважин. Изученность территории бурением низкая и крайне неравномерная. Лучше изучены бурением высокоперспективные в нефтегазоносном отношении земли Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области (1097 скважин). Большой объем бурения поисково-разведочных скважин обеспечил открытие крупных и средних нефтегазовых и газоконденсатных месторождений. В остальных нефтегазоносных областях на перспективных землях бурение было связано с геолого-геофизическим

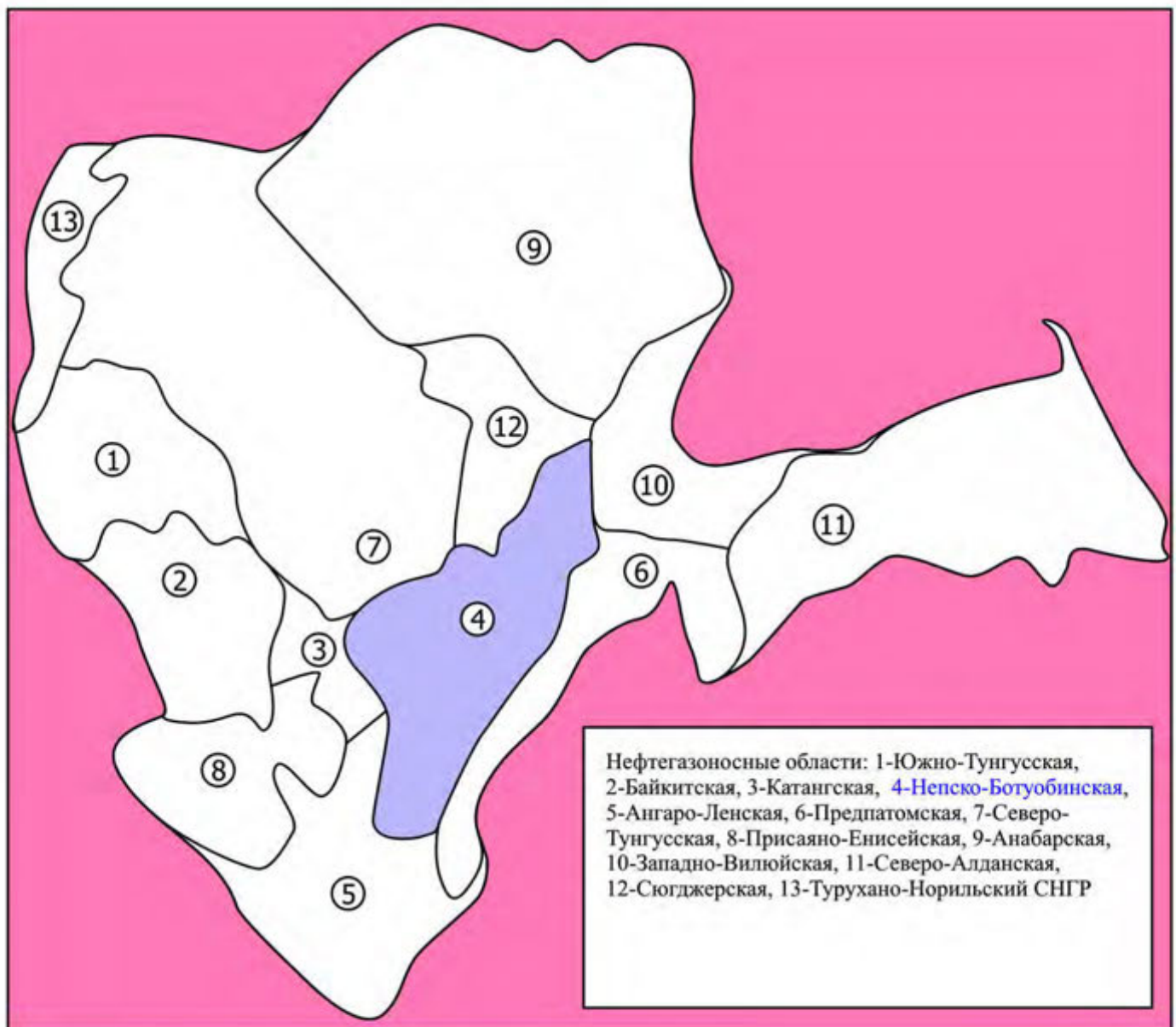
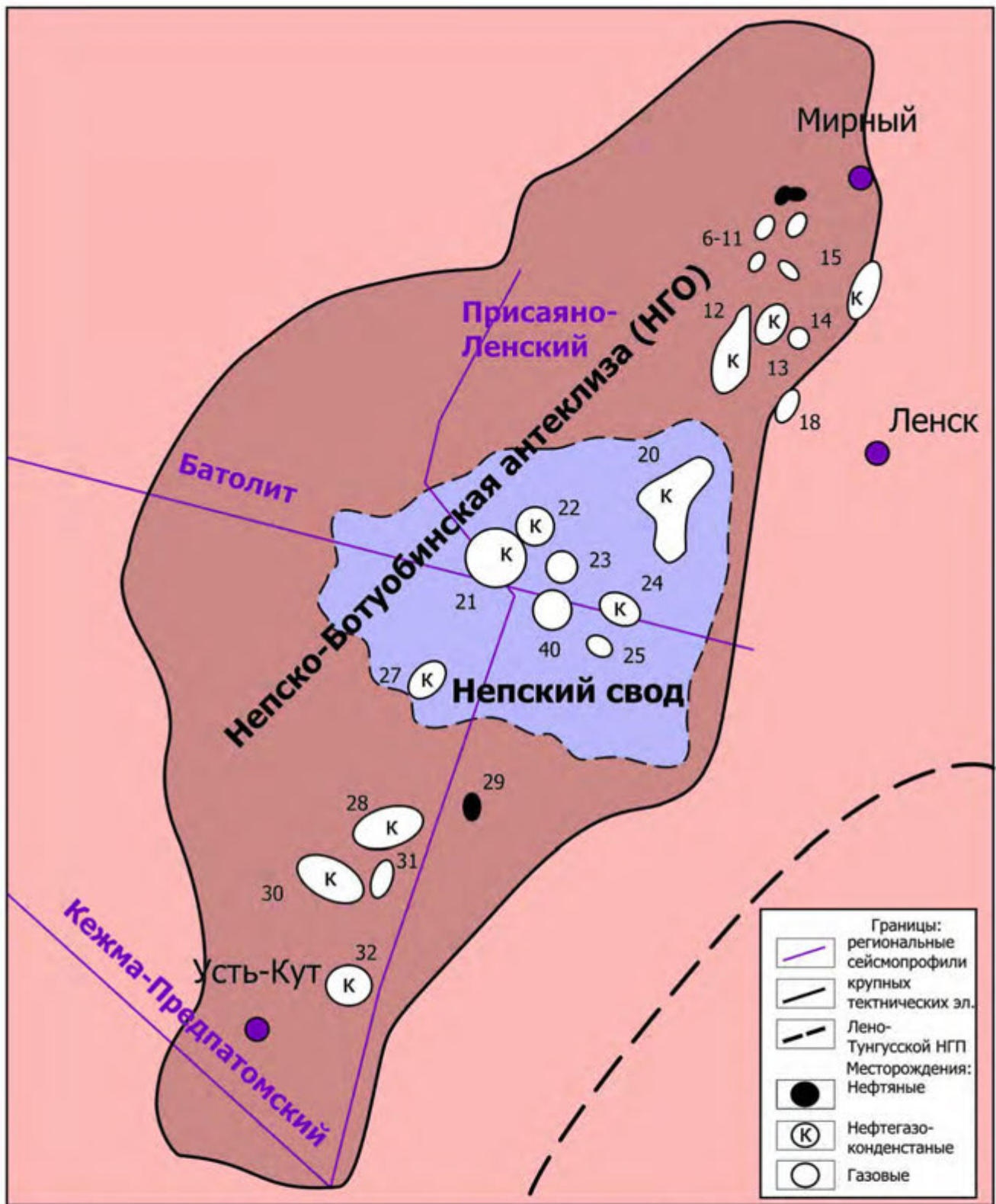


Рисунок. 1.1. Лено-Тунгусская нефтегазоносная провинция.



**Рисунок 1.2.** Схема размещения региональных сейсмопрофилей и типов месторождений Лено-Тунгусской НГП.

1-40 – месторождения: 1 – Куюмбинское НГК, 2 – Юрубчено-Тохомское НГК, 3 – Оморинское ГК, 4 – Собинское НГК, 5 – Пайгинское НГК, 6 – Мирнинское НГ, 7 – Маччобинское НГ, 8 – Иреляхское НГК, 9 – Северо-Нелбинское ГК, 10 – Нелбинское Г, 11 – Станахское НГ, 12 – Среднеботуобинское НГК, 13 – Тас-Юряхское НГК, 14 – Бесюряхское Г, 15 – Иктехское НГК, 16 – Верхневилочанское НГ, 17 – Виллойско-Джербинское Г, 18 – Хотого-Мурбайское Г, 19 – Отраднинское Г, 20 – Чаяндинское НГК, 21 – Верхнечонское НГК, 22 – Вакунайское НГК, 23 – Тымпучиканское ГН, 24 – Талаканское НГК, 25 – Алинское ГН, 26 – Бысахтахское ГК, 27 – Даниловское ГК, 28 – Дулисьминское НГК, 29 – Пилюдинское Н, 30 – Ярактинское НГК, 31 – Аянское Г, 32 – Марковское НГК, 33 – Агалеевское Г, 34 – Братское ГК, 35 – Ковыктинское ГК, 36 – Атовское ГК, 37 – Имбинское Г, 38 – Берямбинское ГК, 39 – Левобережное ГК, 40 – Верхнепеледуйское ГК.

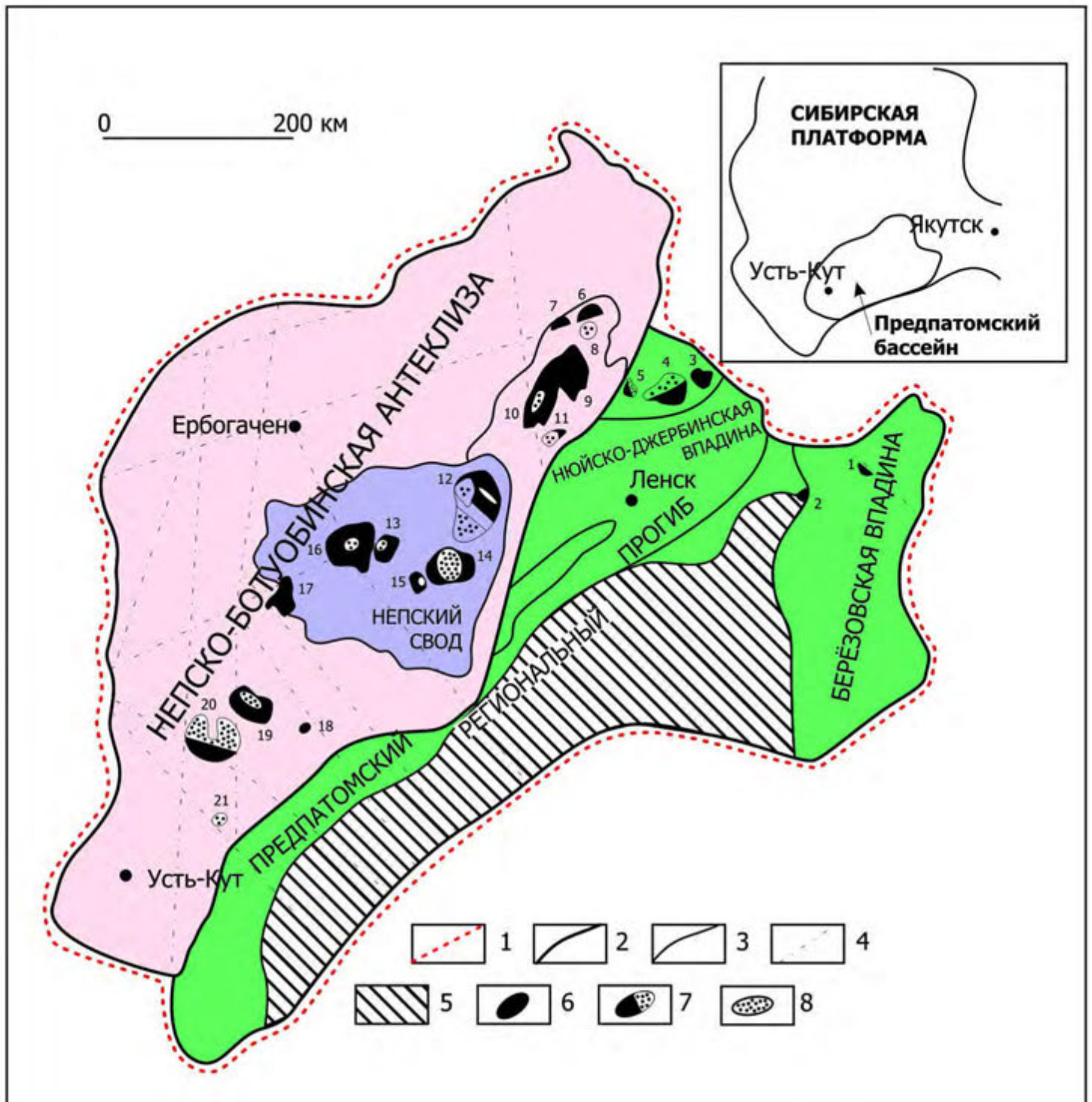
изучением разреза параметрическими скважинами и поисковыми – на подготовленных сейсморазведкой локальных структурах. В целом изученность провинции глубоким бурением на общей площади перспективных земель в 2935 тыс. км<sup>2</sup> составляет 1,46 м/км<sup>2</sup> или 0,63 скв./тыс. км<sup>2</sup>; при этом Непско-Ботуобинская нефтегазоносная область – 8,94 м/км<sup>2</sup> или 4,22 скв./тыс. км<sup>2</sup>. Непско-Ботуобинская нефтегазоносная область характеризуется лишь 10 % уровнем разведанности запасов, что предполагает большие потенциальные возможности по дальнейшему открытию новых нефтяных и газовых месторождений в этом регионе (Фортунова Н.К. и др., 2010).

## **1.2. Литолого-стратиграфическая характеристика разреза**

Непский свод находится в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы (рис. 1.3.), которая в свою очередь расположена в пределах Предпатомского осадочного бассейна (Нефтегазоносные ..., 1994).

В геологическом строении Непско-Ботуобинской антеклизы принимают участие образования кристаллического фундамента, рифейские, вендские, кембрийские, ордовикские, каменноугольные, пермские, юрские, и четвертичные отложения (рис. 1.4).

Кристаллический фундамент сложен архейско-нижнепротерозойскими метаморфическими и интрузивными образованиями. Его поверхность имеет достаточно контрастный эрозионно-тектонический рельеф, абсолютные отметки глубины которого колеблются от 1,2 до 3,0 км. Основной объём вулканогенно-осадочного чехла составляют отложения венда и кембрия. Рифейские образования имеют карбонатно-терригенный состав и залегают в наиболее прогнутых участках Непско-Ботуобинской антеклизы (Нефтегазоносные ..., 1994). Некоторые исследователи предполагают широкое распространение рифейских образований под надвинутыми пластами фундамента. Мощность их меняется от нескольких сот метров до нескольких километров.



**Рисунок 1.3.** Обзорная схема Предпатомского осадочного бассейна (Нефтегазоносные ..., 1994).

Условные обозначения:

1 - граница осадочного бассейна; 2,3 - контуры пликативных структур платформенного чехла: 2 - надпорядковых, 3 - первого порядка; 4 - основные региональные разломы; 5 - зона шарьяжных перекрытий; 6-8 - месторождения: 6 - нефтяные, 7 - нефтегазовые и газонефтяные, 8 - газовые и газоконденсатные.

Система	Отдел	Горизонт	Литологическая колонка	Мощность отложений, м	Краткая литологическая характеристика разреза	Мегаэрозивуары	
Юрская				0-150	Аргиллиты, алевролиты, песчаники		
Нижний триас				0-200	Туфогенно-осадочные породы		
Верхний палеозой				0-400	Песчаники, алевролиты, аргиллиты, породы трапповой формации		
Силурийская	Верхн.			0-70	Доломиты, известняки, мергели		
	Нижн.			0-50	Известняки		
Ордовикская	Верхн.			0-200	Аргиллиты		
	Средн.			0-100	Песчаники, аргиллиты, алевролиты		
	Нижн.			0-300	Доломиты, песчаники, аргиллиты		
КЕМБРИЙСКАЯ	Средний + верхний			0-700	Мергели, доломиты, ангидриты		Кембрийский
		Зеледеевский		50-70	Доломиты, ангидриты		
	Наманский		50-70	Доломиты, известняки, ангидриты			
	чарский		300-500	Каменная соль, доломиты			
	Олекминский		50-100	Доломиты, известняки			
	Урицкий		20-50	Доломиты			
	Толбачанский		350-500	Доломиты, известняки, каменная соль			
	Эльганский		50-100				
	УСОЛЬСКИЙ			300-500	Каменная соль, доломиты, известняки	Верхнеордовикско-кембрийский	
ВЕНДСКАЯ		Даниловский		200-400	Доломиты, глинистые доломиты, ангидриты, мергели	Вендский	
		Тирский		0-300	Доломиты, ангидриты, песчаники, мергели		
		Непский		5-800	Аргиллиты, песчаники, алевролиты, доломиты		
		Вилючанский		0-150	Песчаники, гравелиты		
РИФЕЙСКАЯ	Верхний	Жуинский		0-1500	Известняки, доломиты, мергели, аргиллиты, алевролиты, песчаники	Рифейский	
		Дальнстайгинский		0-3000	Доломиты, известняки, сланцы, песчаники, алевролиты, аргиллиты		
	Средний	Баллаганахский		0-2000	Сланцы, известняки, доломиты, песчаники, конгломераты, алевролиты, аргиллиты		
		Нижн.	Тепторгинский		0-1100		Песчаники, сланцы, гравелиты, туфопесчаники, эффузивы
AR-PR							

Рисунок 1.4. Сводная стратиграфическая колонка Предпатомского осадочного бассейна (Нефтегазоносные ..., 1994).

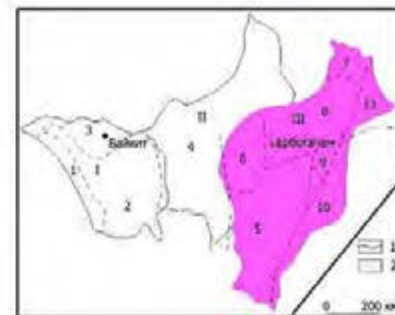
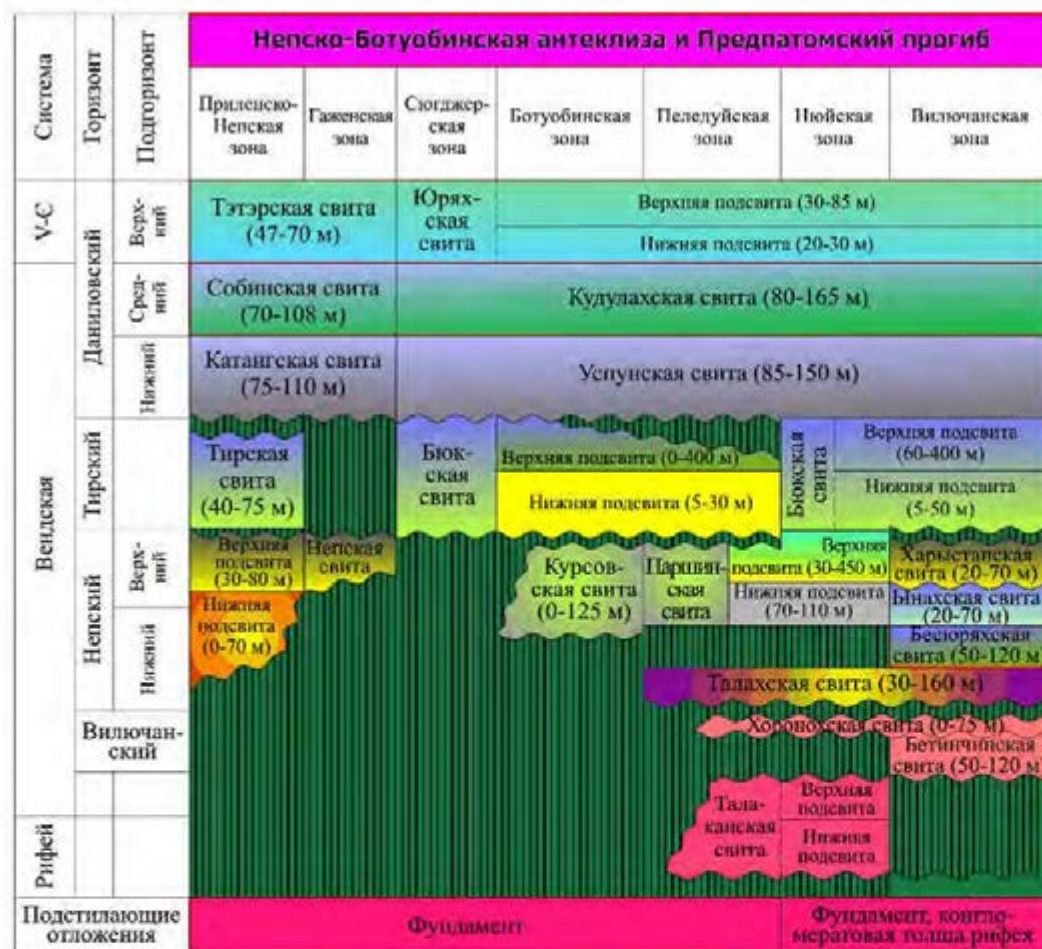
Отложения венда и кембрия развиты повсеместно. Первые представлены терригенными и карбонатными породами суммарной мощностью от 0,2 до 1,2 км; вторые – формируют карбонатно-эвапоритовые формации мощностью от 1,2 до 2,5 км. В отдельных частях Непско-Ботуобинской антеклизы кембрийские образования осложнены силлами, мощность которых изменяется от 50 до 120 метров (Нефтегазоносные ..., 1994).

Непско-Ботуобинская антеклиза включает ряд структурно-фациальных зон (Решения ..., 1989): Приленско-Непская, Гаженская, Пеледуйская, Ботуобинская, Сюгджеро-Мархинская, Нюйская, Вилючано-Ыгыаттинская, которые ограничивают районы выделения самостоятельных свит.

**Отложения венда.** В Нюйской и Пеледуйской зонах – это *талаканская свита*; положение ее не определено (Решения ..., 1989), но верхняя часть свиты (0-235 м), сложенная алевролитами, аргиллитами, песчаниками, доломитовыми мергелями, условно отнесена к венду (рис. 1.5).

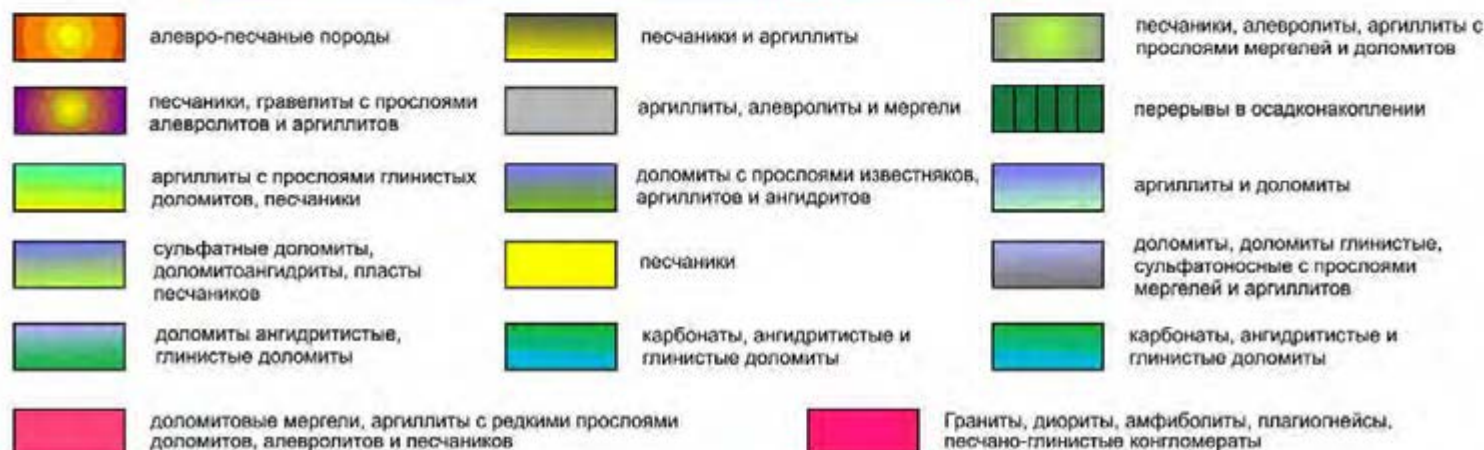
*Нижний (безымянный или вилючанский) горизонт* распространен незначительно. В Предпатомском прогибе его представляют бетинчинская свита (0-100 м), сложенная красноцветными песчаниками, алевролитами и аргиллитами, и перекрывающая ее *хоронохская свита* (0-125 м), в составе которой преобладают серые кварцевые песчаники с галькой и прослоями алевролитов. Непский горизонт (*непская свита*) отвечает одноименной свите в Приленско-Непском районе, где нижняя подсвита (0-70 м) залегает на кристаллическом фундаменте и сложена песчаниками, гравелитами, аргиллитами, алевролитами, верхняя (30-80 м) - алевролитами и аргиллитами с песчаниками в основании.

В Ботуобинской зоне аналогом непской свиты является *курсовская свита* (0-125 м), представленная аргиллитами, алевролитами, песчаниками. В Пеледуйской и Нюйской зонах непский горизонт сопоставляется с *талахской* и *паршинской свитами*. Первая сложена пестроцветными алевролитами и песчаниками с прослоями аргиллитов, гравелитами в основании (30-160 м); разрез второй формируют темно-серые алевролиты и аргиллиты нижней



Вставка схемы районирования внутренней части Сибирской платформы (Решения четвертого Межведомственного регионального совещания..., 1989):

- 1-границы:нефтегазоносных областей: I- Байkitтской, II - Катангской, III - Непско-Ботуобинской;  
2 - границы фациальных зон: 1 - Тохомо-Оленчминской, 2 - Юрубчено-Тайгинской, 3 - Турухано-Куломбинской, 4 - Катангской, 5 - Приленско-Непской (Приленская), 6 - Гаженской, 7 - Сюджеро-Мархинской, 8 - Ботуобинской, 9 - Пелелуйской, 10 - Нюйской, 11 - Вилочано-Ыгыттинской



**Рисунок 1.5.** Региональная стратиграфическая схема верхнепротерозойских отложений юго-восточных районов Сибирской платформы (Решения..., 1989; Шемякин, 2007, с изменениями).



подсвиты (70-112 м) и доломитовые мергели, глинистые доломиты, с прослоями аргиллитов, алевролитов и песчаников – верхней (32-467 м). В Вилючано-Ыгыаттинской зоне на уровне паршинской выделяются три свиты: *бесюряхская* (50-120 м) – доломиты с прослоями известняков, аргиллитов; *ынахская* (50-95 м) – аргиллиты, глинистые доломиты; *харыстанская* (20-70 м) – аргиллиты, алевролиты, глинистые доломиты, песчаники. Тирский горизонт (верхний венд) в Приленско-Непской зоне представлен *тирской свитой* (40-75 м), сложенной доломитами, глинисто-сульфатно-доломитовыми породами; на некоторых участках в основании отмечен песчаник (парфеновский горизонт).

В Сюгджеро-Мархинской, Ботуобинской, Пеледуйской, Нюйской и Вилючанской зонах, примыкающих к Патомскому нагорью, тирский горизонт представлен *бюкской свитой*, разделенной на две подсвиты. В составе нижней (*ботуобинской*) подсвиты (5-50 м) преобладают обломочные породы – песчаники, алевролиты, аргиллиты; верхняя – карбонатно-сульфатная. В Сюгджеро-Мархинской, Ботуобинской и Пеледуйской она достаточно литологически однородна и имеет мощность 0-200 м, а в Нюйской и Вилючанской – состоит из трех пачек: доломитов и ангидритов телгеспитской пачки (15-100 м); каменной соли, ангидритами, доломитами, аргиллитами торсальской пачки (15-140 м); доломитами, ангидрито-доломитами, доломитовыми мергелями аянской пачки (30-360 м).

Даниловский горизонт литологически и стратиграфически устойчив на обширных территориях. Он подразделяется на три подгоризонта: нижний – успунский, средний – кудулахский и верхний – юряхский. Успунский подгоризонт почти по всей платформе представлен одноименной свитой (75-150 м), сложенной доломитами, глинистыми и песчанистыми доломитами, доломитовыми мергелями и доломито-ангидритами с прослоями аргиллитов, алевролитов, песчаников. В Приленской и Гаженской зонах успунской свите соответствует *катангская свита* (80-100 м), сложенная доломитами, мергелями и доломито-ангидритами, в основании которой располагается преображенский продуктивный горизонт (пачка).

Кудулахский подгоризонт отвечает одноименной свите (80-165 м), сложенной доломитами, доломитами ангидритистыми и глинистыми, известняками, ангидритами, прослоями мергелей и аргиллитов. В Приленской и Гаженской зонах кудулахской свите соответствует *собинская* доломито-ангидритовая свита (65-80 м).

Юряхский подгоризонт представлен двумя фациальными аналогами: *юряхской* и *тэтэрской* свитами. В Предпатомских разрезах, Ботуобинской, Сюгджеро-Мархинской зонах юряхская свита разделена на две подсвиты: нижнюю (15-30 м, и верхнюю (35-85 м), сложенные соответственно известняками, глинистыми доломитами и известняками (в Сюгджеро-Мархинской зоне), доломитами, доломитами глинистыми и известковистыми, с прослоями аргиллитов, мергелей.

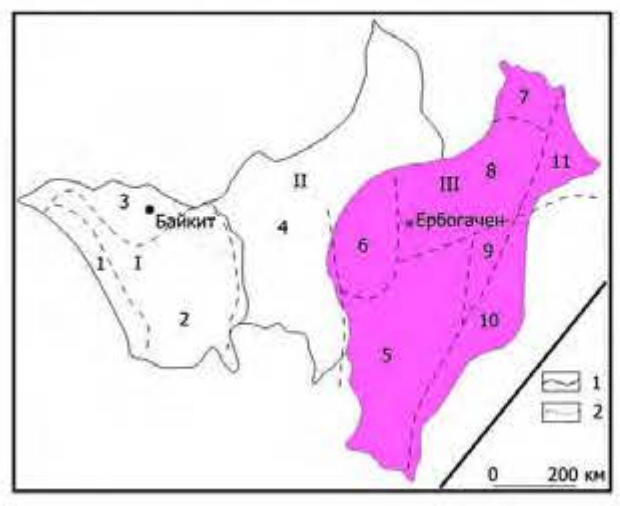
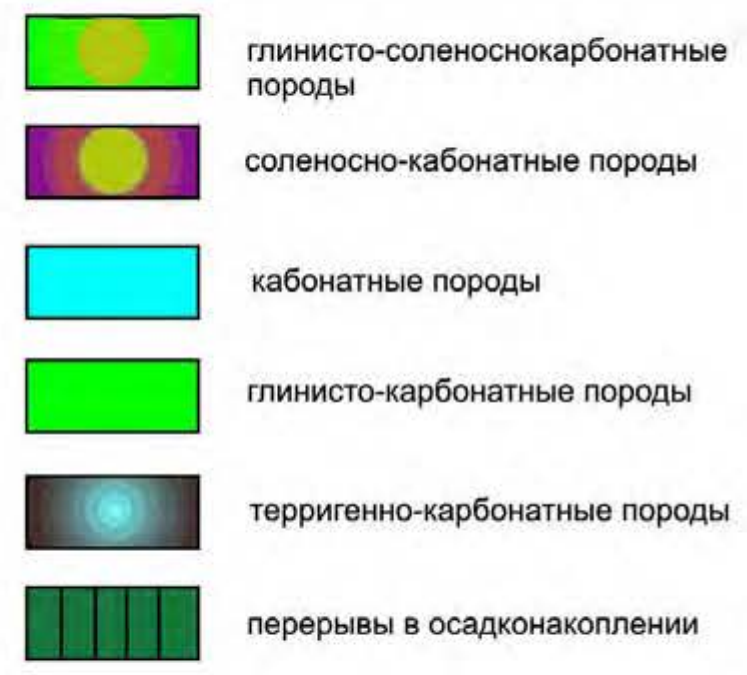
В Приленско-Непской и Гаженской зонах к тэтэрской свите (55-80 м) отнесена толща переслаивающихся в различной степени известковистых доломитов с прослоями мергелей и ангидритов.

Отложения юряхского подгоризонта перекрываются галогенно-доломитовой толщей *усольской* свиты (370-800 м) в Приленской, Гаженской, Сюгджеро-Мархинской зонах, а в Ботуобинской, Пеледуйской, Нюйской и Вилючанской зонах - доломитовой *билирской* свиты (70-80 м).

В региональной стратиграфической шкале в нижнем кембрии приняты следующие горизонты (Решения ..., 1989): усольский с осинским подгоризонтом, эльгинский, толбачанский, урицкий, олекминский, чарский и наманский, а также зелеевский в среднем кембрии.

**Нижний кембрий** Непско-Ботуобинской антеклизы представлен соленосно-карбонатными отложениями. Нижнекембрийские отложения антеклизы в Приленской зоне, в пределах которой расположен объект исследования, расчленены на усольскую, бельскую, булайскую, ангарскую и литвинцевскую свиты (рис. 1.6), которые по всей территории уверенно коррелируются с детальностью до пачек.

Система	Отдел	Надъярус	Ярус	Горизонт	Корреляция местных стратиграфических разрезов					
					Катангская седловина			Непско-Ботуобинская антеклиз и Предпатомский прогиб		
					Катангская зона	Братская зона	Усть-Кутская зона	Гаженская зона	Приленская зона	Ботуобинская зона
Кембрий	Средний		Амгинский		Эвенкийская свита (80-400 м)	Верхоленская свита (50-700 м)				
				Зелеевский	Литвинцевская свита (50 - 270 м)					Метегерская свита (200-300 м)
	Нижний	Ленский	Тойонский	Наманский		Верхняя подсвита			Ичерская свита (200-300 м)	
				Чарский	Ангарская свита (320-470 м)	Ангарская свита (450-550 м)	Верхняя подсвита		Ангарская свита (200-300 м)	Чарская свита (200-300 м)
		Ботомский	Олекминский	Булайская свита (60-70 м)	Булайская свита (100-140 м)	Верхняя подсвита			Олекминская свита (80-100 м)	
			Урицкий	Верхняя подсвита	Булайская свита (100-140 м)	Верхняя подсвита			Верхняя подсвита	
		Алданский	Атдабанский	Толбачанский	Бельская свита (530 - 650 м)	Бельская свита (400 - 550 м)	Верхняя подсвита		Бельская свита (500-550 м)	Толбачанская свита (400-450 м)
				Эльгянский	Верхняя подсвита	Бельская свита (400 - 550 м)	Верхняя подсвита			Верхняя подсвита
			Томмотский	Усольский		Усольская свита (370 - 900 м)	Верхняя подсвита	Верхняя подсвита		Юренинская свита (210-240 м)
						Верхняя подсвита	Усольская свита (370 - 900 м)	Верхняя подсвита		Билirschкая свита (70-80 м)
		V-Є			Юряхский	Тэтэрская свита			Юряхская свита (60-70 м)	



**Рисунок 1.6.** Региональная стратиграфическая схема нижнекембрийских отложений центральных районов Сибирской платформы (Нефтегазоносные ...,1994; Шемин, 2007; Мельников, 2009 ) с изменениями.

Вставка схемы районирования внутренней части Сибирской платформы (Решения четвёртого Межведомственного регионального совещания..., 1989): 1 - границы нефтегазоносных областей: I - Байжитской, II - Катангской, III - Непско-Ботуобинской; 2 - границы фациальных зон: 1 - Тохомо-Оленчиминской, 2 - Юрубчено-Тайгинской, 3 - Турухано-Куюмбинской, 4 - Катангской, 5 - Приленско-Непской (Приленская), 6 - Гаженской, 7 - Сюджеро-Мархинской, 8 - Ботуобинской, 9 - Пеледуйской, 10 - Нюйской, 11 - Вилючано-Ыгыаттинской

*Усольская свита* включает толщу соленосно-карбонатных отложений, залегающую между карбонатами иктехской или даниловской свит снизу и нижнебельской подсвиты сверху. Ее нижняя граница проводится на одном и том же стратиграфическом уровне. Верхняя граница свиты диахронна вследствие фациального замещения соленосных отложений карбонатными. В направлении от юго-западной периклинали Непско-Ботубинской антеклизы к ее центральной части стратиграфический объем свиты уменьшается.

Литологический состав соленосных частей усольской свиты довольно однообразен. Это чередование различной мощности пластов доломитов и каменных солей и с незначительным количеством доломито-ангидритов и галопелитов.

Доломиты серые, темно-серые ангидритистые и ангидритовые, засолоненные, часто глинистые; тонко- и мелкозернистые, массивные и плитчатые, часто кавернозные и трещиноватые. Каверны и трещины выполнены каменной солью, реже ангидритом. В верхней части свиты доломиты обычно имеют коричневато-серый цвет, они часто известковистые, иногда водорослевые, оолитовые. Каменные соли крупно- и среднекристаллические, прозрачные или непрозрачные, различной окраски белой, серой, розовой, красной, коричневой, с включениями слойками и реже прослоями доломита, доломито-ангидрита, галопелита.

Усольская свита делится на три подсвиты. Нижняя соответствует подосинской пачке, средняя – осинскому продуктивному горизонту. Для северо-восточной части Непско-Ботубинской антеклизы, где в усольской свите исчезают подосинские соли, одни авторы предлагают включить две нижние подсвиты в сокуканскую свиту, другие – выделить две нижние подсвиты в осинскую свиту. Существует также мнение о целесообразности сохранения для всей территории прежнего названия (Шемин, 2007).

Выше по разрезу отложения усольской свиты перекрываются отложениями *бельской свиты*, в которой выделяются карбонаты нижней и

средней подбит и чередующиеся пласты доломитов и каменных солей – верхней. Мощность отложений свиты изменяется от 400 до 550 м.

Перекрывающие ее отложения *булайской* (60 – 70 м), *ангарской* (200 – 300 м), *литвинцевской* (50 – 270 м), *верхоленской* (50 – 700 м) свит сложены главным образом соленосно-карбонатными отложениями – доломитами, известняками, каменной солью с прослоями ангидритов, доломито-ангидритов, аргиллитов и галопелитов (Мельников, 2009). Лишь в верхней части появляются сильно меняющиеся по мощности терригенно-карбонатные красноцветные отложения (Непско-Ботуобинская ..., 1986).

Породы ордовика – это аргиллиты, алевролиты, песчаники и доломиты суммарной мощностью до 0,6 км. Развита они в основном на юго-восточном склоне Непско-Ботуобинской антеклизы.

Каменноугольная и пермская система представлены терригенными отложениями, повсеместно осложнёнными интрузивными магматическими телами, как секущими, так и пластовыми. Они развиты только на северо-западном склоне Непско-Ботуобинской антеклизы и имеют мощность от 0,1 до 0,4 км.

Туфогенно-осадочные и лавовые нижнетриасовые образования распространены в том же районе, что и верхнепалеозойские подстилающие отложения. Мощность их изменяется от 0,1 до 0,2 км (Нефтегазоносные ..., 1994).

Юрские терригенные образования мощностью от 0, 1 до 0, 2 м, характерны для северной части Непско-Ботуобинской антеклизы.

Четвертичные отложения (0 – 5 м) встречаются в долинах рек и озер и залегают со стратиграфическим несогласием на нижележащих породах. Сложены они суглинками, глинами, песками, галькой различного петрографического состава.

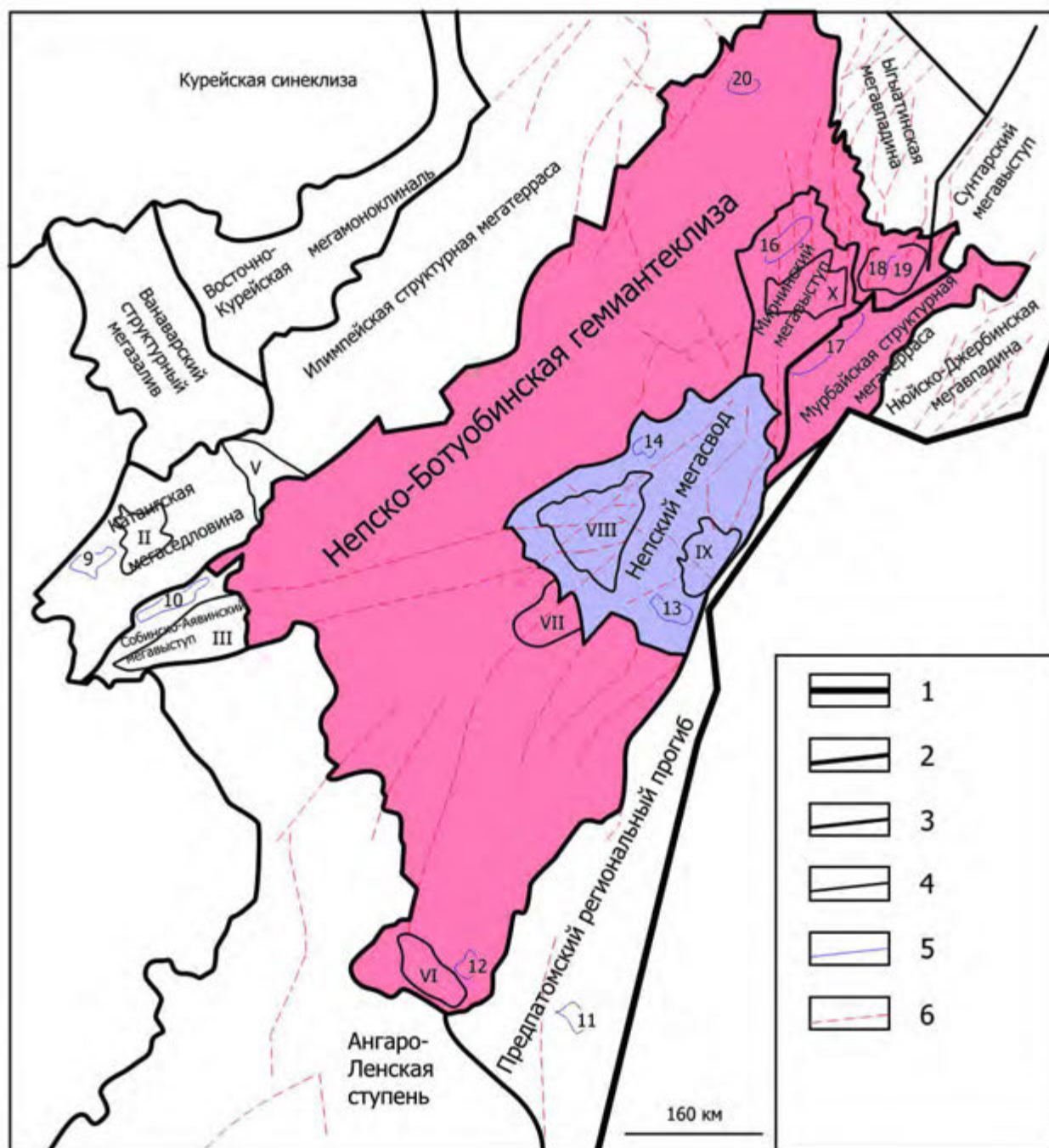
### 1.3. Основные сведения о тектонике и истории геологического развития

Непский свод расположен в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы. Последняя расположена в юго-восточной части Сибирской платформы, вытянута в северо-восточном направлении от верховьев р. Нижняя Тунгуска до р. Вилюй (рис. 1.7.) и имеет площадь около 235 тыс. км<sup>2</sup>. Она была выделена в 1975 году (Конторович и др., 1975). Несмотря на название «антеклиза», означающее замкнутую структуру, отмечается неполная замкнутость структуры на юго-востоке, где она примыкает к Предпатомскому региональному прогибу, а на юго-западе – к Ангаро-Ленской ступени.

Антеклиза оконтурена большей частью по изогипсе минус 2000 м, хотя в целом ее граница имеет пликативно-дизъюнктивный характер. Наиболее нарушена граница структуры на востоке, где наблюдается сложная система грабенов и горстов с высокими амплитудами смещения. Эта система разделяет Непско-Ботуобинскую антеклизу и Ыгыаттинскую впадину. Южнее зона разломов отделяет антеклизу от Нюйско-Джербинской впадины Предпатомского регионального прогиба. На юго-востоке антеклиза граничит непосредственно с Предпатомским региональным прогибом по крупным разломам северо-восточного простирания. На юго-западе надпорядковая структура переходит в Ангаро-Ленскую ступень, а севернее – отделяется от Байкитской антеклизы Катангской седловиной. На северо-западе Непско-Ботуобинская антеклиза отделена от Курейской синеклизы Мархино-Чуньской мегамоноклиналью.

Непско-Ботуобинская антеклиза осложнена двумя положительными структурами I порядка (Непский свод и Мирнинский выступ), тремя положительными структурами II порядка (Умоткинский и Алтыбский структурные мысы и Усть-Кутское куполовидное поднятие).

Непский свод располагается в центральной части антеклизы и занимает площадь около 27 тыс. км<sup>2</sup>. Свод оконтурен по абсолютной отметке минус 1100 м, имеет форму равностороннего треугольника. Его амплитуда составляет



**Рисунок 1.7.** Тектоническая карта вендско-силурийского структурного яруса юга Сибирской платформы (Тектоническая карта..., 2004).

Условные обозначения:

1 - граница Сибирской платформы, 2 - границы надпорядковых структур, 3 - границы структур I порядка, 4 - границы структур II порядка, 5 - границы структур III порядка, 6 - разломы.

Цифрами на карте обозначены:

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| I - Кобинский свод,                   | 1 - Оленчиминское куполовидное поднятие, 2 - Северо-Гаиндинское куполовидное поднятие,           |
| II - Ванаварская впадина,             | 3 - Энгидинская (Дулькумская) депрессия, 4 - Муртайское куполовидное поднятие,                   |
| III - Аявинский выступ,               | 5 - Чадобецкое куполовидное поднятие, 6 - Ильбокичское валообразное поднятие,                    |
| IV - Собинско-Джелиндуконский выступ, | 7 - Яркинская депрессия, 8 - Кобинское куполовидное поднятие,                                    |
| V - Южно-Чуьский выступ,              | 9 - Суенгинская депрессия, 10 - Собинское валообразное поднятие,                                 |
| VI - Усть-Кутский вал,                | 11 - Миньская котловина, 12 - Звездное куполовидное поднятие,                                    |
| VII - Даниловский выступ,             | 13 - Западно-Пеледуйское валообразное поднятие, 14 - Северо-Тымпучиканская котловина,            |
| VIII - Верхнечонский выступ,          | 15 - Среднеботубобинское валообразное поднятие, 16 - Мирнинско-Нелбинское валообразное поднятие, |
| IX - Пеледуйский выступ,              | 17 - Хотого-Мурбайское валообразное поднятие, 18 - Иктехское валообразное поднятие,              |
| X - Тас-Юряхский выступ,              | 19 - Верхневилучанское куполовидное поднятие, 20 - Эрбуканское куполовидное поднятие             |
| XI - Вилочанская седловина.           |  |

почти 500 м. В целом свод имеет правильное концентрическое строение, нарушен системами разломов северо-восточного и северо-западного простирания (Тектоническая карта..., 2004).

К северо-востоку от Непского свода расположен Мирнинский выступ. С востока структура оконтурена по изолинии минус 1200 м, с севера, северо-востока и северо-запада – по изогипсе минус 1400 м. На юге выступ не замкнут. Выступ вытянут по удлинению Непско-Ботуобинской антеклизы, имеет ромбовидную форму, охватывает площадь 15,3 тыс. км<sup>2</sup>, его амплитуда превышает 200 м; большая его часть интенсивно нарушена дизъюнктивными дислокациями.

На границе Непско-Ботуобинской антеклизы и Мархино-Чуньской мегамоноклинали выделена структура II порядка — Умоткинский структурный мыс. На севере и западе структура ограничена на глубине минус 2200 м, на юге и востоке граница проведена по высокоградиентной зоне в рельефе кровли тэтэрской свиты. Структура вытянута в меридиональном направлении, охватывает площадь 4800 км<sup>2</sup>, имеет амплитуду около 400 м.

К юго-востоку от Умоткинского структурного мыса расположен Алтыбский структурный мыс, вытянутый в широтном направлении и оконтуренный на западе по изогипсе минус 1600 м. На востоке структура не замкнута. Площадь структурного мыса составляет 1700 км<sup>2</sup>, амплитуда достигает 200 м.

На юге Непско-Ботуобинской антеклизы по изогипсе минус 1900 м оконтурена положительная структура II порядка — Усть-Кутское куполовидное поднятие. Структура охватывает площадь почти 2800 км<sup>2</sup>, ее амплитуда составляет около 100 м. Форма куполовидного поднятия в целом изометричная.

К востоку от северной части Непско-Ботуобинской антеклизы расположена отрицательная структура I порядка (Ыгыаттинская впадина), которая отделяет антеклизу от Вилюйской гемисинеклизы и Предпатомского регионального прогиба.



С Непско-Ботуобинской антеклизой Ыгыаттинская впадина граничит по изолинии минус 2000 м, с Вилуйской гемисинеклизой – на абсолютной глубине 3800 м; остальные границы носят дизъюнктивный характер. Рельеф кровли карбонатного венда на территории впадины очень расчлененный за счет системы высокоамплитудных грабенов и горстов северо-восточного простирания. В целом перепад отметок рельефа достигает 4000 м. Площадь структуры составляет около 23 тыс. км<sup>2</sup>.

В юго-восточной части впадины выделена отрицательная структура II порядка: Восточно-Ыгыаттинская котловина, оконтуренная по изолинии минус 3800 м. Она охватывает площадь 5100 км<sup>2</sup>, амплитуда составляет около 1240 м. В юго-западной части граница котловины подчеркнута разломом. Котловина слегка вытянута в северо-восточном направлении, имеет асимметричное строение. Ее северный и восточный борта более крутые, а южный и западный гораздо положе (Тектоническая ..., 2009).

Непско-Ботуобинская антеклиза глубинными сейсмическими зондированиями (ГСЗ) изучена недостаточно. Она пересечена двумя региональными маршрутами ГСЗ (Диксон — Хилок, Колпашево — Куду-Куель), выполненными НПО «Нефтегеофизика». В ее юго-восточной части проведены ИГиГ СО АН СССР и НТО «Иркутскгеофизика» в небольшом объеме сейсмические зондирования земной коры, являющиеся составной частью сейсмических исследований в районе Байкальской рифтовой зоны.

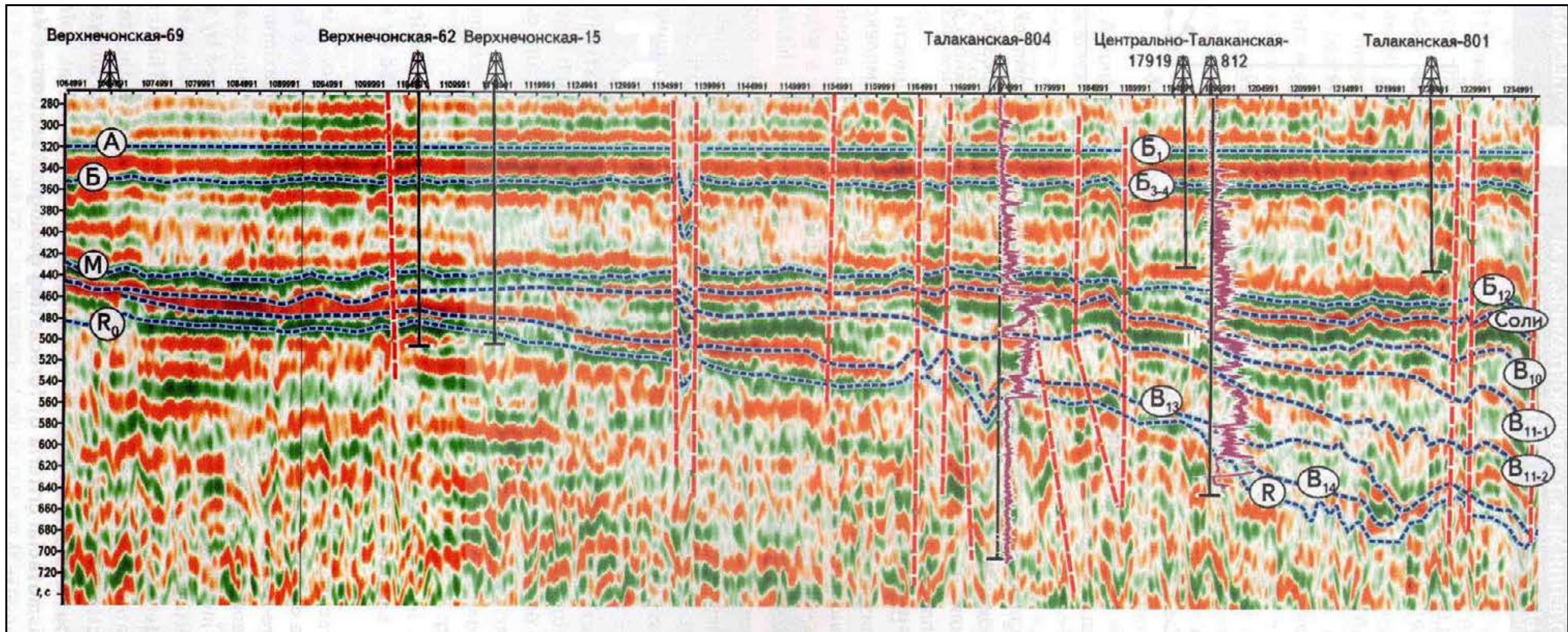
Эти данные, а также определение глубин залегания поверхности Мохоровичича с использованием принципа изостазии позволили составить представление о мощности земной коры и рельефе ее поверхности в пределах антеклизы.

Глубины до раздела кора мантия Непско-Ботуобинской антеклизы в среднем составляют 40 км. Несмотря на небольшую мощность развитых здесь платформенных отложений (1,5-2,0 км) и приподнятое положение поверхности фундамента, она не находит отражения в рельефе поверхности Мохоровичича. Мощность коры здесь, как и для большей части Сибирской платформы, не

коррелируется с мощностью платформенных отложений. Выделяемые в рельефе поверхности Мохоровичича, небольшие по амплитуде (3 км), ундуляции скорее всего отражают характер новейших тектонических движений. Так, в центральной зоне Непско-Ботуобинской антеклизы, характеризующейся наименьшими отметками глубин до подошвы земной коры (39-40 км), на карте новейшей тектоники Сибирской платформы соответствует зона меньшей активности движений за новейший этап. Зонам больших восходящих движений за новейший этап отвечают области погружения глубин до поверхности Мохоровичича. Эта закономерность наблюдается к юго-западу от центральной зоны антеклизы. Мощность коры здесь увеличивается до 42-45 км (Фортулатова и др, 2010, Тектоническая ..., 2004). На западе и юго-западе она ограничивается Канско-Тасеевской впадиной с глубиной погружения фундамента до 7 км. На юго-востоке Непско-Ботуобинская антеклиза ограничена Предбайкальским региональным прогибом с глубинами до кровли фундамента 4 км, а на северо-востоке — Ыгыатинской (6 км) и Кемпендяйской (12 км) впадинами.

Таким образом, по кровле кристаллического фундамента Непско-Ботуобинская антеклиза представляет собой огромную по размерам (350×750 км) и амплитуде (750-1000 м) приподнятую зону. Склоны и купольная часть этой поверхности (рис. 1.8) осложнены разломами, положительными и отрицательными структурными формами с амплитудой до 200-250 м (Непско-Ботуобинская ..., 1986; Сейсмогеологическая ..., 2009). Трапповый магматизм в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы проявился существенно в меньших масштабах, чем в северо-западных районах Сибирской платформы. Его образования здесь составляют около 3 % от объема платформенного чехла. Они залегают стратиграфически выше основных продуктивных горизонтов антеклизы, влияние их на нефтегазоносность отложений незначительно.

Вопросами локализации трапповых интрузий на территории Непско-Ботуобинской антеклизы занимались: А.Э. Конторович, В.С. Сурков, А.А. Трофимук, В.Н. Воробьёв, Б.Г. Демин, А.О. Ефимов, А.Т. Золотов, В.П.



Условные обозначения:

А (Б1)– осинский горизонт; кровля: Б – тэтэрской свиты, Б3-4 – даниловский горизонт, М, Б10 – тирской виты, В14 – вилючанский горизонт, В13, В11 2, В11 1, В10 – непский горизонт, R<sub>0</sub> – поверхность AR-PR<sub>1</sub> - фундамента

**Рисунок 1.8.** Фрагмент регионального временного сейсмического профиля Батолит (Сейсмогеологическая модель ..., 2009).

Корчагин, Н. В. Мельников, А.В. Мигурский Т.В. Мордовская, Т.В. Одинцова, В.И. Помпиков, Ю.К. Рожком, В.В. Самсонов, В.С. Старосельцев, Г.Д. Феоктистов, А.В. Хоменко, Б.Н. Холин, Г.Г. Шемин.

Магматические образования в осадочных породах Непско-Ботуобинской антеклизы локализованы на двух стратиграфических уровнях, причем приуроченные к этим уровням тела территориально не пересекаются. По предварительным данным, они имеют почти сплошное распространение на большей части антеклизы. Исключение составляют лишь юго-восточная ее часть и отдельные участки северо-западного склона структуры, где траппы отсутствуют.

Наибольшим распространением пользуются интрузивные тела долеритов, внедрившиеся в среднюю часть осадочного чехла. Возраст их определен калий-аргоновым методом как позднепалеозойско-триасовый. Они протягиваются в виде полосы шириной 50-150 км и длиной около 1000 км вдоль длинной оси антеклизы, занимая ее периклинали и значительную территорию сводовой части. Площадь распространения этого тела или группы тел около 100 тыс. км<sup>2</sup> (40% площади НГО). Мощность меняется в пределах 70-120 м. Наибольшие ее значения отмечаются в центральной части траппового тела.

Второй уровень локализации траппов стратиграфически выше. Эти траппы распространены на северо-западном склоне антеклизы. Площадь их развития около 60 тыс. км<sup>2</sup> (24% площади НГО), мощность изменяется от 60 до 300 м. Эти интрузивные тела предположительно также датируются как позднепалеозойско-триасовые. Их формирование, хронологически наиболее вероятно, связано с заложением и развитием Тунгусской синеклизы, юго-восточный борт которой накладывался на северо-западный склон Непско-Ботуобинской антеклизы.

Тела траппов первого уровня изучены весьма неравномерно. Они сравнительно хорошо исследованы только в центральных и юго-восточных участках Непско-Ботуобинской антеклизы. На северо-западе НГО интрузии вскрыты единичными скважинами.

Рассматриваемые трапповые тела залегают в нижнекембрийских галогенно-карбонатных отложениях усольской, бельской, булайской и ангарской свит на 30 стратиграфических уровнях. На крайнем юго-западе (западная часть Усть-Кутской площади) Непско-Ботуобинской антеклизы трапповое тело залегает в подосинской пачке. Его мощность составляет здесь 105-125м.

По вопросу о механизме внедрения магмы в отложения осадочного чехла имеются две гипотезы. Первая из них, гипотеза «активного» внедрения интрузий, выдвинутая И.П. Толмачевым еще в 1906 г., была поддержана А.В. Пэком, А.П. Лебедевым, В.И. Гоньшаковой и другими исследователями. Согласно этой гипотезе, магма внедрялась в осадочные отложения под давлением и значительно нарушила структуру вмещающих пород, поднимая надтрапповую их часть.

Гипотеза «пассивного» внедрения магмы предложена С.В. Обручевым, развита Ф. Ю. Левинсоном-Лессингом и другими. В соответствии с ней трапповая магма внедряется в полости, раскрывающиеся в результате растяжения платформенного чехла под действием тангенциальных напряжений и проседания блоков земной коры над освобождающимися при извержениях магматическими камерами (Непско-Ботуобинская ..., 1986).

В целом для Непско-Ботуобинской антеклизы характерно сложное блоковое строение, обусловленное различными указанными выше морфогенетическими типами разрывных нарушений, с которыми связан трапповый магматизм, несколько ослабевающий вдоль профиля 1-СБ (Батолит) в восточном направлении. С другой стороны, по мере приближения к Предпатомскому прогибу возрастает интенсивность складчатых деформаций с развитием сложных блоково-складчатых форм.

Общей особенностью Непско-Ботуобинской антеклизы является неглубокое залегание консолидированного фундамента и его определяющее влияние на интенсивность и характер тектонических дислокаций осадочного

чехла. В этих условиях важное значение имеют зоны активизации и типы разломно-блоковых движений, в том числе неотектонических.

Большинство разрывных нарушений в виде «безамплитудных» или с небольшими вертикальными смещениями непосредственно из фундамента прослеживаются в венд-кембрийские отложения. Многие из них затухают в соленосной кембрийской части разреза, другие со смещением в плане или непрерывно трассируются в надсолевою часть разреза. Выделяются также небольшие по протяженности разрывные нарушения, развитые в надсолевой части разреза. В крупных зонах разломов происходит течение солей и образование диапиров. Особенно интенсивно эти процессы развиты в протяженных зонах взбросово-надвигов и сдвигов, которые часто сопровождаются пологими срывами в солях, их перетеканием в крутопадающие разломы с образованием валов, шириной до 10 км и более (Жигаловский, Криволукский и др.).

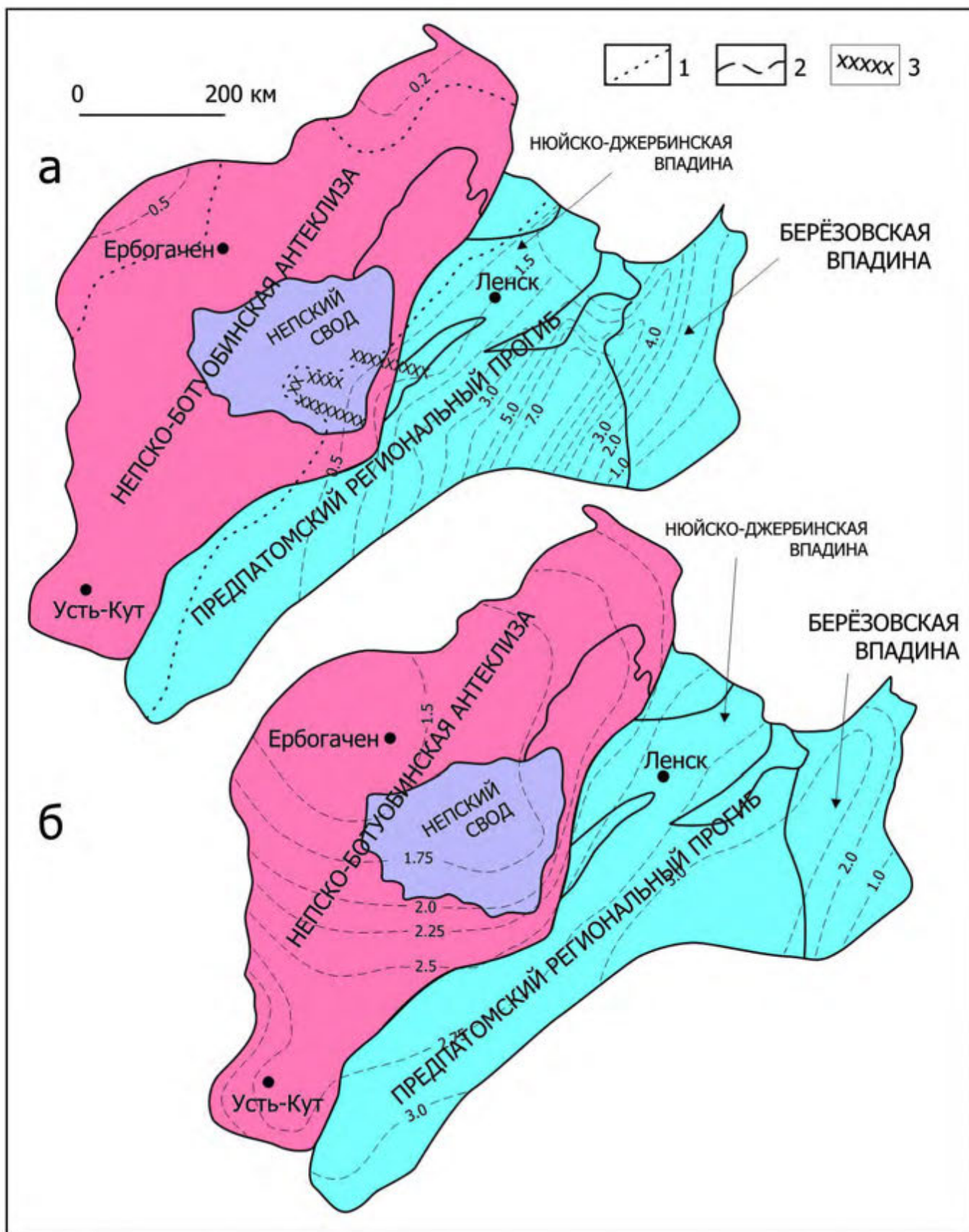
В центральной и южной частях Непско-Ботуобинской НГО и в прилегающих нефтегазоносных районах основные разведанные месторождения (Талаканское, Верхнечонское) приурочены к участкам пересечения крупных разломов, принадлежащих нескольким сериям (двум-трем) определенной пространственной ориентировки. Сочетание прямолинейных и кольцевых (откольного типа) разрывных нарушений, складок продольного и поперечного изгиба, приразломных подворотов слоистости, наложенных на литофациальные неоднородности, в том числе связанные с конседиментационными разломами, находит отражение в сложном геологическом строении месторождений Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области (Фортунова Н.К. и др., 2010).

Формирование Предпатомского с севера и Предбайкальского с юга предгорных прогибов завершается в конце байкальского этапа, прогибание которых компенсировалось накоплением терригенных осадков рифея-венда, не выходящих на поверхность. Расширение бассейнов осадконакопления шло за счет опускания краевых частей платформы, где отлагались терригенные толщи курсовской и нижней части иктехской свит. Каледонский этап формирования

осадочного чехла протекал в довольно спокойной тектонической обстановке, при которой на обширных пространствах платформы и прилегающих частях складчатых областей шло накопление галогенно-карбонатных толщ раннего кембрия. Заметная активизация тектонических движений проявилась, начиная с верхоленского времени, и периодически продолжалась до конца раннего палеозоя. Подтверждением этого являются перерывы в осадконакоплении и крайне неравномерное распределение мощностей средне-верхнекембрийских и ордовикских толщ. На месте Предпатомского и Предбайкальского прогиба формируется Ангаро-Ленский краевой прогиб. Именно в это время намечаются контуры крупной положительной палеоструктуры (рис. 1.9), положившей начало Непско-Ботуобинской антеклизе (Нефтегазоносные ..., 1994).

В венде и раннем кембрии палеоструктурный план Непско-Ботуобинской антеклизы существенно отличался от современного (рис. 1.10). В течение этого периода на территории антеклизы развивалась юго-восточная часть крупнейшей положительной структуры – Катангской палеоантеклизы. Свод ее охватывал северо-западную часть Непско-Ботуобинской антеклизы и предположительно юго-восток Курейской синеклизы. Присводовая часть палеоструктуры распространялась на Кубалахскую, Среднеботуобинскую, Талаканскую, Ербогаченскую, Средненепскую, Даниловскую, Чангильскую, Усть-Непскую, Нижненепскую, Усть-Икскую, Гаженскую и Тэтэрскую площади. Склоны погребенного поднятия выявлены на юго-западном и северо-восточном окончаниях антеклизы, на ее юго-восточном склоне, а также на востоке Катангской седловины. Северо-западный склон палеоструктуры прогнозируется в пределах Курейской синеклизы.

После перерыва, продолжавшегося почти весь майский век, в позднекембрийскую эпоху на территории антеклизы накопилось до 500 м отложений. Минимальные мощности или полное отсутствие отложений отмечены в сводовой части антеклизы и на ее северо-западном крыле (Ербогаченская, Северо-Тетейская и Тэтэрская площади). Хотя эти отложения не в полной мере отражают историю развития антеклизы, вследствие их

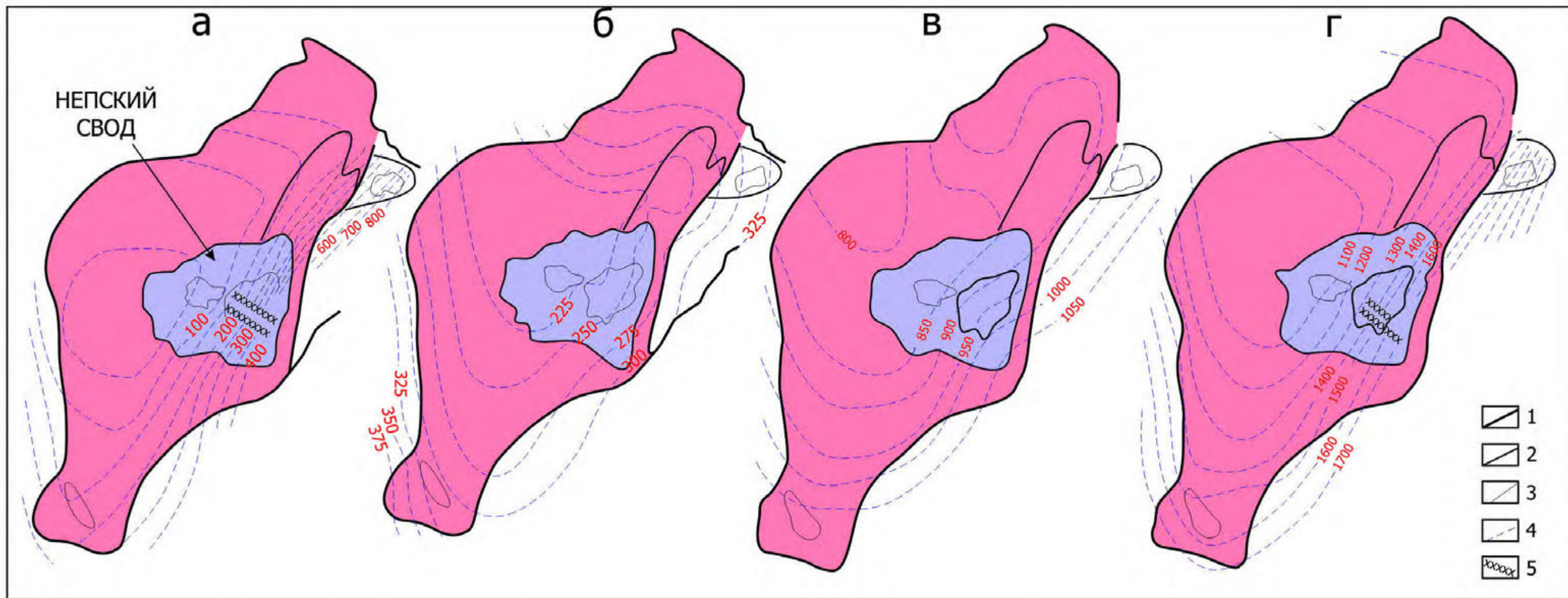


**Рисунок 1.9.** История геологического развития Предпатомского осадочного бассейна в рифейский (а) и вендско-силурийский (б) периоды (Нефтегазоносные ..., 1994).

Условные обозначения:

1 - граница распространения отложений, 2 - изопахиты (км), 3 - границы грабенообразной структуры. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1.3.





**Рисунок 1.10.** Схематические палеоструктурные карты Непско-Ботубинской антеклизы (Нефтегазоносные ..., 1994):

- а - подошвы вендско-нижнекембрийского мегакомплекса на начало формирования отложений даниловского горизонта;
- б - подошвы даниловского горизонта на начало формирования отложений усольского горизонта,
- в - подошвы усольского горизонта на начало формирования отложений чарского горизонта;
- г - подошвы вендско-нижнекембрийского мегакомплекса на начало формирования отложений чарского горизонта.

Условные обозначения:

1-3 - контуры пликативных структур: 1 - надпорядковых, 2 - первого порядка, 3 - второго порядка; 4 - изобахиты; 5 - контуры грабена.

посткембрийского размыва, по ним все же можно предполагать, что сводовая часть антеклизы и ее северо-западный склон в верхоленское время были наиболее приподнятыми участками.

В ордовикский и силурийский периоды в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы продолжали проявляться еще более замедленные нисходящие движения. Незначительное развитие сформировавшихся отложений на территории структуры не позволяет сделать достаточно обоснованные выводы о ее тектоническом развитии. Тем не менее, можно предположить, что в рассматриваемый период на территории антеклизы продолжала унаследовано развиваться рассмотренная выше палеоструктура (Нефтегазоносные ..., 1994).

В раннегерцинский этап Непско-Ботуобинская антеклиза, в том числе и рассматриваемая область, являлись областью сноса. Накопление осадков происходило лишь на ее флангах в зарождающихся синеклизах и впадинах, бассейны которых, расширяясь, распространялись на склоны антеклизы. Лишь в конце раннекаменноугольного времени, мелководное море затопило северо-западный склон и, частично, свод антеклизы. Здесь сформировался крупный наложенный прогиб, границы которого лимитируют развитие терригенно-карбонатных толщ ичодинской и тушамской свит.

Позднегерцинский этап ознаменовался формированием Тунгусской синеклизы – крупнейшей платформенной структуры, выполненной терригенно-вулканогенными образованиями позднего палеозоя – раннего мезозоя. Юго-восточная часть синеклизы наложилась на весь северо-западный склон Непско-Ботуобинской антеклизы, подчинив себе часть раннегерцинских структур. Огромный выброс магмы обусловил проседание над ее очагом, а также уплотнение толщ осадочного чехла. Границы синеклизы обозначились тектоническими нарушениями, частично послужившими каналами для внедрения основной магмы.

На формирование этой зоны, равно как и других нарушений юго-восточного обрамления платформы, кроме того, большое влияние оказали силы сжатия со стороны надвигавшегося на платформу Байкало-Патомского

складчатого обрамления. Силы сжатия обусловили перемещение верхних толщ осадочного чехла. Происходит нагнетание солей в ядрах зарождающихся антиклиналей, что приводит к быстрому росту их и срывам с образованием взбросо-надвигов (Фортулатова Н.К. и др., 2010).

В девонский период северо-восточнее Непско-Ботуобинской антеклизы сформировались Ыгыаттинская и Кемпендяйская впадины и Сунтарский свод. С этими структурами связано образование современных структурных очертаний крайнего северо-востока антеклизы.

В позднепалеозойско-триасовый период происходило заложение и развитие Тунгусской синеклизы. Ее юго-восточный борт накладывался на северо-западную часть рассматриваемого палеоподнятия, т.е. продолжал формироваться современный северо-западный склон Непско-Ботуобинской антеклизы (начал с венда). Отмечаются проявления интенсивного траппового магматизма, который существенно осложнил структуру осадочного чехла антеклизы. В послетриасовый этап завершилось формирование Непско-Ботуобинской антеклизы. В этот период наиболее активным был новейший тектонический этап, в который территория антеклизы испытала большие амплитудные восходящие тектонические подвижки (Нефтегазоносные ..., 1994).

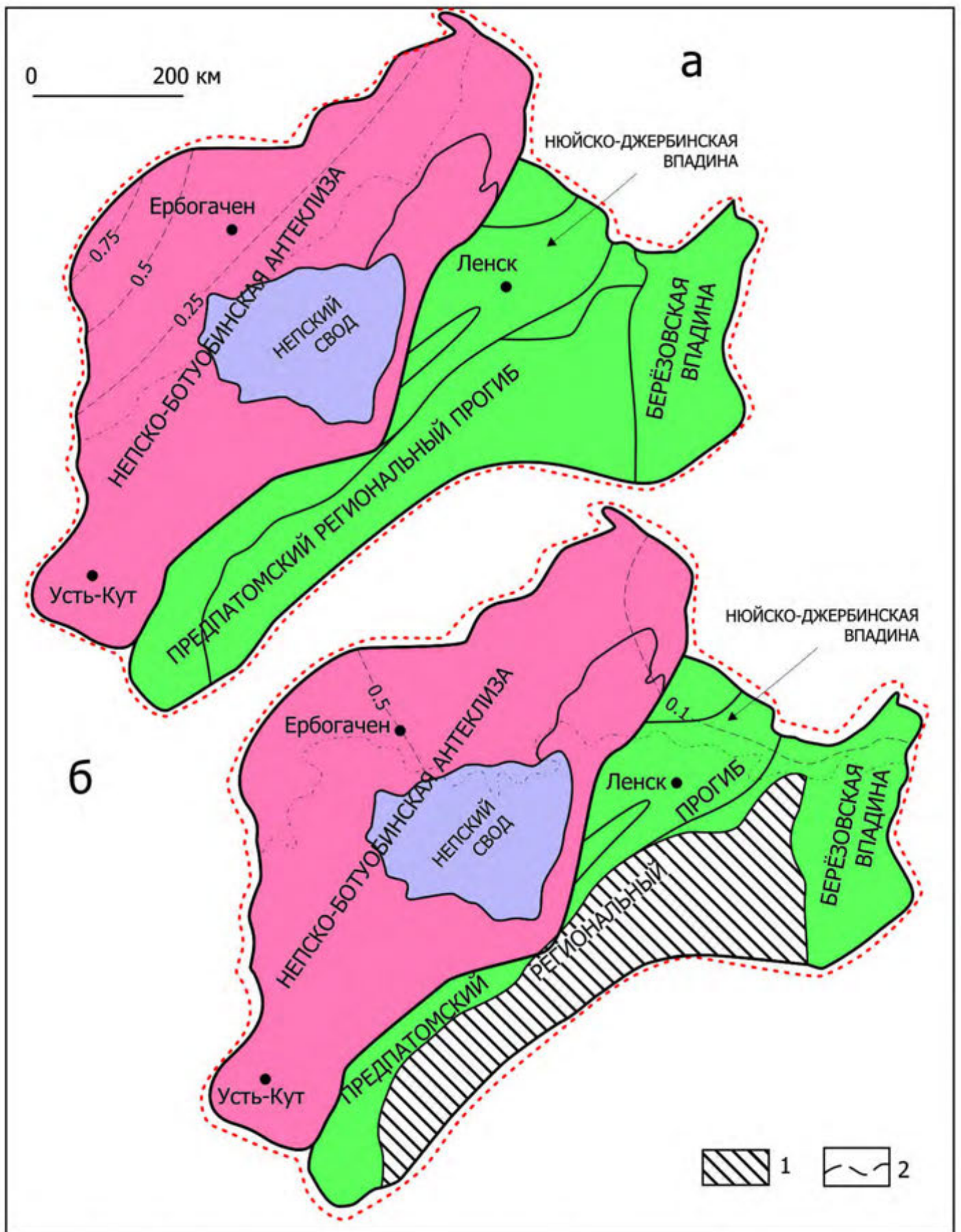
В юрско-меловой тектонический этап на сибирской платформе формируется Вилюйская синеклиза, Каннская впадина, депрессии Иркутского амфитеатра, которые компенсируются терригенными осадками позднего триаса – ранней юры. Одновременно происходит поднятие Байкало-Патомской складчатой области и инверсия Тунгусской синеклизы. Непско-Ботуобинская антеклиза занимает по отношению к ним более низкое гипсометрическое положение и становится областью аккумуляции отложений ранней юры. Формируется Ангаро-Вилюйский наложенный прогиб, который в конце вакунайского времени соединил Вилюйскую синеклизу с Черемховским и Канским бассейнами. Здесь накапливаются терригенные континентальные и морские осадки ранней юры. В начале средней юры происходит регрессия моря и территория прогиба вступает в континентальный этап развития.

Альпийский этап проявился в интенсивном поднятии Байкало-Патомской горной области и инверсии Тунгусской синеклизы на фоне которых воздымание Непско-Ботуобинской антеклизы и Ангаро-Ленского прогиба происходило значительно медленнее. Возобновляется сползание «надсолевых» частей осадочного чехла в сторону платформы. Отдельные сбросы преобразуются в сбросо-надвиги, особенно заметны на бортах Ангаро-Ленского прогиба. На отдельных участках последнего в плиоцене – раннем плейстоцене накапливаются терригенные осадки. В новейший тектонический этап происходит неравномерное поднятие рассматриваемой территории и инверсия некоторых отрицательных структур (рис. 1.11).

Непско-Ботуобинская антеклиза сформировалась в результате проявлений как конседиментационных деформаций, так и постседиментационных деформаций, причем последние играли большую роль. За счет их проявления образовались северо-восточное периклинальное окончание структуры, ее северо-западный склон, а также вершина – Непский свод, в пределах которого находится объект исследования.

#### **1.4. Нефтегазоносность**

Первый промышленный приток нефти в пределах Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области был получен на Марковской площади (юго-восточная часть нефтегазоносной области) из карбонатных отложений кембрийского возраста (осинского горизонта) в 1961 г. (Особенности ..., 1992). На сегодняшний день по 25 месторождениям доказана промышленная нефтегазоносность и учтены в Государственном балансе запасы нефти и газа по категориям  $C_1$  и  $C_2$ , при этом залежи углеводородов в осинском горизонте учтены в пределах Вакунайского, Верхнечонского, Южно-Талаканского, Талаканского, Северо-Талаканского, Игнялинского, Северо-Даниловского и Даниловского месторождений (рис. 1.12). Основными среди них являются Марковское, Ярактинское, Дулисьминское, Даниловское, Верхнечонское (рис. 1.13), Талаканское (рис. 1.14), Нижнехамакинское, Озёрное, Среднеботуобинское, Тас-Юряхское, Иреляхское, Верхневилочанское, Виллойско-Джербинское, Иктехское, Чайдинское, Аянское, Пеледуйское, Пилюдинское, Тымпучиканское, Алинское. Промышленные скопления нефти и газа выявлены



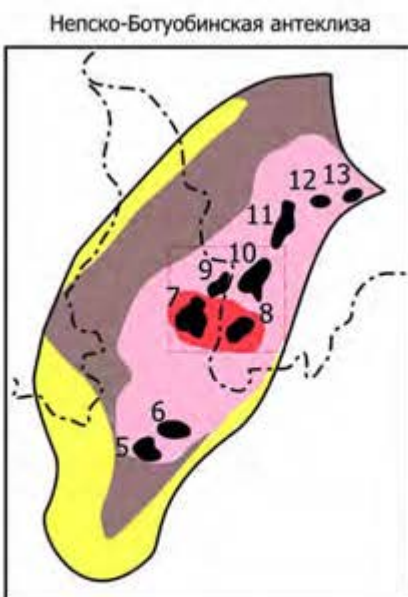
**Рисунок 1.11.** История геологического развития Предпатомского осадочного бассейна в позднепалеозойско-триасовый (а) и мезозойско-каинозойский (б) периоды (Нефтегазоносные ..., 1994):

Условные обозначения:

1 - зона шарьяжных перекрытий, 2 - граница отсутствия отложений.

Остальные усл. обозн. см. на рис.1.3., рис.1.7.

Общая стратиграфическая шкала	Горизонт	Регоциклит	Резервуар	Пласт	Непско-Ботуобинская антеклиз																							
					Мачобинское	Иреляхское	Нелбинское	Северо-Нелбинское	Мирнинское	Стахановское	Нелятинское	Бесюряхское	Тас-Юряхское	Среднеботуобинское	Ограднинское	Хото-Мурбайское	Чаяндинское	Талаканское	Таранское	Алинское	Тымпутичанское	Вакунайское	Верхнечонское	Даниловское	Пилюдинское	Дулисьминское	Аянское	Ярактинское
Кембрий	Усольский	Усольский (5 пачек)	<b>Усольский</b>	Б1																								
		Верхне-даниловский (3 пачки)	Верхне-даниловский	Б2																								
Венд, кембрий	Даниловский	Средне-даниловский (3 пачки)		Средне-даниловский	Б3																							
			Б4																									
Венд	Даниловский	Нижне-даниловский (3 пачки)	Нижне-даниловский	Б6																								
				Б7																								
				Б8																								
	Тирский	Тирский (13 пачек)	Тирский	Б9																								
				Б10																								
				Б11																								
Непский	Верхне-непский (10 пачек)	Верхне-непский	В8																									
			В9																									
Вилючанский	Вилючанский (4 пачки)	Вилючанский	В12																									
			В13																									
R AR-PR																												



Месторождения с извл. запасами > 30 млн.т.н.э.:

- 5 - Ярактинское НГК,
- 6 - Дулисьминское НГК,
- 7 - Верхнечонское НГК,
- 8 - Талаканское НГК,
- 9 - Вакунайское НГК,
- 10 - Чаяндинское НГК,
- 11 - Среднеботуобинское НГК,
- 12 - Тас-Юряхское НГК,
- 13 - Верхневилючанское НГ

Плотность начальных суммарных геологических ресурсов УВ сырья (тыс.т./кв.км.):

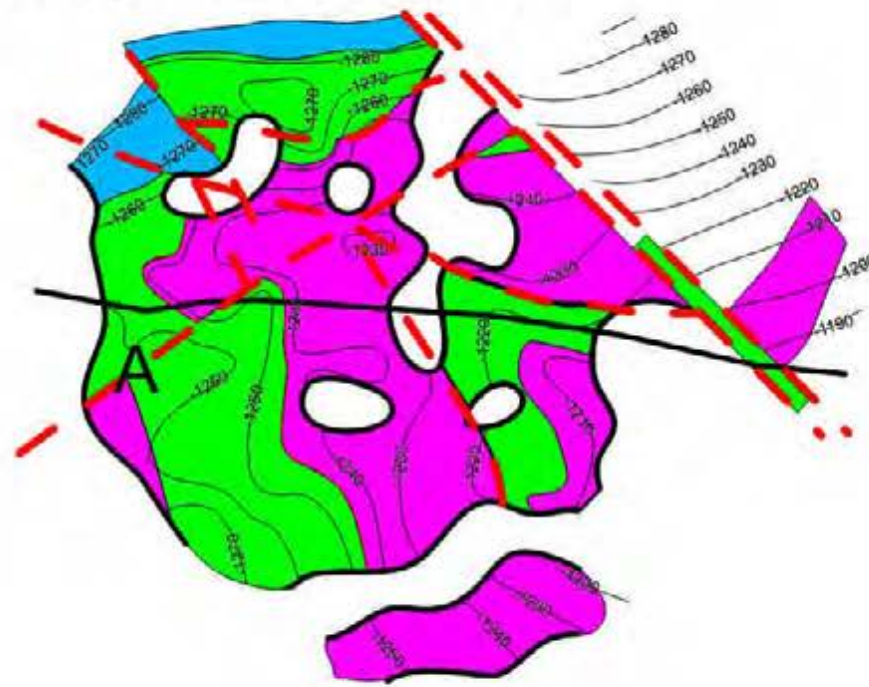
- 1) 10-300
- 2) 51-100
- 3) 31-50
- 4) <30

Залежи углеводородов:

- Газовые
- Нефтегазовые
- Нефтяные

**Рисунок 1.12.** Схема распределения залежей нефти и газа по разрезу на месторождениях центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская антеклиз) и перспектив нефтегазоносности (Белонин, Маргулис, 2006; Шемин, 2007).

Структурная карта по кровле пласта В10



Структурная карта по кровле пласта В13

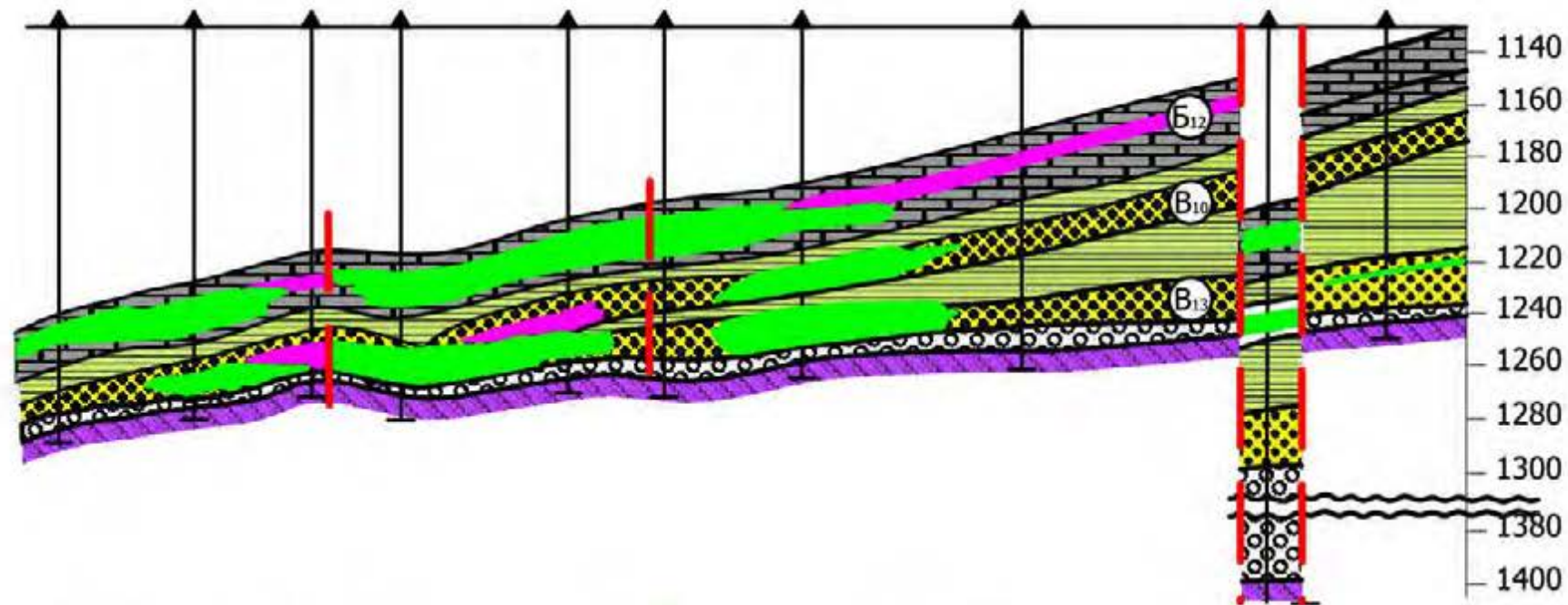
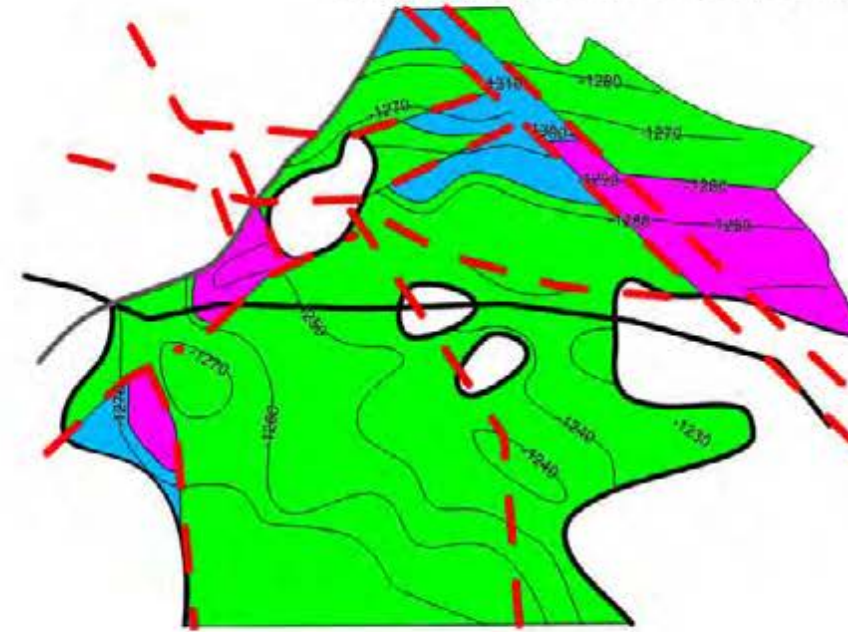
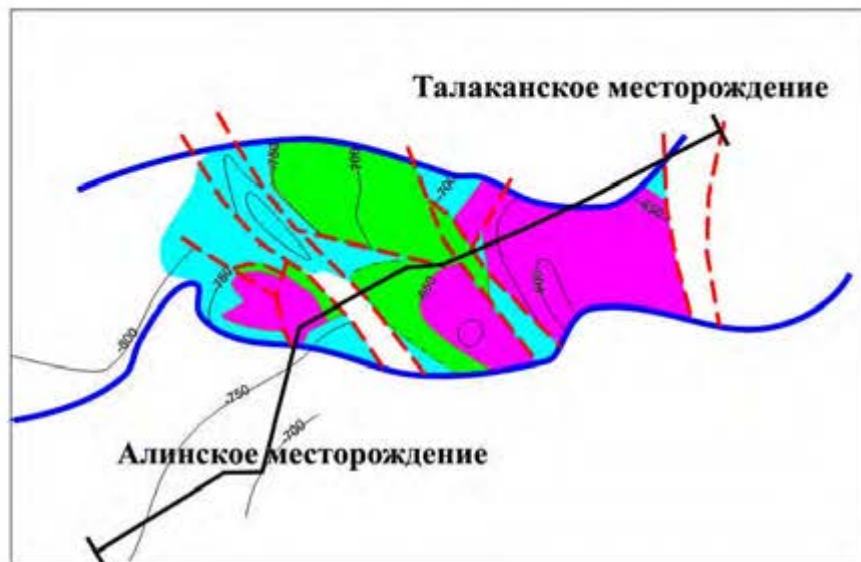
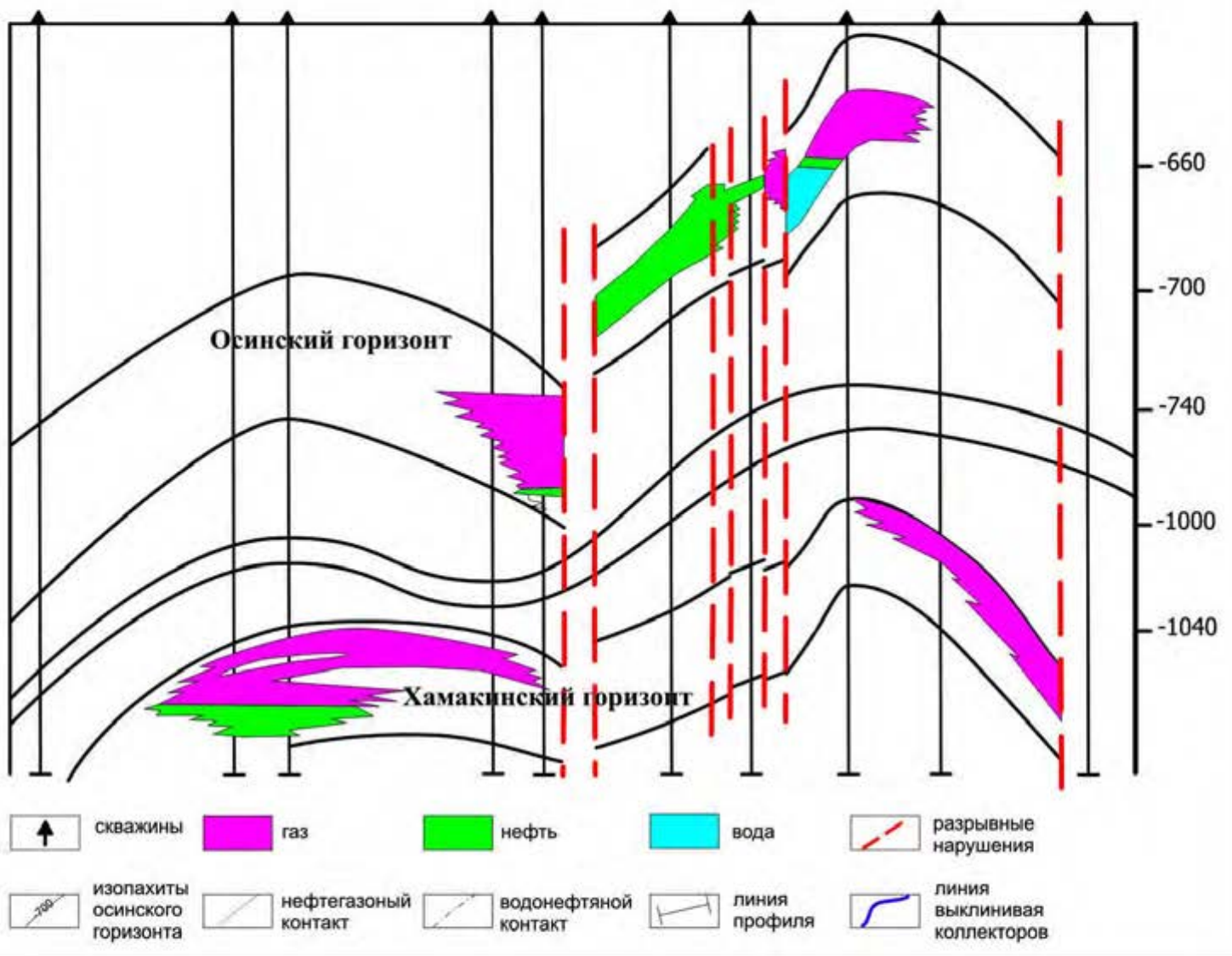


Рисунок 1.13. Верхнечонское месторождение, схематический геологический разрез и структурные схемы по кровле отложений непского горизонта (В10, В13, В12) (Сафронов и

**Б****А**

Алинское месторождение

Талаканское месторождение



**Рисунок 1.14. Талаканское месторождение, схематический геологический разрез (А) и структурная схема (Б) по кровле отложений осинского горизонта (Сафронов и др.,**



в широком стратиграфическом диапазоне осадочного чехла от подсолевого карбонатного комплекса венд-нижнекембрийских отложений (осинский горизонт, пласты О-I и О-II/Б1, юряхский горизонт, пласты Ю-I, Ю-II, Ю-III) до терригенной толщи венда (ботуобинский, харыстанский, улаханский, хамакинский, талахский, вилючанский горизонты).

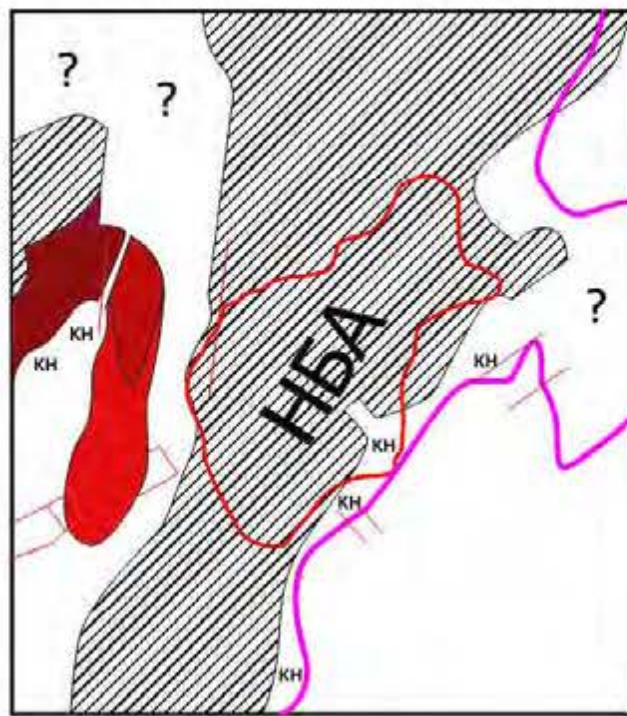
В пределах Непско-Ботуобинской антеклизы сосредоточено больше половины нефтеперспективных объектов всей Лено-Тунгуской нефтегазоносной провинции (Белонин, Маргулис, 2006). Извлекаемые перспективные ресурсы некоторых структур оценены более чем в 50 млн.т. нефти, при этом основная их часть прогнозируется в вендском и нижнекембрийском комплексах. Сравнение геологических начальных суммарных ресурсов с масштабами эмиграции углеводородов из материнских толщ, которые могли питать те или иные зоны нефтегазонакопления, показало, что начальные суммарные ресурсы жидких углеводородов (нефть+ конденсат) составляют 2-5%, а газа 2-8% от количества эмигрировавших углеводородов, жидких и газообразных соответственно (Фортунатова Н.К. и др., 2010). Данные результаты подтверждают огромные перспективы Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области в целом и объекта исследования в частности (рис. 1.15).

В разрезе осадочного чехла Непско-Ботуобинской антеклизы выделяют вендский, верхневендско-нижнекембрийский и кембрийский региональные макрорезервуары, составляющие вендско-кембрийский региональный мегарезервуар (Шемин, 2007).

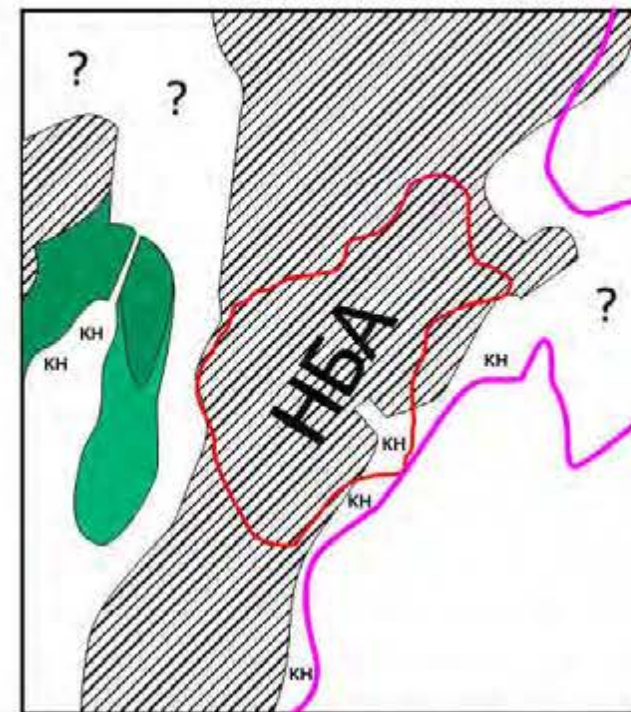
*Вендский региональный макрорезервуар* включает преимущественно терригенные отложения вилючанского, нижненепского, верхненепского и тирского горизонтов, а также нижнюю и среднюю часть даниловского горизонта. За исключением северо-восточной оконечности Непско-Ботуобинской антеклизы, он характеризуется повсеместным распространением. Толщина его изменяется от нескольких десятков до многих сотен метров. Залегает макрорезервуар на эрозионной поверхности фундамента или

AR-PR	R	V	V-Є	565	Є <sub>1</sub>	Є <sub>2-3</sub>	495	Pz*	Mz	Kz	шкала геол. времени	события нефтяной системы
											ЭЛЕМЕНТЫ	
											НЕФТЕМАТЕРИНСКИЕ	
											КОЛЛЕКТОРЫ (терр. и карб.)	
											ФЛЮИДОУПОРЫ (глины и соли)	
											ПЕРЕКРЫВАЮЩИЕ	
											ФОРМИРОВАНИЕ ЛОВУШЕК	
											ГЕНЕРАЦИЯ-МИГРАЦИЯ-АККУМУЛЯЦИЯ	
											СОХРАНЕНИЕ	
											КРИТИЧЕСКИЙ МОМЕНТ	

ГЕНЕРАЦИЯ ИЗ РИФЕЙСКИХ ОЧАГОВ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ (РАБОТАВШИХ В ВЕНДЕ - ПАЛЕОЗОЕ)

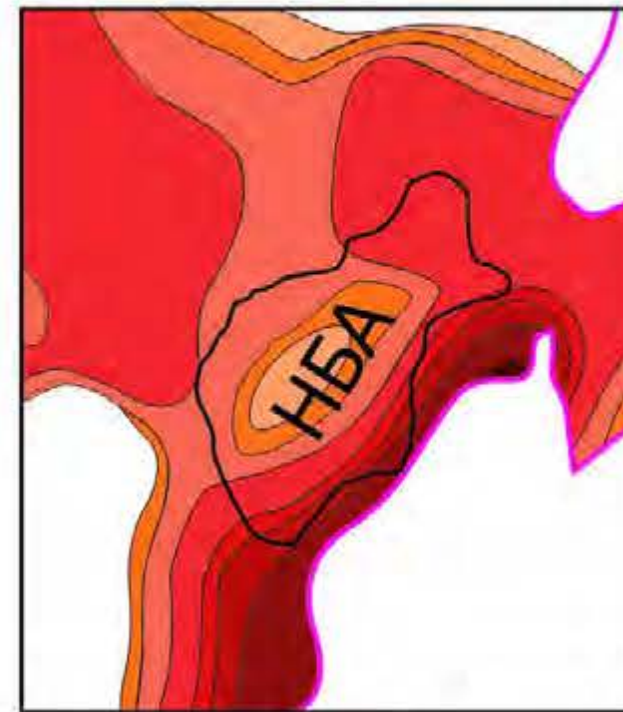


ЖИДКИХ УВ



ГАЗООБРАЗНЫХ УВ

ГЕНЕРАЦИЯ ИЗ ВЕНДСКИХ ОЧАГОВ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ (РАБОТАВШИХ В РАННЕМ ВЕНДЕ - ПАЛЕОЗОЕ)



ЖИДКИХ УВ



ГАЗООБРАЗНЫХ УВ



Области отсутствия отложений



Катагенетические несогласия (КН), отсутствие сведений о нефтегазонакоплении (?)



1

Изолинии плотностей эмиграции углеводородов (1 - жидкие, 2 - газообразные, млн.т./кв.км.) в границах очагов нефтегазообразования.



2

**Рисунок 1.15.** Характеристика элементов нефтяных систем центральных районов Сибирской платформы (по материалам Фортунатова и др., 2010 с изменениями).

терригенно-карбонатных образований рифея, а перекрывается вендскими карбонатными отложениями. Он обладает значительными ресурсами нефти и газа и является одним из основных объектов проведения нефтепоисковых работ и, кроме того, к нему приурочена большая часть выявленных на исследуемой территории залежей нефти и газа.

В строении вендского регионального макрорезервуара выделяются четыре резервуара: вилючанский, нижненепский, верхненепский и тирский, в которых доказана промышленная нефтегазоносность.

*Верхневендско-нижнекембрийский региональный макрорезервуар* сложен преимущественно галогенно-карбонатными отложениями нижнеданиловского, среднеданиловского, верхнеданиловского и усольского горизонтов, пользующихся повсеместным распространением. Толщина его изменяется от 550 до 700 м. Он подстилается породами вендского макрорезервуара, а перекрывается кембрийскими галогенно-карбонатными отложениями.

Верхневендско-нижнекембрийский макрорезервуар содержит значительные ресурсы углеводородов, однако освоение их сдерживается сложностью строения карбонатных пород-коллекторов, трудностями в подготовке объектов нефтепоисковых работ, а также недостаточно отлаженной технологией по вскрытию и испытанию карбонатных горизонтов. Тем не менее, в нем открыто более 10 залежей нефти и газа, в том числе ряд крупных по запасам (Талаканское, Верхнечонское, Среднеботуобинское месторождения).

В составе вендско-нижнекембрийского макрорезервуара выделяются четыре резервуара: нижнеданиловский, среднеданиловский, верхнеданиловский и усольский, причем второй резервуар весьма слабо изучен и относится к разряду возможно нефтегазоносных.

*Кембрийский региональный макрорезервуар* объединяет галогенно-карбонатные отложения нижнего кембрия (эльгянского, нижнетолбачанского, верхнетолбачанского, олекминского, чарского и наманского регоциклитов) и глинисто-карбонатные породы среднего и верхнего кембрия (верхоленской серии и ее возрастных аналогов). Он включает среднюю и почти всю верхнюю

части осадочного чехла (солевой и надсолевой комплексы). Толщина макрорезервуара изменяется от 800 до 1700 м. Перспективы нефтегазоносности его существенно меньше, чем подстилающих макрорезервуаров.

В составе кембрийского макрорезервуара выделяются три галогенно-карбонатных резервуара: толбачанский, олекминский и наманский. Они еще недостаточно изучены, промышленно значимые залежи в них не выявлены.

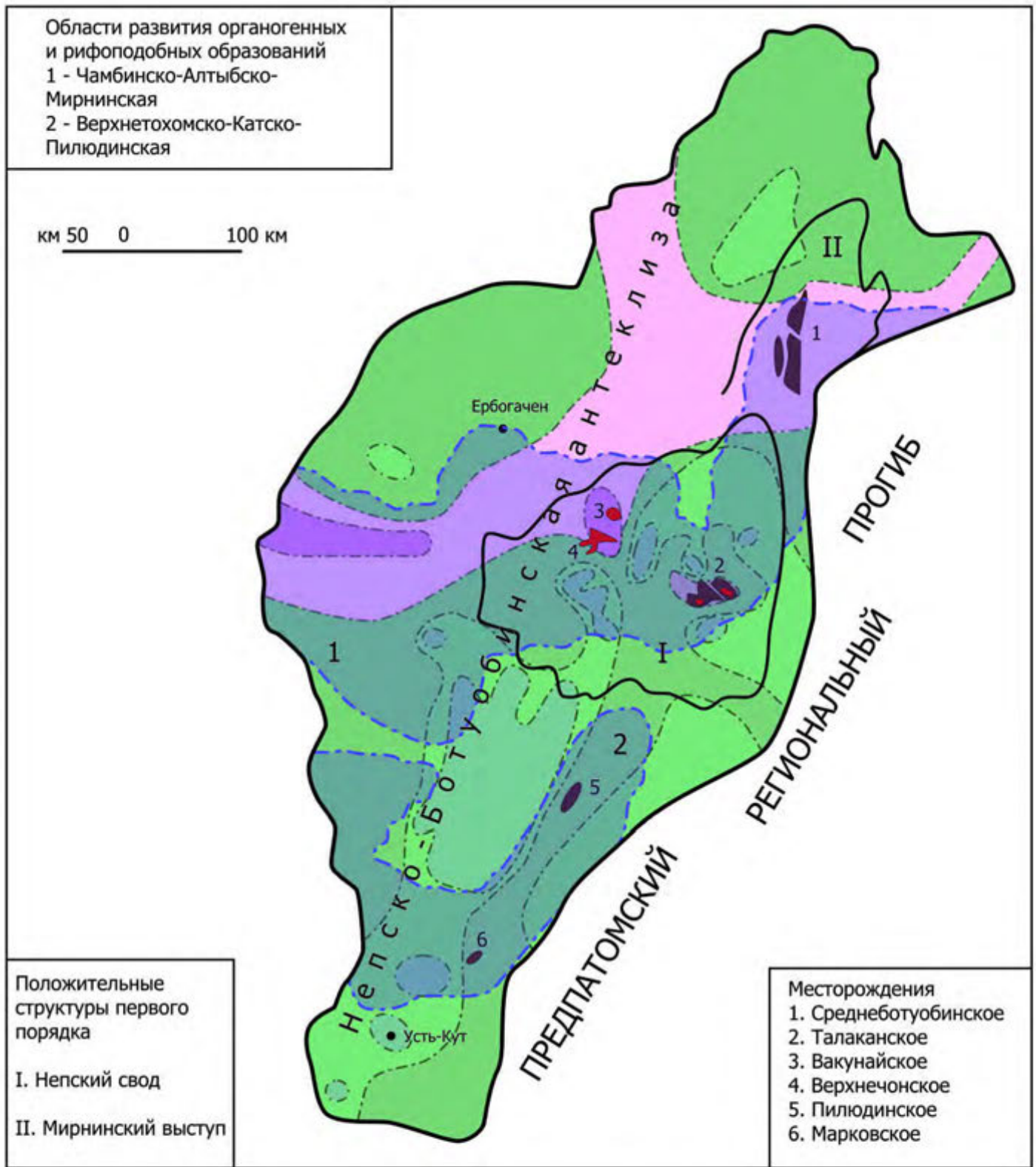
Рассмотрим более детально строение входящего в состав вендско-нижнекембрийского макрорезервуара усольского резервуара. Он включает отложения нижней части солевого комплекса и характеризуется повсеместным распространением (рис. 1.16). Подстилают его породы верхнеданиловского, а перекрывают - толбачанского резервуаров.

Резервуар представлен карбонатными и галогенно-карбонатными отложениями усольской, юрегинской и билирской свит. Толщина резервуара изменяется от 300 до 700 м.

Основные коллекторы в резервуаре, выделяемые как пласты Б1 или О-I, обычно приурочены к карбонатным отложениям осинского горизонта. В северо-восточных частях Непско-Ботуобинской антеклизы и Предпатомского регионального прогиба стратиграфический объем горизонта несколько увеличен за счет примыкания к нему карбонатного аналога подосинской пачки (пласт Б2 или О-II), что обеспечивает достаточно резкие изменения толщин: от 10 до 100 м и более.

Большинство разрезов осинского горизонта почти нацело сложены различными известняками: водорослевыми, лито- и биокластовыми, оолито-онколитовыми, микрокристаллическими, и развитыми по ним вторичными доломитами с реликтами водорослей и микрофитолитов, известковых, послойно глинистых (0-5 %), сульфатизированных (0-20 %), галитизированных (0-25 %), слабо битуминозных (0-5 %), локально кремненных (до 16 %).

По литологическим особенностям строения осинского горизонта территория Непско-Ботуобинской антеклизы подразделяется на пять зон (Шемин, 2007). Первая из них расположена в северо-восточной части



**Рисунок 1.16.** Карта прогноза усольского резервуара центральных районов Сибирской платформы (Шемин, 2007).

Условные обозначения:

Контуры пликативных структур



надпорядковых положительных структур первого порядка



Границы



зона развития рифоподобных образований

Месторождения нефти и газа



нефтяные



газонефтяные



газовые, газоконденсатные

Качество проницаемых горизонтов резервуаров и резервуаров в целом:



высокое



весьма низкое



среднее



пониженное



низкое

структуры. Здесь доминируют доломиты микро- и тонкозернистые, изредка глинистые с прослоями известняков и водорослевых доломитов.

Вторая и третья зоны соответствуют Чамбинско-Алтыбско-Мирнинскому и Верхнетохомско-Катско-Пилюдинскому участкам, где получили развитие рифоподобные органогенные постройки.

Четвертая зона расположена в юго-западной части антеклизы, между второй и третьей зонами. Она соответствует территории распространения аномально низких значений толщин осинского горизонта и в ее разрезе преобладают доломиты.

В пятой зоне, охватывающей южную часть антеклизы, также преобладают доломиты, однако здесь несколько возрастает роль известняков с микрофитолитовыми и водорослевыми остатками.

В предполагаемых зонах распространения рифоподобных органогенных построек этой структуры осинский горизонт, по предварительным данным, сложен преимущественно водорослевыми известняками.

Породы осинского горизонта испытали в диагенезе и катагенезе интенсивную перекристаллизацию, неоднородную доломитизацию, выщелачивание, трещинообразование, засоление, локальную сульфатизацию и окремнение. В целом вторичные процессы наиболее интенсивно проявились в органогенных и органогенно-обломочных породах. Наиболее существенное положительное влияние на формирование коллекторов осинского горизонта оказали процессы выщелачивания, доломитизации и трещинообразования. Ухудшение качества коллекторов обусловлено в основном засолением, в меньшей мере - сульфатизацией.

Породы осинского горизонта характеризуются развитием различных типов коллекторов: каверново-поровых, поровых, трещинно-каверново-поровых.

Коллекторы осинского горизонта распространены почти на всей территории исследуемых районов. Зоны их отсутствия встречаются в юго-

западной части Непско-Ботуобинской антеклизы и связано это с негативным влиянием траптовых интрузий на коллекторские свойства пород.

Наибольшие толщины пород-коллекторов осинского горизонта (10-40 м) прогнозируются в трех региональных зонах, в которых его разрез сложен преимущественно органогенными разностями пород (Шемин, 2007). Одна из них, в которой выявлены наибольшие ее значения, территориально совпадает с площадью распространения Чамбинско-Алтыбско-Мирнинской зоны рифоподобных и органогенных построек. На ее площади наибольшие толщины пород-коллекторов наиболее широко развиты в четырех достаточно обширных участках: Ванаварско-Имбинском, Желиндуконско-Алтыбском, Чонско-Вакунайском и Среднеботуобинско-Нюйском. Вторая зона повышенных толщин коллекторов осинского горизонта (7-10 м) выделена в контурах Верхнетохомско-Катско-Пилюдинской области. И третья зона повышенных толщин коллекторов горизонта (10-20 м) охватывает слабо изученную северную часть Байкитской антеклизы, Вельминско-Муторайскую область распространения рифоподобных и органогенных построек.

Фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов осинского горизонта изменяются в широких пределах. Открытая пористость коллекторов варьирует от 7-8 до 25 %. Наиболее часто ее значения изменяются от 9 до 13 %. Максимальные показатели пористости (10-20%) прогнозируются в северо-восточной и центральной частях Непско-Ботуобинской антеклизы, а наименьшие (7-10 %) - в ее юго-западном окончании. На других участках исследуемой территории предполагаются как средние, так и низкие показатели пористости коллекторов (Шемин, 2007).

Проницаемость коллекторов осинского горизонта изменяется в широких пределах (от нескольких единиц до нескольких сотен  $\text{мкм}^2$ ). Обычно же она составляет (3-20)  $10^{-3}$   $\text{мкм}^2$ . Наиболее часто ее высокие показатели отмечаются на участках с наибольшими значениями толщин коллекторов и их пористости.

Качество проницаемого горизонта резервуара и резервуара в целом идентично, поскольку его галогенно-карбонатный экран, представленный

юрегинской свитой и верхнеусольской подсвитой, на всей территории исследуемых районов обладает весьма высокой степенью качества. С учетом этого обстоятельства качество проницаемого горизонта резервуара и резервуара в целом представляется следующим образом (рис. 1.16).

Наиболее высокое качество резервуара прогнозируется в вышеописанной зоне распространения рифоподобных и органогенных построек - Чамбинско-Алтыбско-Мирнинской, выявлены наибольшие толщины коллекторов и улучшенные их фильтрационные свойства (Шемин, 2007).



## **Глава 2. Методика изучения карбонатных толщ нижнего кембрия Непского свода**

### **2.1. Теоретические основы седиментационно-емкостного моделирования карбонатных толщ**

Седиментационное моделирование представляет собой одну из ветвей историко-геологических исследований, опирающуюся на комплексное использование фациального и циклического анализов (Жемчугова, 2002). При определении новых направлений поисковых работ, разведке, подсчёте запасов и эксплуатации месторождений нельзя обойтись без седиментационно-емкостной модели резервуара. Седиментационно-емкостные модели описывают в количественном выражении законы формирования внутренней структуры осадочных тел различных иерархических уровней: пород - пластов - пачек - формаций, а также зависимости петрофизических свойств, формы и скорости образования объектов от их внутренней структуры. Теоретической основой седиментационно-емкостного моделирования является система генетической организации структуры карбонатных тел различных иерархических уровней, формирующейся в результате взаимодействия во времени процессов концентрации и дифференциации вещества (Фортунова, 2000).

Карбонатные осадки имеют преимущественно органическое происхождение и являются в основном местными, т.е. существенно автохтонными образованиями, сформированными внутри бассейна, а не принесенными извне реками или потоками. Хотя и существуют карбонатные пески или алевриты, они достаточно редки из-за большой растворимости  $\text{CaCO}_3$  в пресной воде, в особенности если последняя содержит растворенный углекислый газ.

Главной особенностью карбонатного накопления является преобладание биогенного извлечения  $\text{CaCO}_3$  из морской воды. Количество кальция в морской воде регулируется привносом растворимых солей речными стоками,

содержанием  $\text{CO}_2$  в атмосфере и в океане, температурой воды и жизнедеятельностью организмов, выделяющих  $\text{CaCO}_3$  в твёрдую фазу.

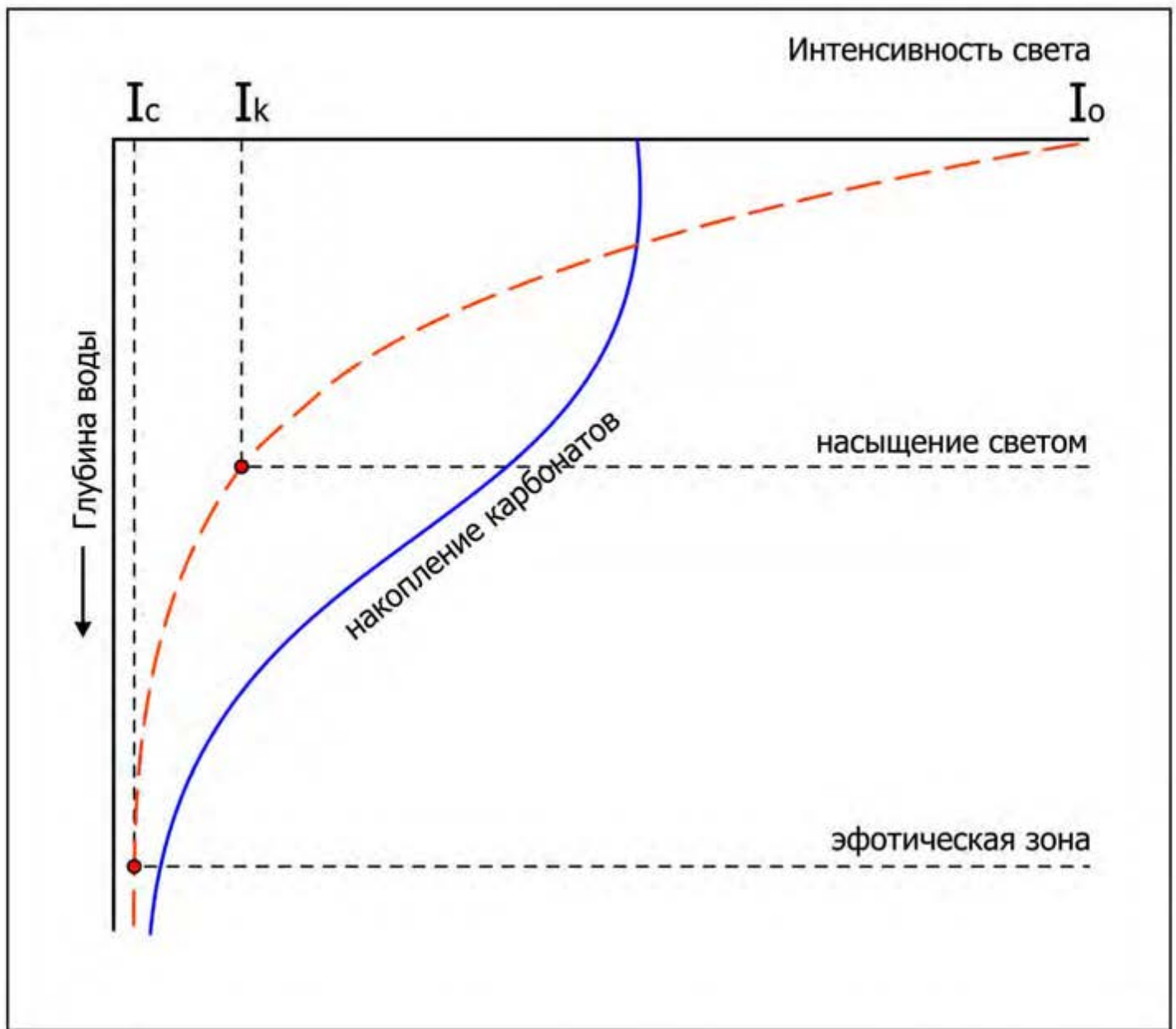
Образование карбонатного материала представляет собой процесс, на который влияют многие внешние факторы: прозрачность и солёность воды, насыщение ее кислородом, циркуляция (Wilson, 1975). Скорость образования карбонатов зависит, кроме того, от интенсивности света (рис. 2.1.), которая экспоненциально уменьшается с глубиной (Schlager, 1992).

Помимо этого на распределение карбонатного осадка, его накопление, разрушение, перемещение действуют волны, приливно-отливные и штормовые течения, тип субстрата, синседиментационная цементация.

Оптимальная зона накопления карбонатов – уровень моря с глубиной до 10-20 метров. В западной литературе она образно называется сублиторальной «фабрикой» карбонатов (Kendall, 1981, Schlager, 1981). Поскольку условия накопления карбонатов базируются на продуктивности осадочной системы (т.е. привязаны к определённой глубине), то они сохраняют тенденцию распределяться равномерно вдоль береговой линии (по простиранию), в отличие от точечных источников, как это имеет место в терригенных осадочных системах - в дельтах и конусах выноса.

К.И. Багринцева выделяет следующие факторы, обуславливающие накопление карбонатных осадков (Багринцева, 1999):

- обилие животного и растительного бентоса, поставляющего карбонатный материал;
- отсутствие привноса песчано-алевритового и кремнистого материала, наличие которого вызывает помутнение вод, уменьшение светопрозрачности и способствует разрушению известковистых частиц;
- длительное прогибание бассейна, обеспечивающее аккумуляцию мощных карбонатных осадков при одновременном сохранении мелководных условий;
- наличие соответствующей температуры и солёности вод, благоприятных для развития бентоса;



**Рисунок 2.1.** Зависимость скорости накопления карбонатов от интенсивности света при увеличении глубины воды (Schlager, 1992).

Условные обозначения:

$I_c$  - интенсивность света, предельная для эфотической зоны;

$I_k$  - интенсивность света, при максимальной скорости накопления карбонатов, насыщение светом;

$I_0$  - интенсивность света на поверхности воды.

$I_k$  - глубина воды 10-20 метров;

$I_c$  - глубина воды эфотической зоны, 80 метров.

- геоструктурное положение бассейна, или рельеф дна;
- гидродинамика волн.

Автохтонность происхождения большей части карбонатных осадков представляет большой интерес с точки зрения восстановления обстановки осадконакопления, что повышает заинтересованность геологов в определении типов отложений. На сегодняшний день разработано достаточно классификаций карбонатных пород, как отечественными авторами – С.Г. Вишнякова (1933), М.С.Швецова (1958), Г.И.Теодоровича (1958), В.Г.Кузнецова (1992), Иванова и др. (1998), так и зарубежными исследователями – А.Грэбо (1920), Р.Л.Фолка (1959), Р.Дж.Данема (1960), Г.Д.Биссела, Д.В.Чилингара (1970), А.Имбри, У.Клована (1971).

Условно все классификации можно разделить на три основных класса:

- вещественные;
- структурно-генетические;
- структурные (динамические).

Вещественные классификации разработаны на основе соотношения в породе кальцита, доломита и терригенной составляющей. Наиболее полной классификацией пород ряда известняк-доломит и известняк-доломит-глина является классификация С.Г. *Вишнякова (1933)*.

В структурно-генетических классификациях карбонатных пород авторы выделяют следующие генетические типы известняков: органогенные, хемогенные, биохемогенные и обломочные (Е.М. Страхов, Г.И. Теодорович, И.В. Хворова, М.С. Швецов).

Применение структурных классификаций предпочтительно при исследованиях карбонатных коллекторов, содержащих залежи углеводородов, в связи с тем, что использование данной классификации отложений позволяет прогнозировать фильтрационно-емкостные свойства известняков и доломитов на стадии выделения их типов.

Наиболее известной и востребованной классификацией такого плана является классификация Р. Дж. Данема, основанная на количественных

соотношениях первичных структурных компонентов пород. Различное соотношение илового и зернистого компонентов свидетельствует о неодинаковой гидродинамической активности среды осадконакопления. Познание и восстановление условий накопления осадка даёт право обосновывать распространение различных по емкости коллекторов.

А.Эмбри и У.Клован дополнили классификацию Р.Дж.Данема, добавив в характеристику типа породы еще один признак - размер зерен. Скелетная структура из песчаных обломков с небольшим количеством основной массы или вообще без нее, получила название «рудстоун». Известковые гальки, «плавающие» в основной тонкозернистой массе - заполнителе (размер зерен псаммитовый или пелитовый), были названы флаутстоуном. Кроме того, каркасные известняки (баундстоуны) были разделены по форме каркасостроителей они выделили бафл-, байнд- и фреймстоуны (рис. 2.2).

Р.Л.Фолк классифицирует известняки, выделяя структурные типы по следующим принципам: идентифицирует микритовый и спаритовый цемент, а так же интракластовый, оолитовый, биоморфный и пеллетовый типы форменных компонентов.

Все современные классификации включают примерно одни и те же основные типы зерен (рис. 2.3).

Биокласты - обломки панцирей, раковин или скелетов.

Литокласты - обломки ранее существовавших карбонатных пород.

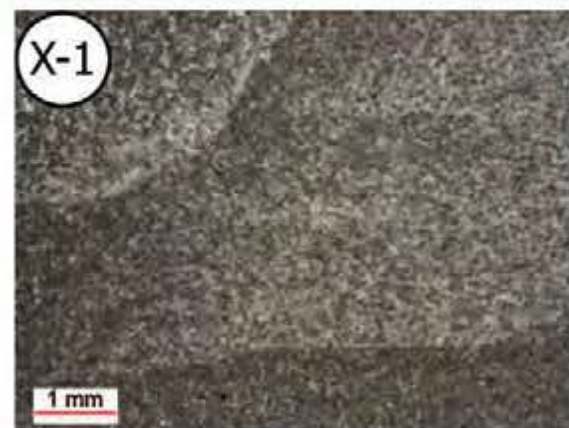
Пелоиды – полигенные образования, ими могут быть фекальные зерна (пеллеты) и округлые комки другого происхождения.

Ооиды - сферические частицы с многочисленными оболочками. Оолитоподобные частицы (поверхностные ооиды), в которых имеется всего одна - две оболочки, сохраняющие форму первоначального зерна, распространены наиболее широко.

Первичные компоненты не были скреплены во время отложения						Первичные компоненты были скреплены во время отложения		
Менее 10% компонентов >2 мм			Более 10% компонентов >2 мм			Первичные компоненты улавливались и осаждались между стеблевыми организмами	Первичные компоненты осадка покрыты, инкрустированы и тем самым связаны пластиночными и таблитчатыми организмами	Остатки организмов образуют опорный каркас промежутки которого могут заполняться материалом другой структуры
Порода содержит ил		Порода не содержит ила и состоит из опирающихся друг на друга зерен	Опорой служит основная масса	Опорой служат зерна (>2 мм)				
Опорой породы является ил								
Зерен менее 10%	Зерен более 10%							
Мадстоун	Вакстоун	Пакстоун	Грейнстоун	Флаутстоун	Рудстоун	Бафлстоун	Байндстоун	Фреймстоун

**Рисунок 2.2.** Классификация карбонатных пород по первично-осадочным структурам (по Р. Данему, 1962; А. Эмбри, Дж. Кловену)

Мадстоун, осинский горизонт



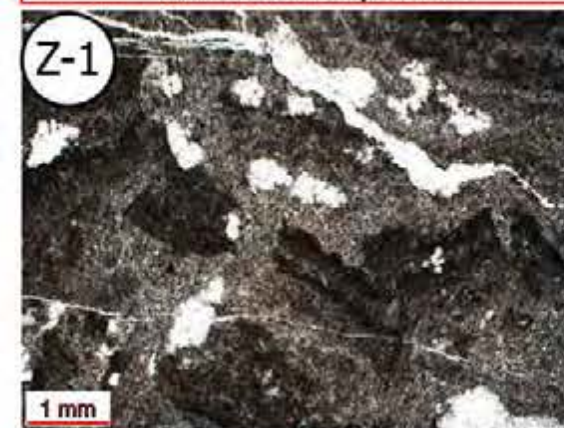
Баундстоун, осинский горизонт



Оолитовый грейнстоун, осинский горизонт



Интракластовый вакстоун, осинский горизонт



Мадстоун, осинский горизонт



Рисунок 2.3. Модель карбонатного осадконакопления (Жемчугова, 2002 по Селли) с дополнением.

Онкоиды - зерна, имеющие оболочки, образованные водорослями, обычно более 2 мм в диаметре.

Агрегированные комки и их частный случай – грейпстоуны (grapestones) – представляют собой слипшиеся комки пелоидов или ооидов в виде гроздьевидных скоплений; они также могут иметь оболочки.

Интракласты - крупные частицы, образовавшиеся при растрескивании в результате высыхания или при разрыхлении ходами животных свежееотложенного карбонатного осадка. Определяющим для интракластов является единство состава обломков и цементирующей массы и отсутствие окатанности обломков.

Помимо зерен, во всех классификациях выделяются каркасные (биогермные) образования. Термин Р.Л.Фолк биолитит (biolithite) в основном эквивалентен термину Р.Дж.Данема баундстоун (boundstone). Предлагается три диагностических признака первичного скрепления: ясная органогенная конструкция скелета породы, строматолитовая слоистость, не подчиняющаяся силе тяжести, и присутствие выстланных осадком полостей - строматотаксов, для которых вероятно органогенное образование.

Как уже отмечалось, А.Эмбри и У.Клован подразделяют все разновидности каркасных известняков по форме колоний на бафлстоун, байндстоун и фреймстоун (см. рис. 2.2). Бафлстоун (bafflstone) - осадок с многочисленными органическими остатками стеблевидной (дендритовой) формы. Эти остатки рассматриваются как сетка (baffle) для накопления тонкозернистой илистой массы; последняя по объему значительна; обычно сортировка плохая. Байндстоун (bindstone) - таблитчатые или пластинчатые органические остатки скрепляют (bind) и окаймляют большие объемы основной массы. Собственная скелетная ткань не развивается. Фрэймстоун (framestone)-массивные окаменелости образуют «in situ» жесткую постройку, полости которой остаются пустыми или заполняются матриксом и цементом (Кузнецов, 2007).



В отличие от терригенных осадков, карбонаты имеют потенциал образовывать жёсткие, волноустойчивые структуры со значительным рельефом и крутыми склонами. Это обусловлено как способностью организмов к образованию растущих построек, так и ранней цементацией. При контакте с атмосферной водой, метастабильные карбонатные минералы (арагонит и высокомагнезиальный кальцит) растворяются или переходят в низкомагнезиальный кальцит. Растворенный карбонат переотлагается в виде цемента, что приводит к ранней литификации приповерхностных частей карбонатных тел, что уменьшает подверженность карбонатных осадков к разрушению во время выхода их на поверхность.

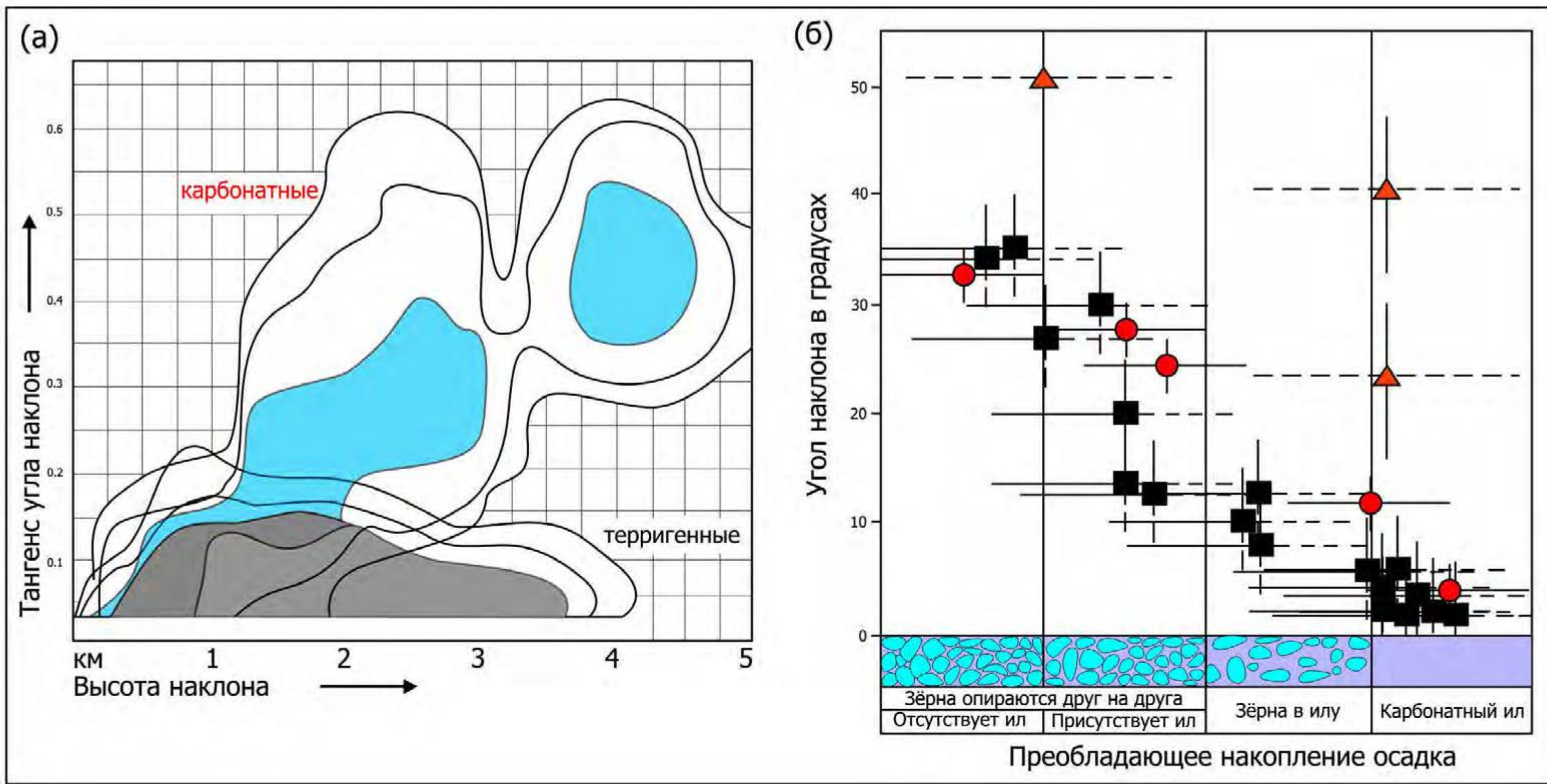
Способность карбонатов строить скелет и ранняя их цементация приводит к формированию топографически выраженных тел, устойчивых к волновой деятельности. Особенно устойчивы к волнам рифовые барьеры с крутыми окраинными склонами (рис. 2.4).

Органогенные постройки подразделяют на следующие классы (Ежова, 2009):

1. Пластообразные органогенные постройки или биостромы, которые образуются как самостоятельные тела, так и входят в состав сложных органогенных сооружений. Мощность их составляет обычно доли метра, реже первые метры; площадь распространения может достигать многие километры.

2. Биогермы, которые представляют собой простые тела, форма их близка к изометрической, а в составе преобладают неперемещенные скелетные остатки каркасообразующих организмов. В этом случае размеры построек колеблются обычно от 1 до 10 м.

3. Биостромные массивы, которые сложены преимущественно отдельными биостромами, налегающими друг на друга или разделенными слоями осадочных пород. Площадь, занятая биостромными массивами, значительна: это полосы вдоль тектонических уступов, иногда неправильной формы поля, отвечающие палеоподнятиям или оконтуривающие их.



**Рисунок 2.4.**

(а) Соотношение угла наклона и высоты платформы в карбонатных и терригенных отложениях (Schlager, Camber, 1986).

(б) Угол наклона платформы и преобладающее накопление осадка в карбонатных отложениях (Kenter, 1990).

Условные обозначения (б):

- хорошо задокументированные примеры
- недостаточно точно
- ▲ границы стабилизированные органической седиментацией

4. Биогермные массивы, которые представляют собой сложные постройки, состоящие из нарастающих один на другой биогермов или биостромов и сопутствующих, преимущественно органогенно детритовых пород, образующихся за счет разрушения биогермообразователей.

5. Рифовые массивы являются наиболее сложнопостроенными органогенными сооружениями, в отличие от других типов построек, рифы всегда значительно возвышаются над окружающими донными осадками и характеризуются быстрым ростом. Размеры рифовых тел колеблются от мелких построек до громадных рифовых массивов, протяженность которых измеряется сотнями метров и более.

Существует много определений термина «риф».

«Живущий риф представляет собой обособленный и чётко выраженный биогеоценоз, то есть взаимообусловленный комплекс живых организмов и минеральных, в том числе и органогенных образований. Ископаемый риф как геологическое тело является уже суммой определённых палеобиоценозов (Кузнецов, 1978).

«Современный риф – морская донная эвфотическая экосистема, сбалансированная литодинамически и трофодинамически; для неё обязательной является способность к автотрофному производству биомассы карбонатфиксации» (Преображенский, 1986).

Под термином «ископаемый риф» понимается наиболее сложная органогенная постройка, представляет собой пространственно обособленное тело, состоящее из собственно биогермной частей и заключённых в них сопутствующих отложений, и включающего совокупность характерных рифовых фаций – отложений лагуны, рифового шлейфа, рифового гребня, рифового плато (Современные ..., 1990).

Наличие рифовой системы во многом определяется топографией дна морского бассейна и наличием морфологически выраженного уступа. Необходимость такого уступа определяется несколькими причинами (Уилсон, 1989): биологическими, геоморфологическими и океанологическими. Под

биологической причиной понимается то, что глубоководные впадины являются основным поставщиком веществ (азот, фосфор и органическое вещество), необходимых для синтезирования автотрофами продуктов питания для гетеротрофов. Геоморфологический уступ необходим для беспрепятственного сбрасывания обломком разрушения штормов во впадину без нарушения роста рифового массива. Океанологическая причина необходимости уступа выражена в контроле нормального распределения теплых и холодных течений в океане.

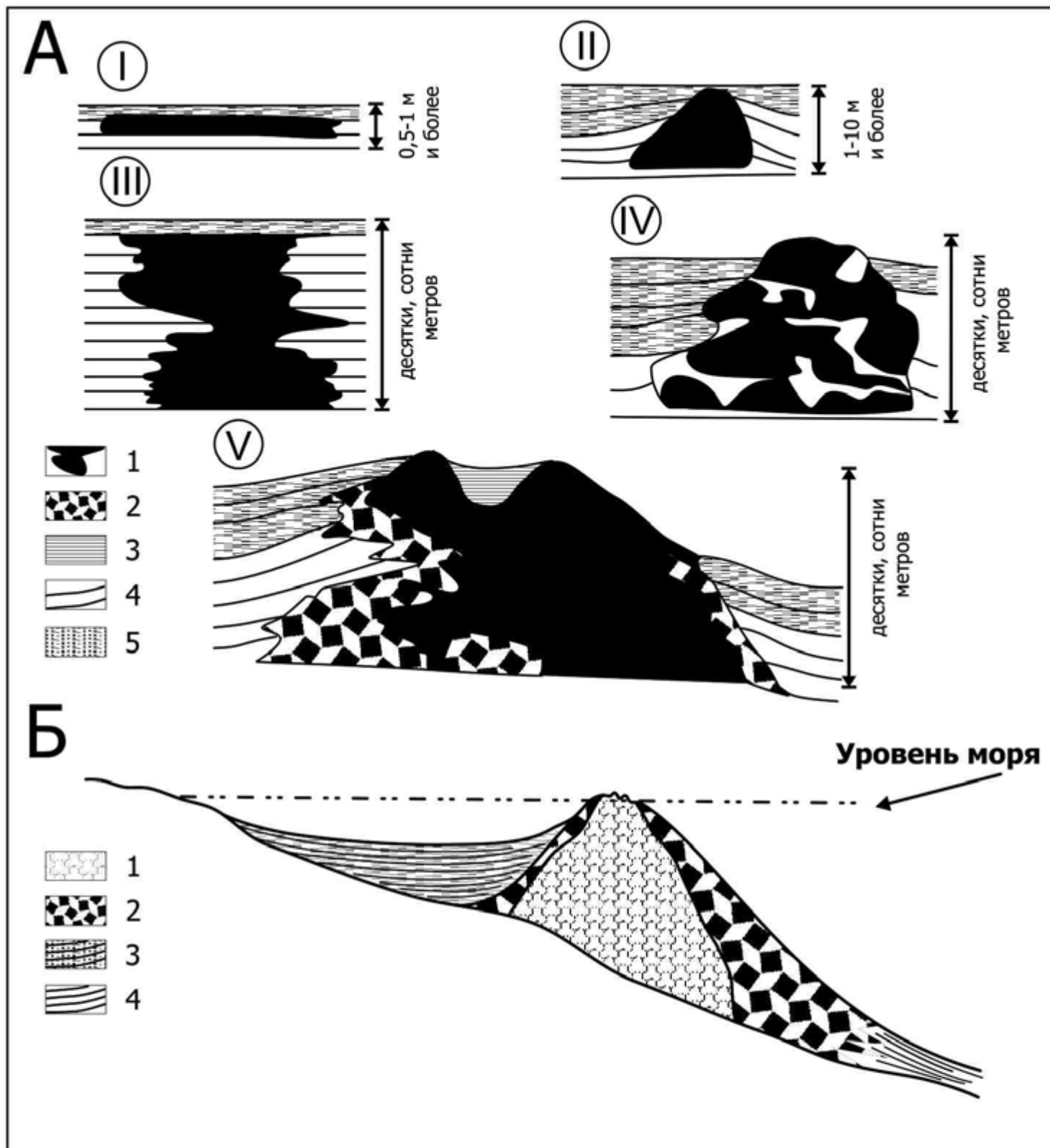
Н. Джеймс и П.-А. Борк (James, Bourque, 1992) относят к рифам структуры, построенные крупными (в среднем больше 5 см) колониями обычно вегетативно размножающихся организмов, способными развиваться в обстановках, характеризующихся большой энергией водной среды. Им противопоставляются карбонатные холмы, которые построены меньшими, хрупкими и (или) одиночными элементами в спокойных обстановках (Жемчугова, 2014).

В органогенных рифах выделяются три основные части (Крашенинников, 1971): остов рифа, его склон, обращенный к открытому морю, внутренняя лагуна, а также к рифовому комплексу иногда примыкает глубоководная область (рис. 2.5).

Современный риф состоит из нескольких элементов: передовой части рифа с обломочным шлейфом, фронта рифа на внешнем склоне, склона с водорослевым гребнем (волноломом) в верхней части, рифового плато с островами, лагуны (рис. 2. 6). В структуре рифовой постройки морфологически наиболее выражены обычно его фронтальная часть и особенно водорослевый волнолом (Жемчугова, 2014).

Седиментационные зоны в пределах рифа можно определить следующим образом (Багринцева, 1999):

1. предрифовое пространство (обломочный материал - продукты разрушения рифа волнами);
2. пространство рифового гребня – собственно рифовой постройки (активная органическая жизнь – развитие биогермных известняков);



**Рисунок 2.5.**

**А.** Типы органогенных построек, по Н.Н. Предтеченскому из (Ежова, 2009):

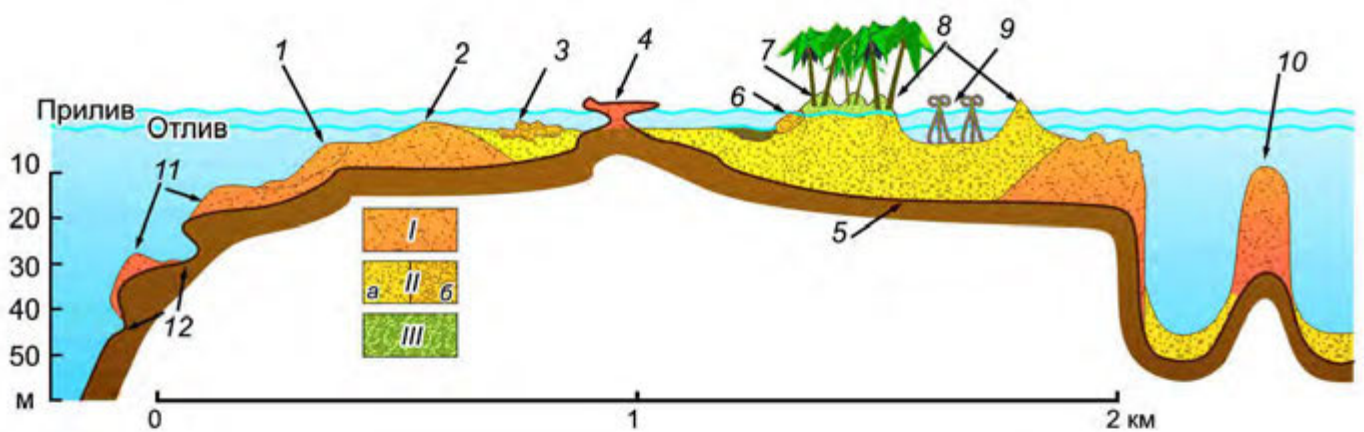
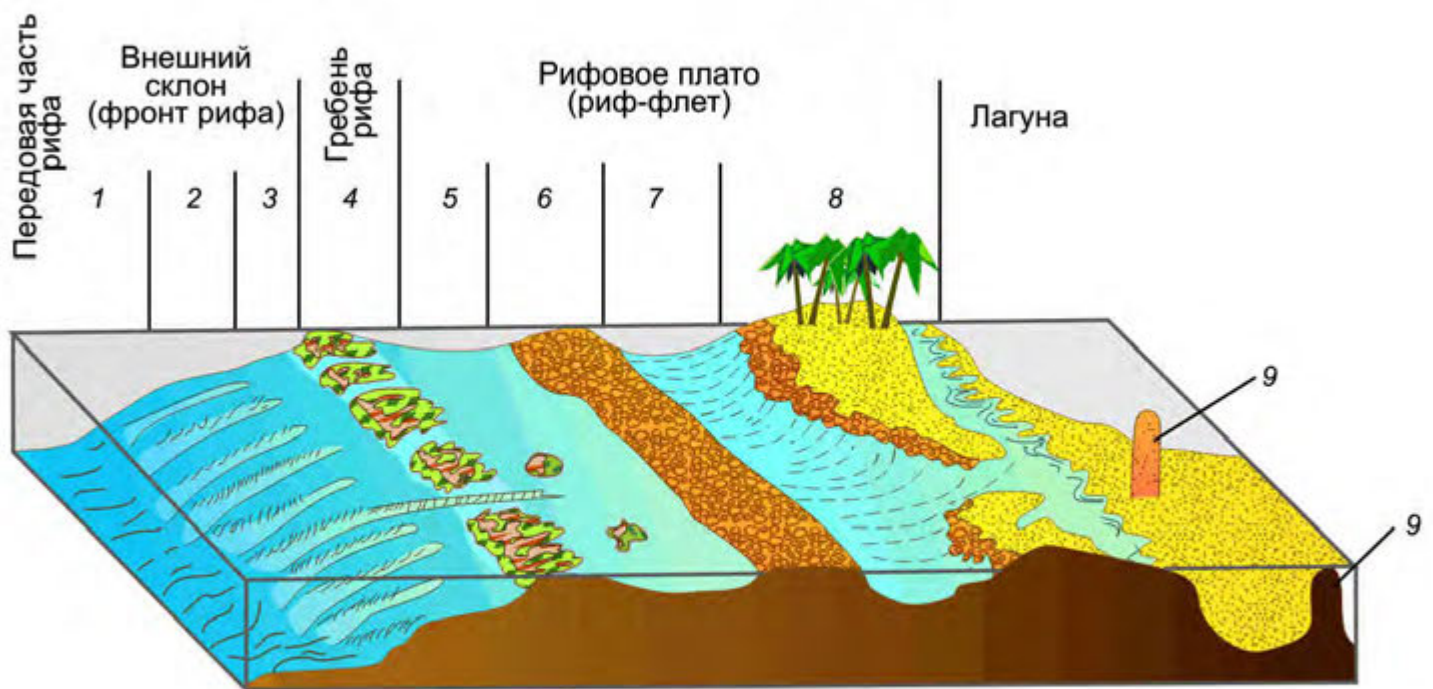
I, II – простые постройки (I – биостром, II – биогерм);

III – V – сложные органогенные массивы (III – биостромный, IV – биогермный; V –

рифовый); 1 – биогермные известняки; 2 – органогенно-обломочные известняки – отложения шлейфов; 3 – отложения лагуны; 4 – отложения, одновозрастные с органогенной постройкой; 5 – более молодые отложения

**Б.** Общая схема строения биогенного рифового комплекса отложений, по Г.Ф. Крашенинникову, 1971 (Ежова, 2009):

1 – остов рифа; 2 – обломочные накопления; 3 – осадки мелководной лагуны; 4 – глубоководные осадки



**Рисунок 2.6.**

Строение современного рифа (Современные..., 1990, с упрощением):

**А.** Блок-диаграмма рельефа современного кораллового рифа: 1 – песчаный шлейф; фронт рифа: 2 – зона шпор и каналов (зона баттресс), 3 – предриф-флет; рифовое плато: 4 – гребень рифа – водорослевый вал, 5 – внешняя зона риф-флета с отдельными крупными глыбами штормового наброса, 6 – рампарт, 7 – приостровная лагуна, 8 – острова; 9 – внутрилагунный риф.

**Б.** Поперечный разрез гипотетического рифа: 1 – шпоры и каналы (зона баттресс) фронта рифа; 2 – водорослевый вал; 3 – рампарт; 4 – останец рифа, формировавшийся в ресс-вюрмское время; 5 – поверхность несогласия между ресс-вюрмской и голоценовой постройками; 6 – бич-рок; 7 – островные конгломераты и песчаники; 8 – острова; 9 – мангры; 10 – внутрилагунный риф; 11 – погруженные террасы внешнего склона рифа; 12 – погруженные волноприбойные ниши. I – биоконструкционная часть рифа (биогенная аккумуляция); II – аккумулятивная часть рифа (волновая аккумуляция обломочного рифогенного материала; а – песок и гравий, б – галька и валуны); III – карбонатные песчаники и конгломераты.

3. зарифовая зона (мелкогравийный карбонатный песок, фораминиферовые пески иногда карбонатные глины и лагунные рифы).

Специфические особенности рифовых построек (Багринцева, 1999):

- высокая эффективная мощность;
- зональность строения построек;
- закономерная фациальная изменчивость;
- чёткое обособление от вмещающих отложений.

Г.Ф. Крашенинников (1971) выделяет несколько типов рифовых массивов (см. рис. 2.5):

1. Береговые рифы, тянущиеся вдоль берега на небольшом от него расстоянии в мелкой воде.

2. Площадные рифы, занимающие обширные плоские пространства в мелком море.

3. Барьерные рифы, тянущиеся вдоль берегов и отходящие иногда от них на значительное расстояние (до 200 км). Между рифами и берегом могут быть глубины до нескольких сотен метров.

4. Атоллы, располагающиеся в открытом океане в виде изолированных островов. Глубина моря вокруг них может достигать тысяч метров (Ежова, 2009).

Условия образования карбонатных толщ зависят от многих факторов, учесть влияние которых на карбонатонакопление очень сложно. Поэтому для восстановления обстановок седиментации древних карбонатов из всего многообразия причин выбираются те, которые наиболее значимы для этого процесса. Таким образом создается некоторая упрощенная модель, которая опирается на самые значимые для карбонатной седиментации характеристики (Жемчугова, 2000).

Одной из первых седиментационных моделей может служить модель карбонатного осадконакопления, разработанная Дж.Л.Уилсоном (1975).

На профиле поперек платформы на слабонаклонном шельфе с крутым краем он выделил 9 стандартных фациальных поясов (рис. 2.7). Основной

характеристикой этих поясов является тот факт, что они «... выдерживаются при различных тектонических условиях. Внешние пояса окружают впадины, выделяются по краям крупных карбонатных банок и вытягиваются в виде ореолов вокруг слабо приподнятых участков. Существенно, что эта последовательность столь устойчива: она служит исходной моделью для определения географического распределения типов горных пород. Таким образом, она становится инструментом при полевом картировании, при выделении литологических подразделений для целей корреляции, при восстановлении обстановок осадконакопления ...» (Уилсон, 1980, с. 38-39).

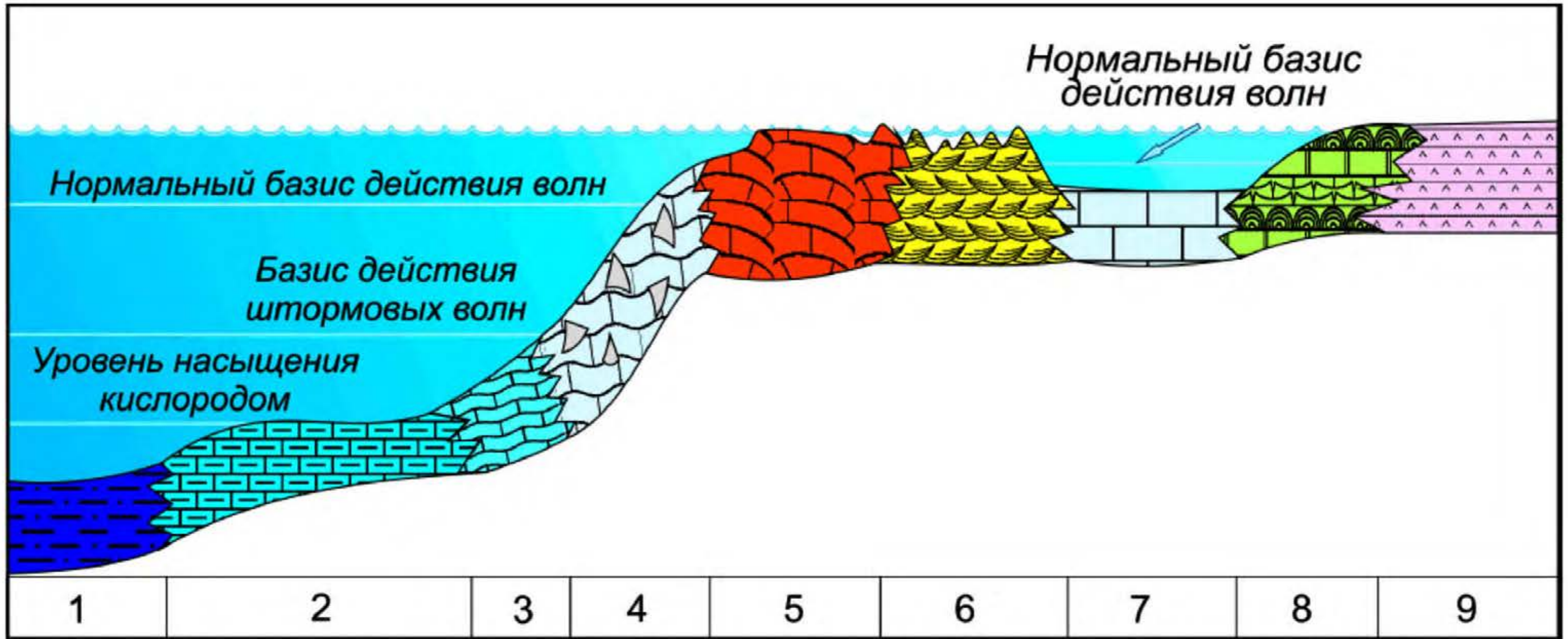
1. Бассейновые фации - фации некомпенсированной, или заполненной впадины. Воды слишком глубоки и плохо освещены для того, чтобы обеспечить донное образование карбонатов, осадконакопление зависит от количества привносимого глинистого и кремнистого материала и осаждающегося отмершего планктона. Могут создаваться застойные условия, а также условия повышенной солености.

2. Шельфовые фации - глубины достигают десятков или даже первых сотен метров. Благодаря течениям хорошая циркуляция. Воды, как правило, насыщены кислородом и имеют нормальную морскую соленость. Донные осадки лежат ниже нормального базиса действия волн, но штормы периодически затрагивают их.

3. Фации края впадины или глубокой окраины шельфа - сформированы у подножия карбонатного шельфа, за счет сносимого с него материала. Глубины, положение базиса действия волн и насыщенность кислородом приблизительно те же, что и в поясе 2.

4. Фации передового склона карбонатной платформы - обычно склон расположен выше нижней границы насыщенных кислородом вод и выше или ниже базиса действия волн. Материал представлен обломками, отложившимися





**Рисунок 2.7.** Идеализированная последовательность поясов стандартных фаций по Дж.Л. Уилсону (1980) (Жемчугова, 2012).

на крутом склоне; осадки подвижны; размер обломочных частиц значительно варьирует.

5. Фации органогенного рифа края платформы - экологические особенности варьируют в зависимости от энергии вод, крутизны склона, биологической продуктивности, степени развитости каркаса, процессов связывания элементов постройки и улавливания мелкозернистого материала между элементами каркаса, частоты осушения и последующей цементации.

Различают три типа профилей через линейные органогенные постройки окраины шельфа.

Тип I - скопление карбонатного ила и органогенных обломков на склоне.

Тип II - склон, усеянный рифами - буграми или холмами; строящие каркас организмы встречаются изолированно или образуют панцирь; они растут лишь до базиса действия волн и ограничивают накопление обломочного материала.

Тип III - каркасные кольцевые рифовые постройки, подобные современным кораллово-водорослевым сообществам с прикрепленными формами организмов, пересекающих при росте базис действия волн и достигающих зоны прибоя.

6. Перевеваемые или волновые пески края платформы слагают отмели, пляжи, веера или пояса приливных баров или острова - дюны. Глубины колеблются от 5 или 10 м до нуля. Воды сильно насыщены кислородом, но неблагоприятны для жизни морских организмов из-за движения субстрата.

7. Морские платформенные фации – это фации проливов, открытых лагун и заливов, расположенных позади платформы, ближе к берегу. Глубины обычно незначительны - максимум несколько десятков метров. Соленость может быть различна. Циркуляция вод умеренная.

8. Фации ограниченной циркуляции - включают главным образом тонкие осадки весьма мелководных отшнурованных бассейнов и лагун; более грубые осадки встречаются в приливных каналах и на редких пляжах. Разлит весь комплекс отложений приливной полосы. Условия исключительно разнообразны

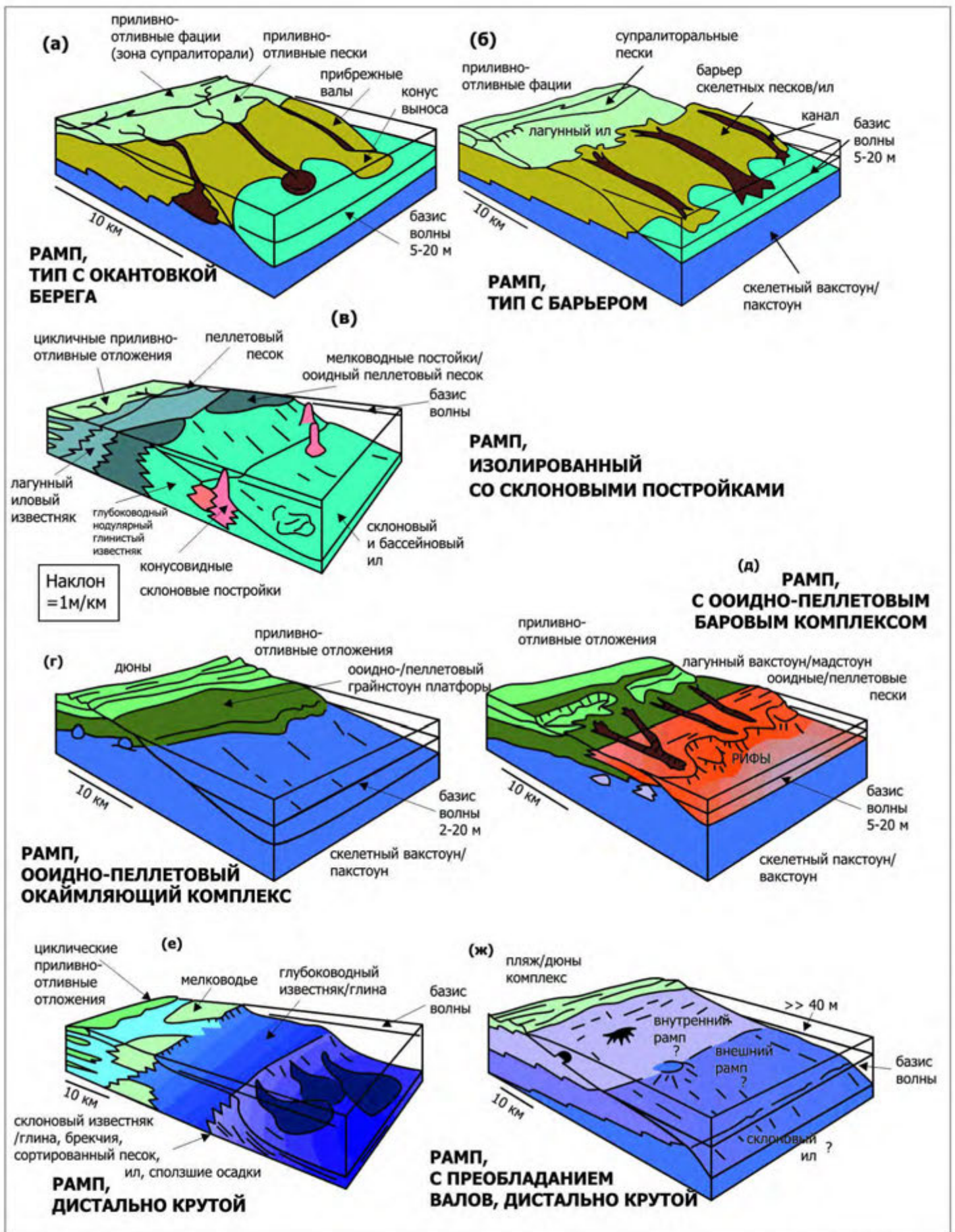
и неблагоприятны для организмов. Воды пресные, соленые и сильносоленые. Встречаются осушающиеся участки, восстановительные или окислительные условия, морская и болотная растительность. Существенной частью осадков может быть принесенный ветром материал. Диагенетические изменения осадков резко выражены.

9. Платформенные эвапоритовые фации - формируются выше зоны приливов и в отгороженных от моря водоемах в областях с засушливым климатом - участки себхи, салин, соленых маршей. Климат жаркий и засушливый, по крайней мере, в отдельные сезоны. Море затопляет местность лишь временами. При испарении морской воды образуются как осадочный, так и диагенетический гипс и ангидрит.

В англоязычной (а в последние годы и в российской) литературе для обозначения мощных толщ карбонатных мелководных отложений применяется термин «карбонатная платформа». Он используется как в морфологическом смысле для характеристики трехмерной структуры карбонатного тела, так и в стратиграфическом - для описания последовательности слагающих его слоев (Жемчугова, 2002).

Карбонатные платформы образуются в различных тектонических условиях и типах бассейнов и демонстрируют широкий диапазон скоростей аккумуляции, морфологии, размера, содержания терригенного материала (Carbonate ...,2009). Их можно объединить в два главных типа – рампы и окаймленные платформы, каждый с несколькими субтипами (рис. 2.8, 2.9).

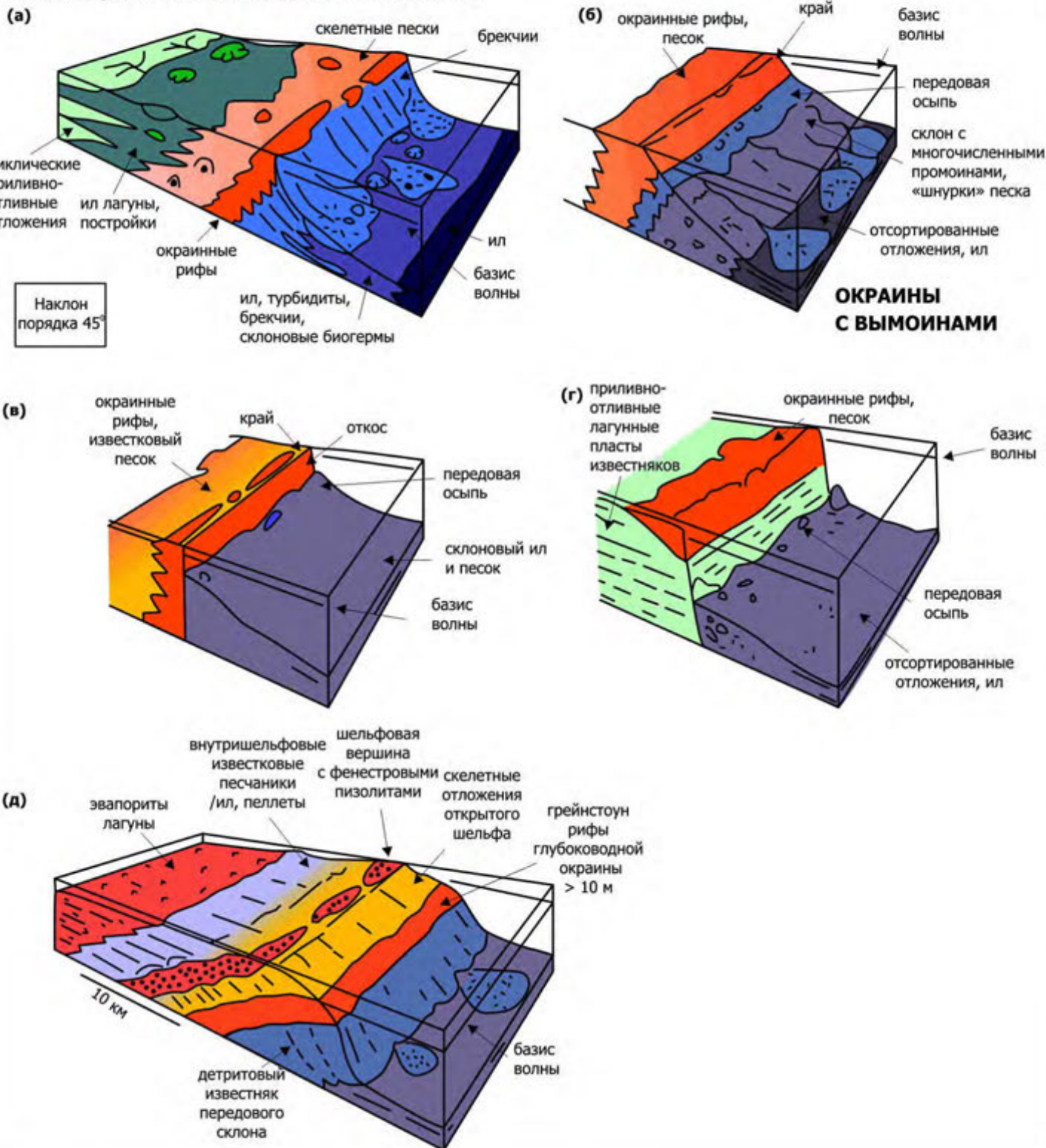
Говоря о пассивных окраинах можно отметить, что в их пределах карбонатные платформы образуются мощные толщ осадков, в которых можно выделить последовательности отложений, накапливающиеся в рамповых условиях до отложений платформ с выраженной шельфовой окраиной. Захоронение многих платформ, образованных в условиях пассивных окраин мезозоя, было вызвано погружением и затоплением (Schlanger, 1989). В то же время многие карбонатные платформы, сформировавшиеся в условиях пассивных окраин палеозоя, прекращали своё существование под действием



**Рисунок 2.8.** Статические модели осадконакопления карбонатных рампов (Read, 1985; Carbonate ... ,2009).

(а) - рамп с окантовкой берега; (б) - рамп с барьером, (в) - рамп изолированный со склоновыми постройками, (г) - рамп с оолитно-пеллетовым окаймляющим комплексом, (д) - рамп с оолитно-пеллетовым баровым комплексом, (е) - рамп дистально крутой, (ж) - рамп с преобладанием валов, дистально крутой.

## АККРЕЦИОННЫЕ ОКАЙМЛЁННЫЕ ОКРАИНЫ



**Рисунок 2.9.** Статические модели осадконакопления окаймлённых карбонатных платформ (Read, 1985; Carbonate ... ,2009).

(а) - аккреционные окаймлённые окраины; (б) - окраины с вымоинами, (в) - окаймлённая окраина с постоянно затопленным скловыми фациям, (г) - окаймлённая окраина с эродированной окраиной и постоянно затопленным скловыми фациям, (д) - окаймлённая окраина с глубоководным рифовой окраиной и аккреционным склоном.

коллизии и перекрывались терригенными осадками. В условиях активных континентальных окраин можно отметить, что карбонатные платформы с рифовым барьером образуются в условиях аккреционной призмы, а также погружающейся океанической коры под континентальную кору. Погружение в условия активной континентальной окраины происходит под действием коллизии, после чего карбонатная платформа перекрывается терригенным материалом. Третий главный случай образования карбонатных платформ в условиях значительного регионального погружения бассейна - карбонатные толщи пери - и прикратонных областей (Carbonate ... , 2009).

Окаймлённый шельф (карбонатная платформа) – это область мелководного осадконакопления, с отчётливым перегибом склона в сторону более глубоководных вод (см. рис. 2.8). Этим он принципиально отличается от карбонатного рампа, который представляет собой слабонаклонную поверхность под углом менее одного градуса, в его пределах зона волнового перемешивания находится близко к берегу, а не на перегибе, как в случае окаймлённого шельфа.

## **2.2. Технология седиментационно-емкостного моделирования**

Примечательными особенностями работ последних лет, направленных на поиск залежей углеводородов в карбонатных комплексах, является тенденция к стандартизации подходов и методов изучения пород, переход от качественных описательных методик к количественному анализу, к изучению процессов седиментации и литогенеза, к разработке технологий изучения осадочных комплексов (Седиментологическое ..., 2000). Все эти изменения служат предпосылкой широкого использования методов седиментологического моделирования карбонатных нефтегазоносных отложений на всех стадиях геологоразведочного процесса.

Технология седиментационно-емкостного моделирования природных резервуаров нефти и газа предназначена для разработки моделей природных резервуаров нефти и газа на основе комплекса геологических и геофизических

методов. Подобные технологии, разрабатываемые различными авторами, отличаются друг от друга, хотя в их основе лежат, как правило, единые подходы к анализу геолого-геофизической информации.

Так технология седиментационно-емкостного моделирования, разработанная под руководством Н.К.Фортунатовой, основана на использовании стандартных разномасштабных моделей-палеток внутренней структуры карбонатных объектов различных иерархических уровней и стандартных зависимостей структуры осадочных тел, их петрофизических свойств и геометрических параметров (Седиментологическое ..., 2000). Стандартные седиментационно-емкостные модели представляют собой эталонные модели структурных и физических параметров осадочных тел (от пласта до формации). Предлагаемые Н.К. Фортунатовой стандартные седиментационно-емкостные модели являются закономерной непрерывной последовательностью типовых разрезов, охарактеризованных литологическими и петрофизическими параметрами, и используются для диагностики разреза карбонатных отложений в скважинах, а также для интерпретации сейсмических профилей. Модель устанавливает закономерность изменения в строго ориентированном поперечном сечении карбонатного тела. Технология построения трёхмерной седиментационно-емкостной модели природных резервуаров нефти и газа состоит из нескольких блоков, каждый из которых обеспечивает решение задач обработки и интерпретации геолого-геофизических материалов с целью получения модели (Технология ..., 2001).

В.А. Жемчугова разбивает процедуру резервуарного моделирования на следующие этапы (рис. 2.10.).

1) Первый этап, подготовительный, включает процедуры исследования по определению возраста слагающих природный резервуар пород и основных особенностей в строении пород. Ответы на данные вопросы дают биостратиграфический и литолого-петрографический анализы, а также качественная интерпретация ГИС. Результатом исследований первого этапа

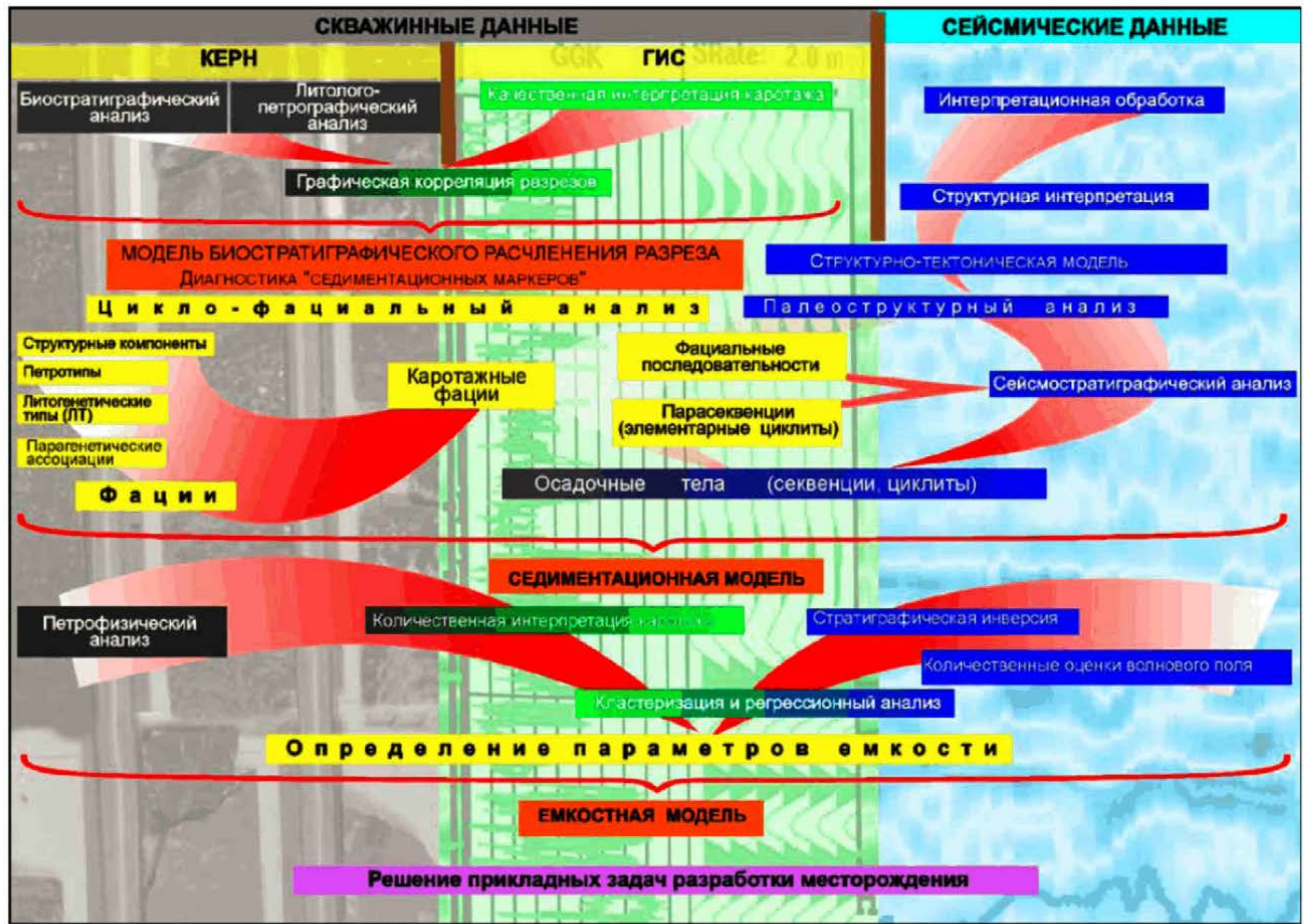


Рисунок 2.10. Технологическая цепочка построения модели природного резервуара (Прогнозирование ..., 2006).



является модель биостратиграфического расчленения разрезов, детальное макро- и микроскопическое описание пород даёт возможность выделить основные "седиментационные маркеры", имеющие отражение на каротажных диаграммах и в волновом поле. Примерами таких маркеров являются эрозионные границы, трансгрессивные поверхности. Благодаря подготовительному этапу, изучаемое геологическое тело получает "прописку" в геологической истории, а исследователь - первые представления об его морфологии.

На первом этапе осуществляется детальное изучение литологических характеристик объекта, выделение литогенетических типов пород, а также степень их постседиментационного преобразования.

Сходные задачи включает блок I, предлагаемой Н.К. Фортунатовой технологии моделирования. Решение задач данного блока на основании изучения пород в керне и шлифах позволяет выделить структурные единицы будущей седиментационно-емкостной модели карбонатной формации - литолого-генетический тип (ЛГТ). Фиксируются вторичные изменения, петрофизические свойства, заключения о возрасте на основании остатков организмов (Технология ..., 2001).

2) Второй этап включает выполнение циклофациального, структурно-тектонического и сейсмостратиграфического анализов, в результате чего создается седиментационная модель природного резервуара (Жемчугова, 2002; Прогнозирование ... 2006).

Отдельным блоком второго этапа идет осуществление циклофациального анализа. Возможность использования концептуальной базы секвенсстратиграфии позволяет расчленять разрез на систему циклитов (секвенций IV-V порядка), отражающих разномасштабные изменения относительного уровня моря. Границами этих циклитов являются поверхности несогласий. В идеализированном виде «полный» циклит состоит из трех седиментационных систем: низкого стояния (падение и начало подъёма относительного уровня моря), трансгрессивный (интенсивный подъём уровня

моря, период от начала до максимального затопления) и высокого стояния (стабилизация и падение уровня моря) (Прогнозирование ..., 2006). Но реальные циклиты могут быть представлены различными вариациями седиментационных систем.

Установление цикличности развития бассейна седиментации, закономерностей смены фаций, позволяет предсказывать локализацию в пространстве и времени областей максимального накопления осадков, расчленению их с позиции нефтяных систем и т.д.

На втором этапе литологические исследования комплексуются с интерпретацией сейсмических данных, поскольку выделенные циклиты, разделенные поверхностями несогласий, как правило, отражаются на временных разрезах и тождественны сейсмическим комплексам. При этом анализируется не только поведение отражающих горизонтов, но и рисунок сейсмической записи, позволяющий диагностировать в составе сейсмокомплекса набор сейсмофаций, пространственные взаимоотношения которых отображают развитие процесса осадконакопления в течение седиментационного цикла. Результатом второго этапа являются карты фациальной зональности (Жемчугова, 2002, Прогнозирование ..., 2006).

В процессе реализации блока II, предлагаемой Н.К. Фортунатовой технологией моделирования, решаются следующие задачи: создаваемая модель карбонатной формации соответствует седиментационному циклиту IV порядка, геологический масштаб времени образования формации составляет в среднем 7-14 млн. лет. Данная седиментационная цикличность выражается в смене фациальной последовательности генетически связанных групп отложений, соответствующих крупному трансгрессивному и регрессивному этапам карбонатной седиментации. Результатами являются геолого-геофизические разрезы скважин, генетическая интерпретация карбонатных отложений, обоснование границ стратиграфических подразделений и отражающих сейсмических горизонтов, положение, тип, мощность и петрофизические

свойства пород-коллекторов и пород-флюидоупоров, данные об испытании скважин (Технология ..., 2001).

3) Третий этап - разработка емкостной модели природного резервуара.

Карбонатные отложения характеризуются широким спектром факторов, определяющих их фильтрационно-емкостные свойства, но доминирующую роль среди них играют все-таки седиментационные признаки, заложенные в осадочную систему еще в период осадконакопления. Поэтому для создания емкостной модели природного резервуара необходимо провести фациальную диагностику коллекторов и выявить особенности строения их пустотного и трещинного пространства. При этом используется весь комплекс определений фильтрационно-емкостных свойств известняков и доломитов лабораторными способами и создается комплект петрофизических зависимостей, иллюстрирующий взаимосвязь седиментационных характеристик и основных параметров фильтрационно-емкостных свойств. При интерпретации ГИС, базирующейся на этих зависимостях, в разрезе циклитов выделяются проницаемые пласты, коррелируемые путем анализа их положения в седиментационных системах (Жемчугова, 2002).

Для каждого элемента природного резервуара рассчитываются значения (баллы) относительного качества коллекторов и покрышек. Совмещение схем фациальной зональности с данными расчета балла позволяет провести районирование изучаемого объекта по относительному качеству коллекторов и покрышек. Тем самым уточняется строение природного резервуара, и корректируются методы эксплуатации приуроченной к нему залежи (Прогнозирование ..., 2006).

Блок III, предлагаемой Н.К. Фортунатовой технологией моделирования, объединяет следующие виды работ (Технология ..., 2001):

- определение в разрезе верхней и нижней границ карбонатной формации с целью проведения расчета параметров (коэффициента глинистости разреза, сульфатности разреза, эффективной толщины разреза), процентного содержания генетических групп отложений в разрезе, общей мощности

формации в разрезе), необходимых для «привязки» разреза к стандартной модели;

- проведение корреляции разрезов анализируемых скважин на основании использования разномасштабных стандартных моделей и установленной в разрезах седиментационной цикличности II и III порядков;

- разработка двумерной типовой модели анализируемого объекта;

- предварительное картирование внутренней структуры карбонатных резервуаров на основании данных бурения и общей сети региональных сейсмических профилей;

- построение профильных разрезов, отражающих изменение внутренней структуры осадочного тела.

Результатами работ в рамках блока III, по Н.К. Фортунатовой, являются следующие материалы:

1. Стандартная модель с указанием положения разрезов анализируемых скважин.

2. Типовая модель анализируемого комплекса с указанием градаций вскрытых скважиной, параметров разрезов и их емкостных свойств.

3. Мелко-, средне-, крупномасштабные карты строения природных резервуаров, поисковых и разведочных объектов.

4. Профильные разрезы, характеризующие изменение структуры и емкостных характеристик карбонатного резервуара.

Таким образом, рассмотренные технологии близки по комплексу решаемых задач и используемых для этих решений геолого-геофизических данных. И в той, и в другой технологиях результатом исследований является прогноз структуры и свойств резервуара. Как будет показано в следующих главах, для анализа распространения и качества коллекторов и, соответственно, резервуаров для нефти и газа в осинском продуктивном горизонте, использовалась главным образом технологическая цепочка, предложенная В.А. Жемчуговой с коллегами, однако определенные моменты были заимствованы и из технологии Н.К.Фортунатовой. При этом в работе акцент был сделан на

скважинные данные, что позволяет использовать разработанную модель не только для прогноза структуры и свойств природных резервуаров, но и для седиментологического контроля за интерпретацией материалов сейсморазведочных работ.

### **2.3. Цикличность отложений нижнего кембрия Непско-Ботуобинской антеклизы**

Как следует из предыдущей главы, основой технологии седиментационно-емкостного моделирования являются иерархические зависимости осадочных тел, поэтому рассмотрим существующие представления о цикличности венд-нижнекембрийских отложений Непского свода, в разрезе которых выделен осинский горизонт.

Изучение цикличности вендских и нижнекембрийских отложений центральных районов Сибирской платформы выполнено в работах: С.Л. Арутюнова, Т.К. Баженовой, Э.Г. Викса, А.В. Владимирова, В.Н. Воробьева, М.Л. Вороновой, Ю.Г. Гилева, В.И. Городничева, Д.И. Дробота, А.М. Жаркова, А.О. Ефимова, А.А. Иванова, О.И. Карасева, Ю. Н. Карогодина, В.С. Карпышева, Л.И. Килиной, В.З. Кислика, В.Г. Кузнецова, Ю.Ф. Левицкого, Л.И. Малеевой, Я.Г. Машовича, А.С. Медведского, Н.В. Мельникова, М.А. Минаевой, В.И. Никишина, Б.Б. Осташевского, Я.К. Писарчика, А.М. Пустыльниковца, Г.А. О.В. Постниковой, Русецкой, Г.И. Сачок, И.М. Страхова, А.А. Трофимука, Л. Ф. Тыщенко, К.Р. Чепикова, Э.И. Чечель, Г.Г. Шемина, М.А. Цахновского, В.П. Юрковой.

Принципиальные моменты формирования циклитов разного ранга в той или иной степени положены в основу стратификации венд-кембрийских отложений. Н.В. Мельников, Г.Г. Шемин, Б.Б. Осташевский изучили цикличность вендских и нижнекембрийских отложений Приленского района Непско-Ботуобинской антеклизы (Мельников, 1984) и сформулировали следующие принципы выделения циклокомплексов: 1) смена соленосных толщ на карбонатные обусловлена новым погружением территории, обеспечивавшим

увеличение доступа морских вод в солеродный бассейн, а новое погружение территории означает начало следующего седиментационного цикла, т.е. в соленосном разрезе карбонатные толщи залегают в основании циклокомплексов; 2) надперерывные осадки составляют начало следующего циклокомплекса; 3) примерно равное число полициклитов в каждом циклокомплексе.

В разрезе венда и кембрия ими выделены иерархически соподчиненные циклиты разных порядков, обозначаемых как мегациклокомплекс, циклокомплексы и циклопачки. Первый объединяет весь разрез осадочного чехла и подразделяется на четыре циклокомплекса: мотско-усольский, бельский, булайско-литвинцевский и верхоленский, которые, в свою очередь, подразделяются на циклопачки, от шести до 15. Границы между ними достаточно четко выражены по данным ГИС, что позволило авторам выполнить детальную корреляцию отложений по циклопачкам, в том числе и в скважинах, вскрывших разрезы с проявлением разрывной тектоники. Всего в разрезе венда и нижнего кембрия выделено и прокоррелировано 35 циклопачек. В итоге доказана диахронность границ для большинства свит и подсвит. Кроме того, скоррелированные между собой циклопачки верхней части усольской свиты на участке Братск - Усть-Кут показали, что в этом районе граница между усольской и бельской свитами проводится на трех уровнях в кровле разновозрастных циклопачек (Мельников, 1984).

Этот подход был положен в основу расчленения венд-кембрийских отложений Сибирской платформы. Эти отложения объединены в единый венд-нижнекембрийский полициклокомплекс или нексоциклит, который снизу и сверху ограничен соответственно предмотским и предверхоленским перерывами. Его компонуют иркутский, усольский, бельский и ангарский циклокомплексы. Предполагается существование перерывов между этими стратиграфическими подразделениями, которые обусловили отсутствие солей в нижних частях усольского, бельского, анагарского и литвинцевского циклокомплексов. Анализ толщин выделенных циклокомплексов позволил

сделать вывод о медленном опускании юга Сибирской платформы в чорскую и иркутскую эпохи седиментации и быстром - в усольскую, бельскую, булайскую и литвинцевскую эпохи. В литвинцевскую эпоху отмечается замедление опускания, а во время предверхоленского перерыва - медленный подъем.

Г.Г. Шемин предложил свой вариант циклостратиграфического расчленения венд-нижнекембрийских отложений. Им выделено два циклокомплекса (вендский и нижнекембрийский), 14 регоциклитов, в том числе усольский регоциклит, включающий осинский горизонт (Шемин, 2007). Интересно отметить, что усольским регоциклитом заканчивается вендский циклокомплекс. Завершающий этап седиментации в этом цикле – формирование отложений в условиях солеродного мелководного бассейна. Усольский регоциклит включает усольский, юрегинский и верхнеберильский циклиты более мелкого порядка.

Изучению цикличности отложений карбонатных толщ венда и нижнего кембрия Непско-Ботуобинской антеклизы уделяется постоянное внимание, начиная с шестидесятых годов двадцатого века и по настоящее время. При этом до настоящего времени вопрос о цикличности строения осинского горизонта остаётся открытым. Наиболее интересным представляется сформулированный Н.В. Мельниковым принцип выделения циклокомплексов (Мельников, 1984): смена соленосных толщ на карбонатные обусловлена новым погружением территории, обеспечивавшим увеличение доступа морских вод в солеродный бассейн, а новое погружение территории означает начало следующего седиментационного цикла, т.е. в соленосном разрезе карбонатные толщи залегают в основании циклокомплексов. Поэтому данную последовательность в смене отложений стоит ожидать и при выделении циклов осадконакопления внутри осинского продуктивного горизонта.

### **Глава 3. Седиментационная модель осинского горизонта**

Одним из необходимых условий прогноза качества коллекторов и разработки моделей резервуаров является седиментационная модель отложений. Седиментационная модель отложений осинского горизонта строилась на основе изучения пород в керне, в шлифах и генетической интерпретации данных ГИС с применением циклического и фациального анализов. Разработка седиментационной модели базировалась на существующих представлениях о раннем кембрии Сибирского континента.

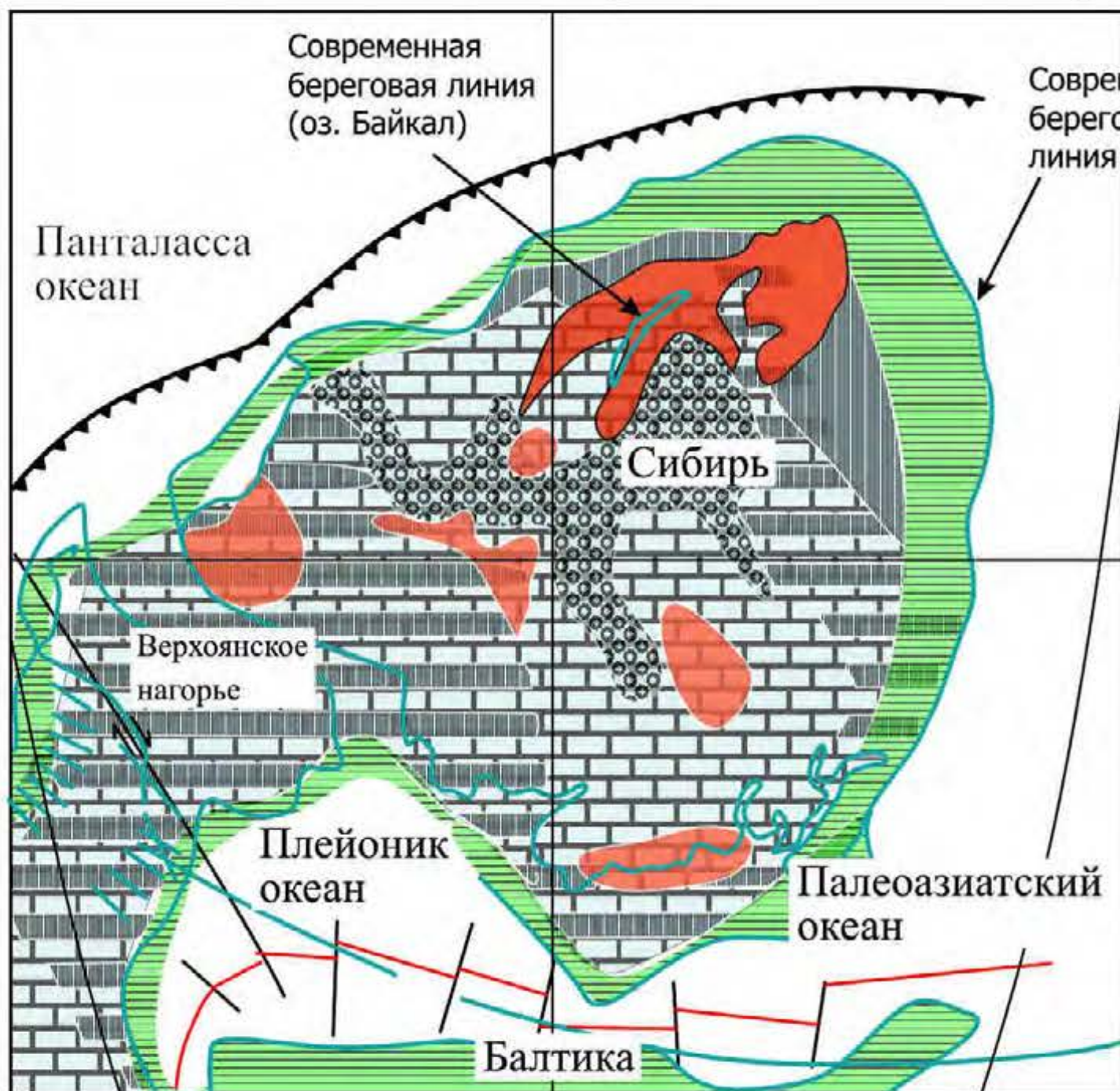
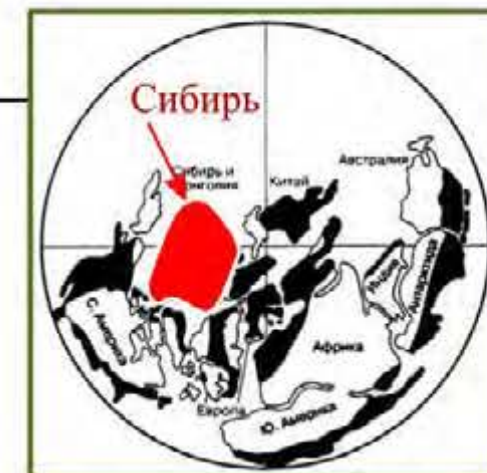
#### **3.1. Существующие представления о раннем кембрии Сибирского континента**

Согласно существующим палеогеографическим реконструкциям (Golonka, 2007), Сибирский континент, частью которого являлся современный Непский свод, в раннем кембрии располагался в экваториальных широтах. Его континентальная часть представляла собой неширокую полосу на юге, а акваториальная – была окружена океаническими водами Палеоазиатского океана, а также океанами Панталасса и Плейоник (рис. 3.1).

Отложения в осинское время формировались в пределах обширного эпиконтинентального бассейна, глубины которого менялись от первых метров до десятков метров. Особенностью этого времени, отмечаемой большинством исследователей, является максимум трансгрессии, начало которой было положено обширным опусканием территории Сибирской платформы в конце позднего докембрия (Палеогеография ..., 1974; Коваленко, 2010). Поступление морских вод в усольское время на Сибирский континент, по мнению В.Г. Кузнецов, происходило с северо-востока, с постепенным осолонением вод по направлению к юго-западу, при этом сохранялась фациальная зональность докембрийского времени. Еще одна отличительная черта осинского времени –



# Схематическая палеогеографическая реконструкция Сибирского континента в раннем кембрии по материалам Golonka, 2007



## Условные обозначения

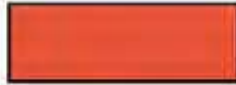




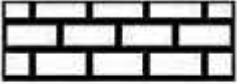



Условные обозначения		Преобладающие осадки	
	Горы		Алевриты
	Плоскогорье		Аргилиты
	Континентальный склон		Известняки
	Мелководный шельф		Эвапориты
	Океан		

Рисунок 3.1. Схематическая палеогеографическая реконструкция Сибирского континента в раннем кембрии (Golonka et al, 2007, Розанов, 2003).

обилие обширных отмельных зон в пределах современных Байкитской и Непско-Ботуобинской антеклиз (в центральной части расположен современный Непский свод). Отмельная зона, существовавшая в пределах современной Непско-Ботуобинской антеклизы, протягивалась относительно узкой полосой с северо-северо-востока в юго-юго-западном направлении на расстояние около 1000 км и покрывалась водами моря с сильно повышенной солёностью. На юго-западе и юго-востоке подобные моря располагались в пределах современных Иркутский амфитеатр и Берёзовский прогиб; и в них, вероятно, глубины моря не превышали 50-60 м (Прогноз ..., 1992; Древние..., 2000; Природные ..., 2010).

Особенностью осинского времени является и то, что на рубеже позднего докембрия - фанерозоя произошёл переход от цианобактериальной к водорослевой экосистеме, ознаменовавший новый этап карбонатообразования, в том числе и рифообразования, в истории Земли. В.А. Лучинина пишет, что первые кембрийские рифы были сформированы известковыми водорослями. В самом начале томмотского века на юго-востоке и северо-западе Сибирской платформы водорослевые биостромы сменились разрозненными мелкими биогермами с ренальтисами и вертикально ориентированными эпифитонами. В это время впервые в каркасостроении рифов начали участвовать организмы животного происхождения – археоциаты (Лучинина, 2011). По мнению В.Г. Кузнецова и О.В. Постниковой, в осинское время появляются рифовые образования на Среднеботуобинской, Кийской, Юктанской, Тирской, Пилюдинской, и других площадях. Многие исследователи отмечают, что в направлении с северо-востока на юго-запад возрастает степень морфологического выражения массивов и крутизна склонов (Прогноз ..., 1992; Древние..., 2000; Природные ..., 2010).

Н.К.Фортунатова объединяет отложения восточной части Непского свода, образованные в осинское время, в осинский барьерный риф, прогнозируя его распространение в виде зоны шириной 6-8 км вдоль восточного склона Непско-Ботуобинской антеклизы. В его пределах, помимо самого рифового тела,

выделяются тыловые зоны, передовые шлейфы, включая подводные конуса выноса. Распространение тыловых зон рифовой системы прогнозируется полосой с шириной от 3-4 км до 20 км вдоль осинской рифовой системы, а подводных конусов выноса - в пределах склонов осинской барьерной рифовой системы, в прибортовых частях Предпатомского прогиба (Фортунатова Н.К. и др., 2010).

В раннем кембрии северную и восточную части Сибирской платформы покрывало море с нормальной солёностью. В.Г. Кузнецов отмечает, что это море имело черты типично эпиконтинентального бассейна, на дне его в осинское время отлагались преимущественно известковые и, реже, доломитовые илы, часто с примесью пелитового материала. Море повышенной солёности отделялось от открытого моря нормальной солёности барьером, образованным археоциатами и известковыми водорослями. Л.Г. Бондаренко и И.В. Кемин в своей работе, посвящённой распространению тумуловых археоциат, пишут о том, что район среднего течения р. Лена, северо-запад Сибирской платформы, Прианабарье, северное Верхоянье и Спасская зона Приморья были частями единого палеобассейна, на шельфе и подводных возвышенностях которого развивались археоциаты. Образованная этими организмами органическая постройка по своей протяженности превышала знаменитый современный Большой барьерный риф Австралии, представляла собой относительно узкую мелководную зону, выполнявшую роль фациального барьера на границе солеродной и нормально-соленой морской частей кембрийского палеобассейна, существенно различающихся по глубинам. Л.Г. Бондаренко и И.В. Кемкин предполагают, что археоциаты расселялись в Прианабарском районе, а также на возвышенных участках спредингового хребта, находящегося в океаническом бассейне северо-восточнее Анабарского палеобассейна (Палеогеография ..., 1974; Бондаренко, Кемкин, 2009; Коваленко, 2010).

Эти особенности развития бассейна в раннем кембрии отобразились и в строении осинского горизонта Непского свода.

### 3.2. Особенности строения отложений осинского горизонта

Изучение осинского горизонта было осуществлено в пределах всего Непского свода и включало: Верхнечонское, Тымпучиканское, Вакунайское, Северо-Талаканское, Талаканское, Верхнепеледуйское, Алинское, Даниловское, Чаяндинское, Среднеботуобинское и Тас-Юряхское месторождения, а также Западно-Чонскую и Северо-Чонскую площади, Восточно-Талаканскую, Нижне-Чаяндинскую и Бюк-Танарскую площади (рис. 3.2).

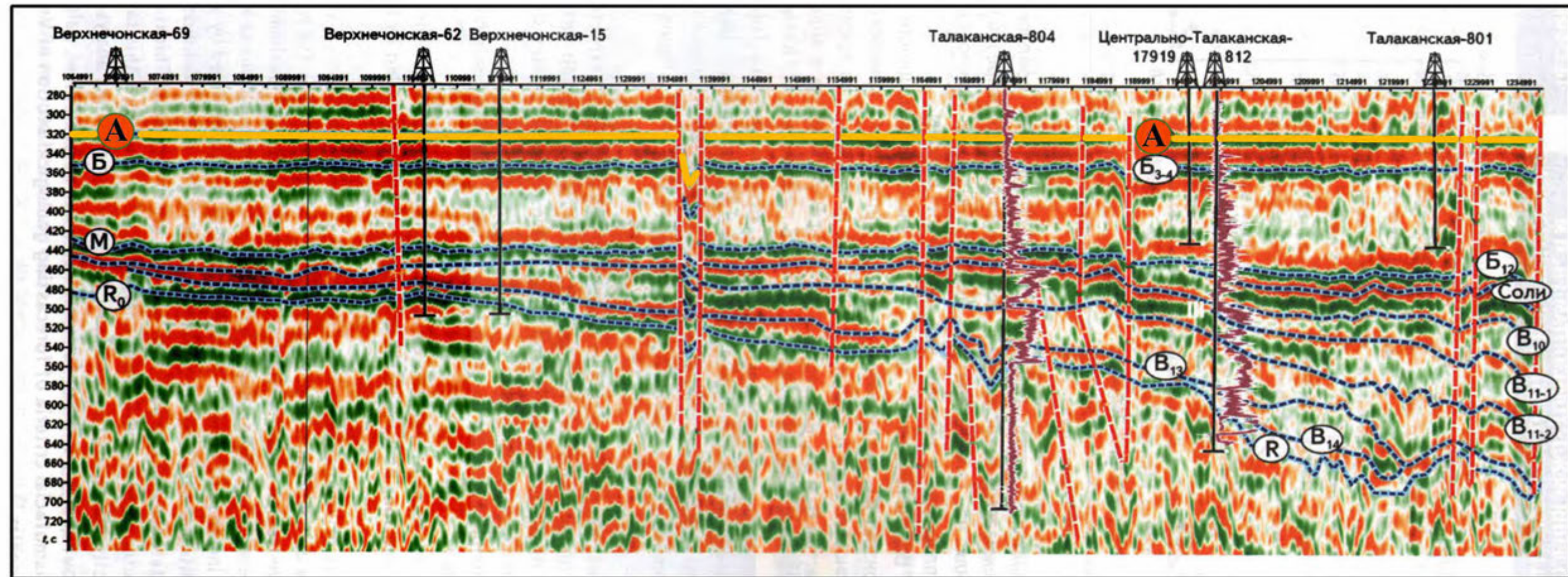
Изучение скважинных данных (керн и материалов ГИС) позволило выполнить дифференциацию отложений по ряду признаков и, в первую очередь, по вещественному составу и структуре слагающих карбонатные породы элементов. Все породы осинского горизонта интенсивно преобразованы вторичными изменениями, что затрудняло их разделение по первичным седиментационным структурам. Поэтому «напрямую» использовать классификацию Р. Данема для кембрийских отложений Восточной Сибири, интенсивно преобразованных вторичными процессами, не представляется возможным, в связи с чем структурные типы карбонатов (известняков и доломитов) выделялись главным образом по косвенным признакам.

Детальное макро- и микроскопическое изучение отложений проводилось по десяти скважинам с керном (свыше 300 шлифов). В результате проведенных исследований в разрезе осинского горизонта по седиментационным структурам были выделены следующие типы карбонатных пород:

мадстоуны; вакстоуны - интракластовые, строматолитовые, микрофитолитовые, пелоидные и литокластовые; пакстоуны - литокластовые и лито-биокластовые; грейнстоуны - оолитовые, литокластовые и лито-биокластовые; баундстоуны – археоциатовые фреймстоуны, ренальтисовые байндстоуны и эпифитоновые бафлстоуны (рис. 3.3, 3.4, 3.5).

В работах В.Г. Кузнецова и О.В. Постниковой прекрасно описаны каркасные отложения раннего кембрия, ими разработана диаграмма частоты

# Фрагмент регионального временного сейсмического профиля Батолит



Условные обозначения:

A – осинский горизонт; кровля: Б – тэтэрской свиты,  
 М – тирской свиты, R<sub>0</sub> – поверхность AR-PR<sub>1</sub> - фундамента

## Обзорная схема Предпатомского осадочного бассейна

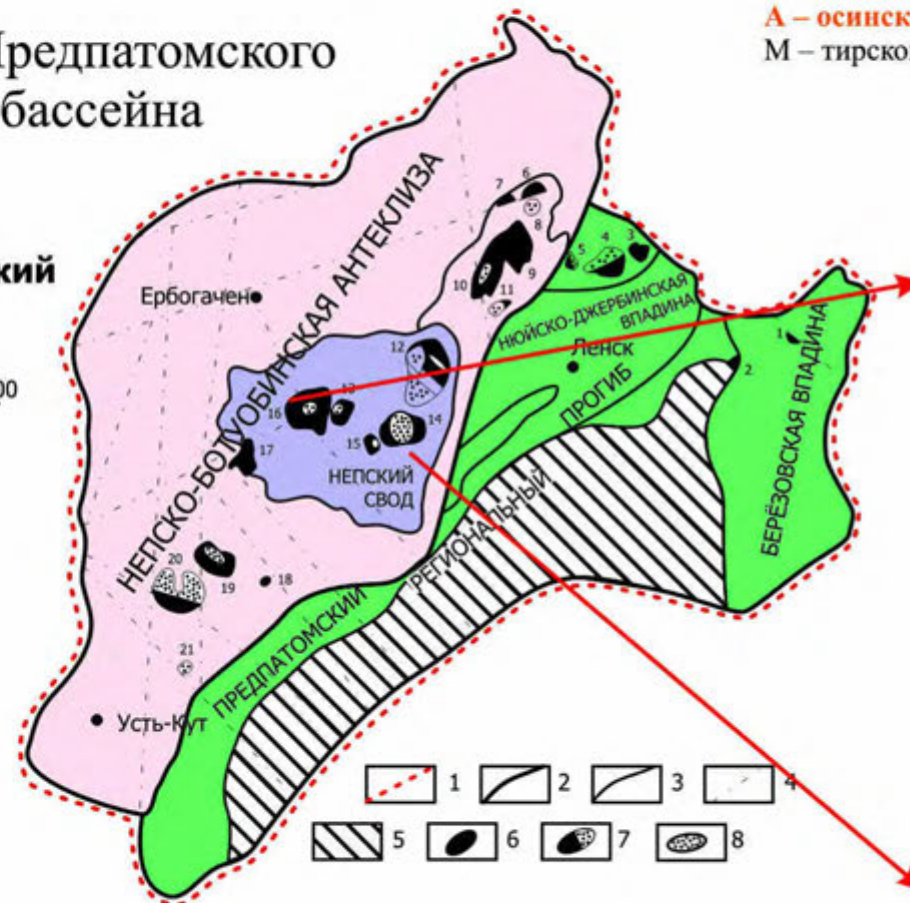


Предпатомский бассейн

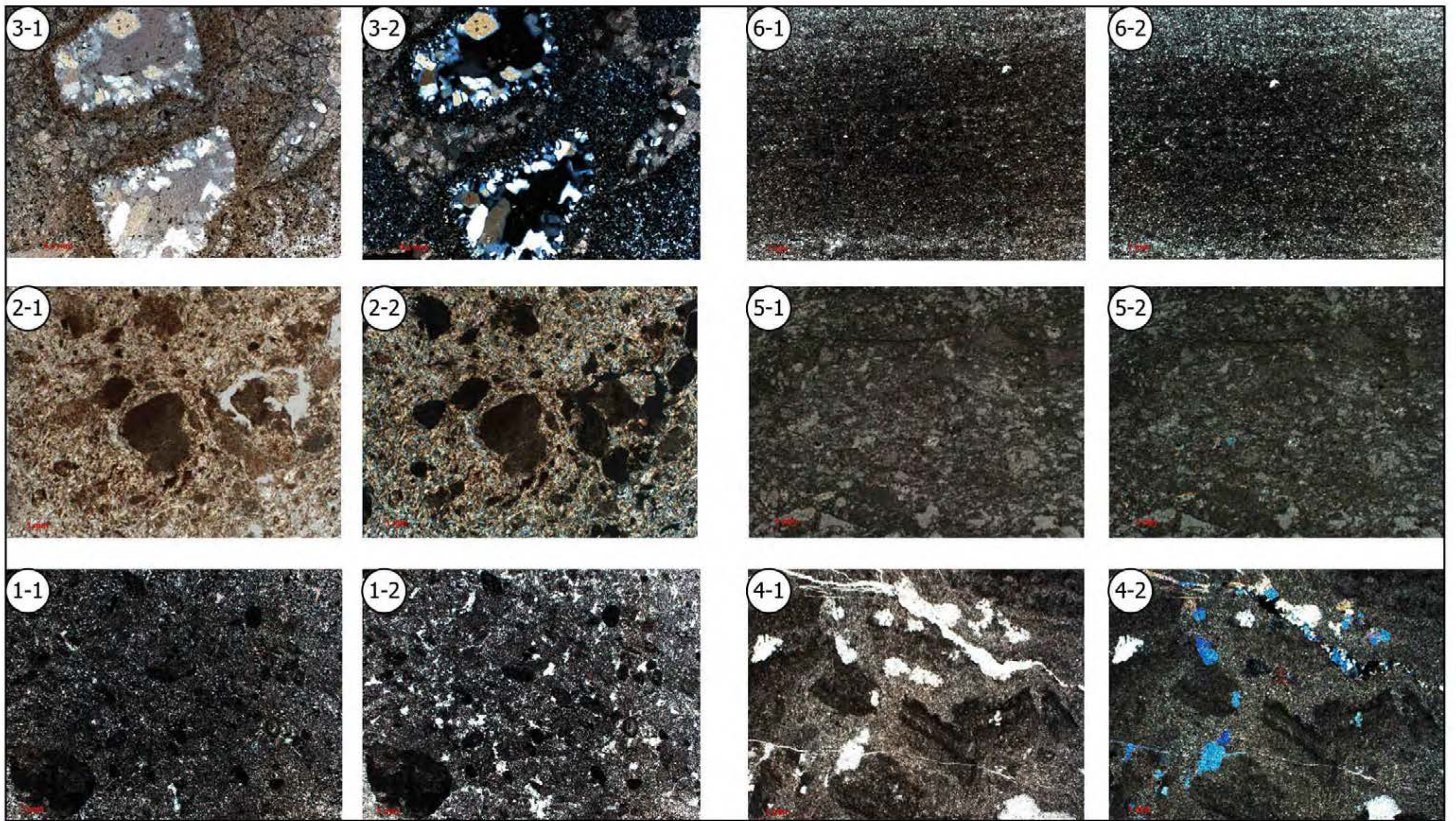
0 200

Условные обозначения:

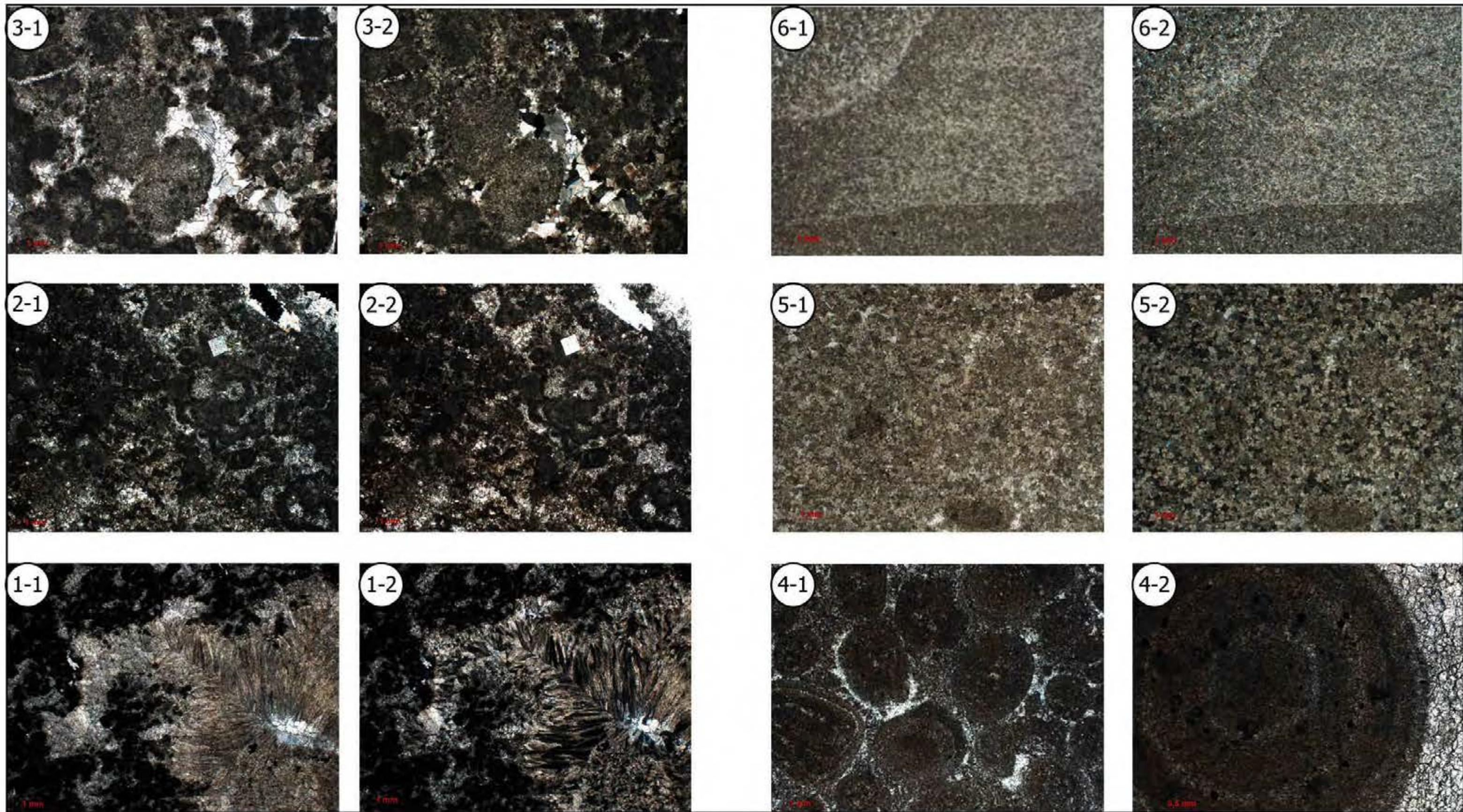
- 1 - граница осадочного бассейна;
- 2,3 - контуры пикативных структур платформенного чехла:
- 2 - надпорядковых, 3 - первого порядка;
- 4 - основные региональные разломы;
- 5 - зона шарьяжных перекрытий;
- 6-8 - месторождения: б - нефтяные,
- 7 - нефтегазовые и газонефтяные,
- 8 - газовые и газоконденсатные



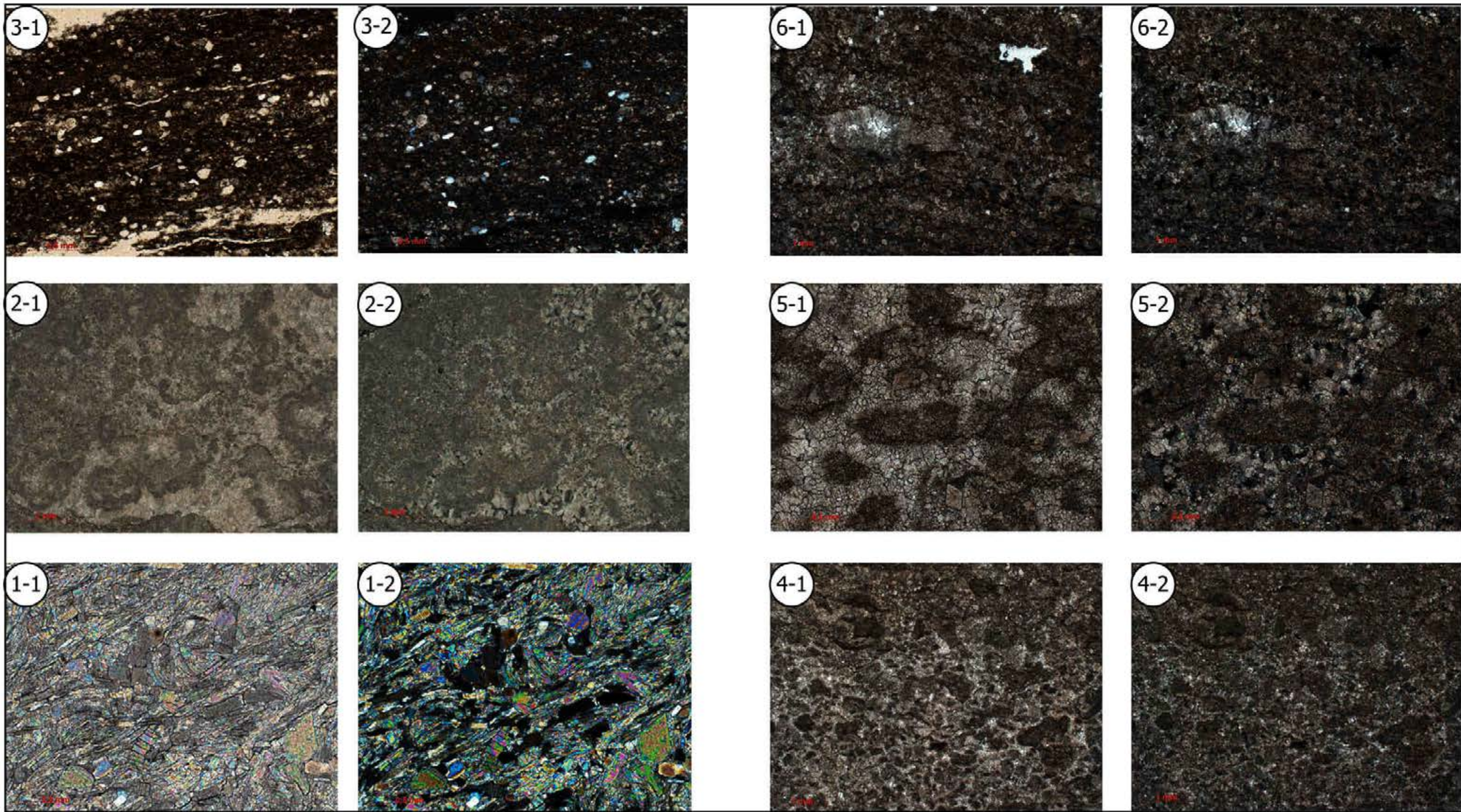
**Рисунок 3.2.** Обзорная схема района исследования – центральной и восточной частей Непского свода (Нефтегазоносные ..., 1994; Сейсмогеологическая..., 2009)



**Рисунок 3.3.** Типы вторичных доломитов по первичной седиментационной структуре известняков: 1 - пелоидный вакстоун; 2 - литокластовый вакстоун; 3 - лито-биокластовый пакстоун; 4 - интракластовый вакстоун; 5 - литокластовый пакстоун; 6 - мадстоун (1-1: без анализатора, 1-2: с анализатором и т.д.).



**Рисунок 3.4.** Типы вторичных доломитов по первичной седиментационной структуре известняков: 1 - археоциатовый фреймстоун; 2 - ренальтисовый байндстоун; 3 - эпифитоновый бафлстоун; 4 - оолитовый грейнстоун; 5 - пелоидный вакстоун; 6 - мадстоун (1-1: без анализатора, 1-2: с анализатором и т.д.).



**Рисунок 3.5.** Типы отложений: 1 - ангидрит; 3 – горизонтально слоистый сильно глинистый доломит; вторичные доломиты по первичной седиментационной структуре известняков: 2 - баундстоун; 4 – баундстоун (микрофитолитовый байндстоун); 5 - баундстоун; 6 - пелоидный пакстоун (1-1: без анализатора, 1-2: с анализатором и т.д.).



встречаемости различных типов пород в рифовых образованиях осинского горизонта Непско-Ботуобинской антеклизы (Кузнецов, Постникова, 1988). На основании проведённых исследований, отмечается, что 50-60 % всех встреченных типов пород в рифовых образованиях осинского горизонта – это цианобактериальные известняки. При изучении этих пород в шлифах от 30 до 80% площади шлифов представлено остатками цианей. Другими выделенными типами отложений карбонатных пород в осинском горизонте являются археоциатовые известняки, для них характерна 20-25% доля встречаемости. Особенно подчёркивают исследователи то, что археоциаты расположены не в прижизненном положении, а пространство между ними заполнено онколитами и катаграфиями. Интересным является сценарий образования твёрдого каркаса органической постройки, предполагаемый В.Г.Кузнецовым и О.В.Постниковой. По их мнению, археоциаты не образовывали настоящего твёрдого каркаса, скорее всего, являлись субстратом, на котором предпочитали селиться цианобактерии. Цианобактерии (эпифитоны и другие), были закрепителями и ловителями, продуцентами, так как имели мелкие размеры, были хрупкими и не могли сами создавать каркас. Эти ученые отмечают, что во всех породах присутствует обильный микритовый компонент. Уменьшение количества археоциат в постройке ведёт к увеличению цианей, что приводит к изменению типа постройки по мощности и морфологической выраженности.

Опираясь на результаты общих палеогеографических представлений и на диагностические характеристики обстановок накопления карбонатного материала, заложенные Дж. Уилсоном (Уилсон, 1980) в идеализированную схему фациальных поясов, а также проведённую дифференциацию отложений осинского горизонта, в том числе и по первичным седиментационным структурам Р.Данема (Dunham, 1962), было сделано предположение, что накопление осадков на рассматриваемой территории в осинское время происходило в условиях забарьерной лагуны с ощутимым влиянием приливно-отливной деятельности моря. Барьером для этой лагуны служила крупная

рифовая постройка, расположенная в восточной части Непского свода (рис. 3.6). Наличие эвапоритов в разрезе осинского горизонта свидетельствует о том, что формирование осадка происходило в условиях аридного климата.

Выделенные седиментационно-раннедиагенетические пелитоморфные доломиты (мадстоун), характерны для зоны супралиторали, расположенной выше уровня нормальных приливов. Встречаемые в парагенезе с ними вторичные доломиты по пелоидным известнякам, указывают на существование зоны литорали и сублиторали. Образование каркасных известняков с участием реликтов организмов животного происхождения – археоциат (фреймстоун), а также известковых водорослей рода ренальтис (байндстоун) и рода эпифитон (бафлстоун), происходило в условиях зоны органогенного рифа, в тыловой части которого существовали условия для накопления обломочного и оолитового карбонатного материала.

Для построения седиментационной модели в качестве эталонных были выбраны скважины, наиболее охарактеризованные керном. Выявленные закономерности распространения в них выделенных типов пород позволили разработать основные признаки фациальной природы отложений (рис. 3.7). Все признаки были поделены на пять групп. **Первая группа признаков** характеризует преобладание литологической компоненты: глинистой, доломитовой, известковой или эвапоритовой. Классификационным признаком для **второй группы** принята седиментационная структура. Кроме того, уточняющим элементом этих признаков принят тип зернистого компонента или каркаса (оолитовая, строматолитовая, биостромная, биогермная, пелоидная, литокластовая, биокластовая, иловая, кристаллическая.) **Третья группа признаков** базируется на встречаемости органических остатков: эпифитонов, ренальтисов, микрокодиумов, трилобитов, археоциат. **Четвертая группа признаков** составлена на основе текстурных характеристик: тип слоистости, следы размывов, трещины усыхания, штормовые брекчии и т.д.

Кроме того, для фациальной диагностики отложений учитывалась их парагенетическая связь с подстилающими и перекрывающими фациями.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ОСИНСКОГО ГОРИЗОНТА

ПО ВЕЩЕСТВЕННОМУ СОСТАВУ

ДОЛОМИТ

СЛАБО ГЛИНИСТЫЙ  
ГЛИНИСТЫЙ  
СИЛЬНО ГЛИНИСТЫЙ

ИЗВЕСТНЯК

АНГИДРИТ

ГАЛИТ

ТИПЫ ВТОРИЧНЫХ ДОЛОМИТОВ ПО ПЕРВИЧНОЙ СЕДИМЕНТАЦИОННОЙ СТРУКТУРЕ ИЗВЕСТНЯКОВ

ПЕРВИЧНЫЕ КОМПОНЕНТЫ НЕ БЫЛИ СКРЕПЛЕНЫ ВО ВРЕМЯ ОТЛОЖЕНИЯ

МАДСТОУН

ВАКСТОУН

ПАКСТОУН

ГРЕЙНСТОУН

ПЕРВИЧНЫЕ КОМПОНЕНТЫ БЫЛИ СКРЕПЛЕНЫ ВО ВРЕМЯ ОТЛОЖЕНИЯ

БАУНДСТОУН

БАФЛСТОУН

БАЙНДСТОУН

ФРЕЙМСТОУН

ИНТРАКЛАСТОВЫЕ  
СТРОМАТОЛИТОВЫЕ  
МИКРОФИТОЛИТОВЫЕ  
ПЕЛОИДНЫЕ  
ЛИТОКЛАСТОВЫЕ

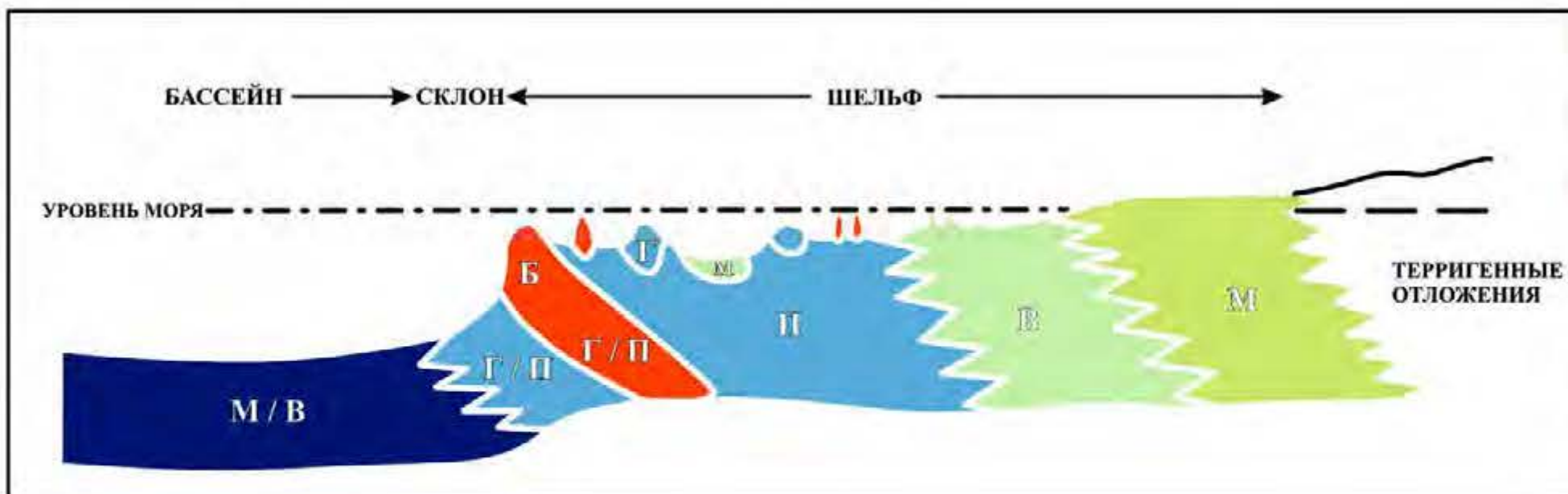
ЛИТОКЛАСТОВЫЕ  
ЛИТО-БИОКЛАСТОВЫЕ

ООЛИТОВЫЕ  
ЛИТОКЛАСТОВЫЕ  
ЛИТО-БИОКЛАСТОВЫЕ

ЭПИФИТОНОВЫЕ  
БАФЛСТОУНЫ

МИКРОФИТОЛИТОВЫЕ  
БАЙНДСТОУНЫ,  
РЕНАЛЬТИСОВЫЕ  
БАЙНДСТОУНЫ

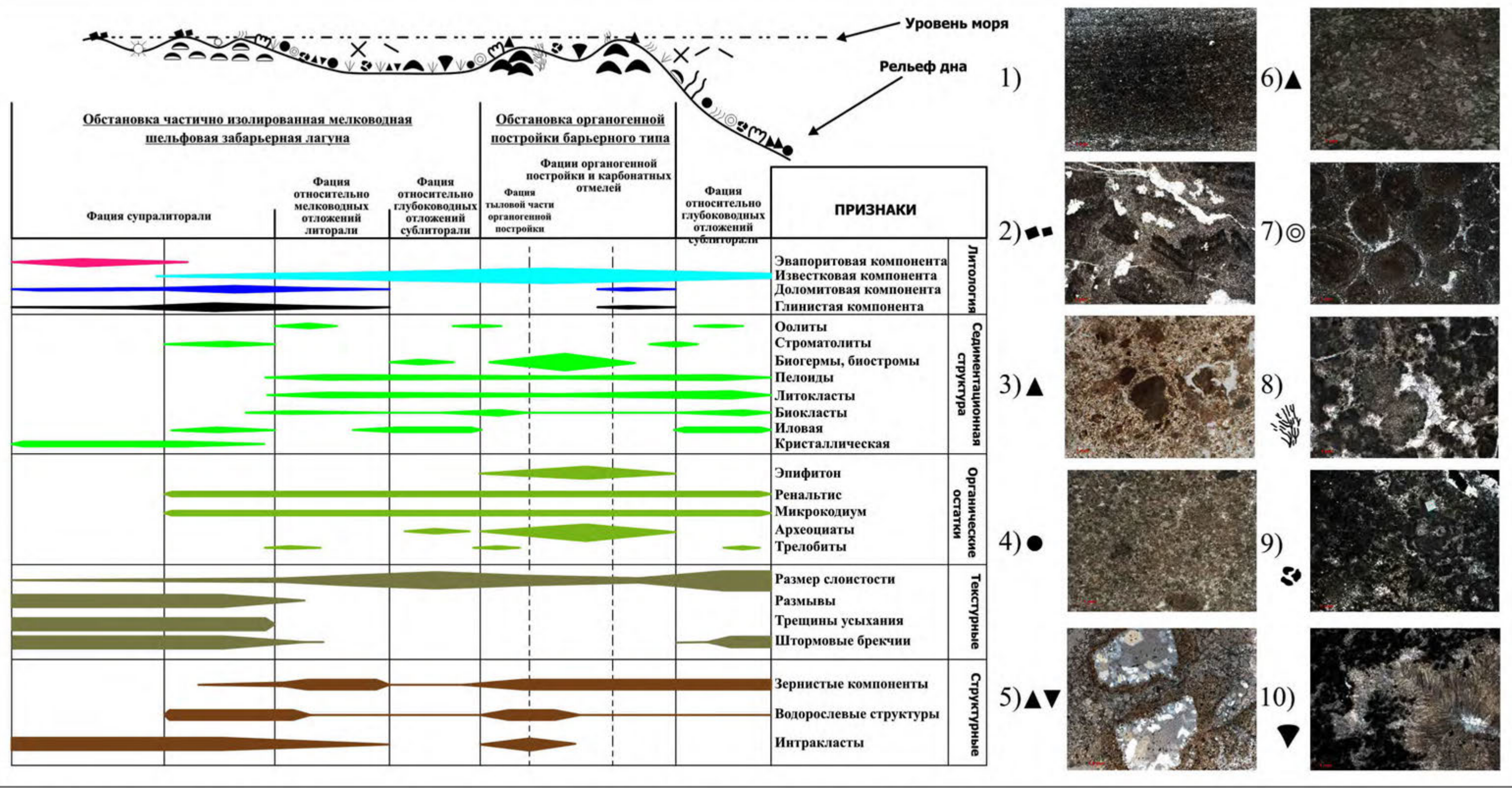
АРХЕОЦИАТОВЫЕ  
ФРЕЙМСТОУНЫ



- M/V** Бассейн, шельф открытого моря, глубоко погруженная окраина шельфа (M/V - мадстоун/вакстоун)
- Г/П** Передовой склон, Г/П - грейнстоун/пакстоун; отмученные пески мелководья (П - пакстоун), барьерные бары (Г - грейнстоун)
- Б Г П** Органическая постройка (Б - баундстоун), тыловая часть постройки (Г/П - грейнстоун/пакстоун)
- М В Σ** Шельфовые лагуны с ограниченным водообменом (М - мадстоун), со свободным водообменом (В - вакстоун)
- Σ** Эвапориты на соляных равнинах - себха (М - мадстоун)

Идеализированная седиментационная модель карбонатного осадконакопления (Уилсон, 1975)

Рисунок 3.6. Дифференциация отложений осинского горизонта Непского свода.



**Рисунок 3.7.** Седиментационная модель осинского горизонта с диагностическими признаками. Фотографии шлифов: 1- мадстоун; 2- интракластовый вакстоун; 3- литокластовый вакстоун; 4-пелоидный вакстоун; 5- лито-биокластовый пакстоун; 6- литокластовый пакстоун; 7- оолитовый грейнстоун; 8- эпифитоновые бафлстоун; 9- ренальтисовый байндстоун; 10- археоциатовый фреймстоун.

Особенности строения осинского горизонта в различных участках Непского свода позволили выделить четыре типа разреза. Первый тип разреза характерен для центральной и северной частей Непского свода (Верхнечонское, Вакунайское и Тымпучиканское месторождения, северная часть Чаяндинского месторождения и Бюктанарская площадь). Второй тип разреза присущ восточной части Непского свода (Талаканское, Чаяндинское и Среднеботуобинское месторождения, Восточно-Талаканская и Нижнечаяндинская площади). В западных частях Талаканского, Чаяндинского и Среднеботуобинского месторождений, Нижнехамакинской площади осинский горизонт формирует третий тип разреза. Четвёртый тип разреза осинского горизонта в основном характерен для отложений северной части изучаемого объекта, в пределах которого расположены Нижнехамакинская и Озёрная площади, Пеледуйское месторождение.

**Первый тип разреза осинского горизонта.** Нижняя его часть представлена сильно глинистыми доломитами, для средней части разреза характерно чередование глинистых и слабо глинистых доломитов с присутствием микрофитолитовых доломитов, а также пачки вторичных доломитов по известнякам первичной пелоидной структуры. В верхней части разреза встречено чередование глинистых и слабо глинистых доломитов с прослоем галитовых доломитов. Мощность отложений первого типа разреза осинского горизонта меняется от 40 до 50 м (рис. 3.8).

**Второй тип разреза осинского горизонта.** Основание разрезов второго типа слагают сильно глинистые доломиты. Однако практически вся вышележащая часть представлена вторичными доломитами по каркасным известнякам. В шлифах этой части разреза встречены многочисленные остатки водорослей рода ренальтис, эпифитон и редкие реликты организмов животного происхождения - археоциат. Завершающим элементом средней части разреза осинского горизонта являются доломиты по оолитовым и литокластовым известнякам с прослоем сильно глинистых доломитов. Завершается разрез чередованием глинистых и слабоглинистых доломитов. Мощность отложений

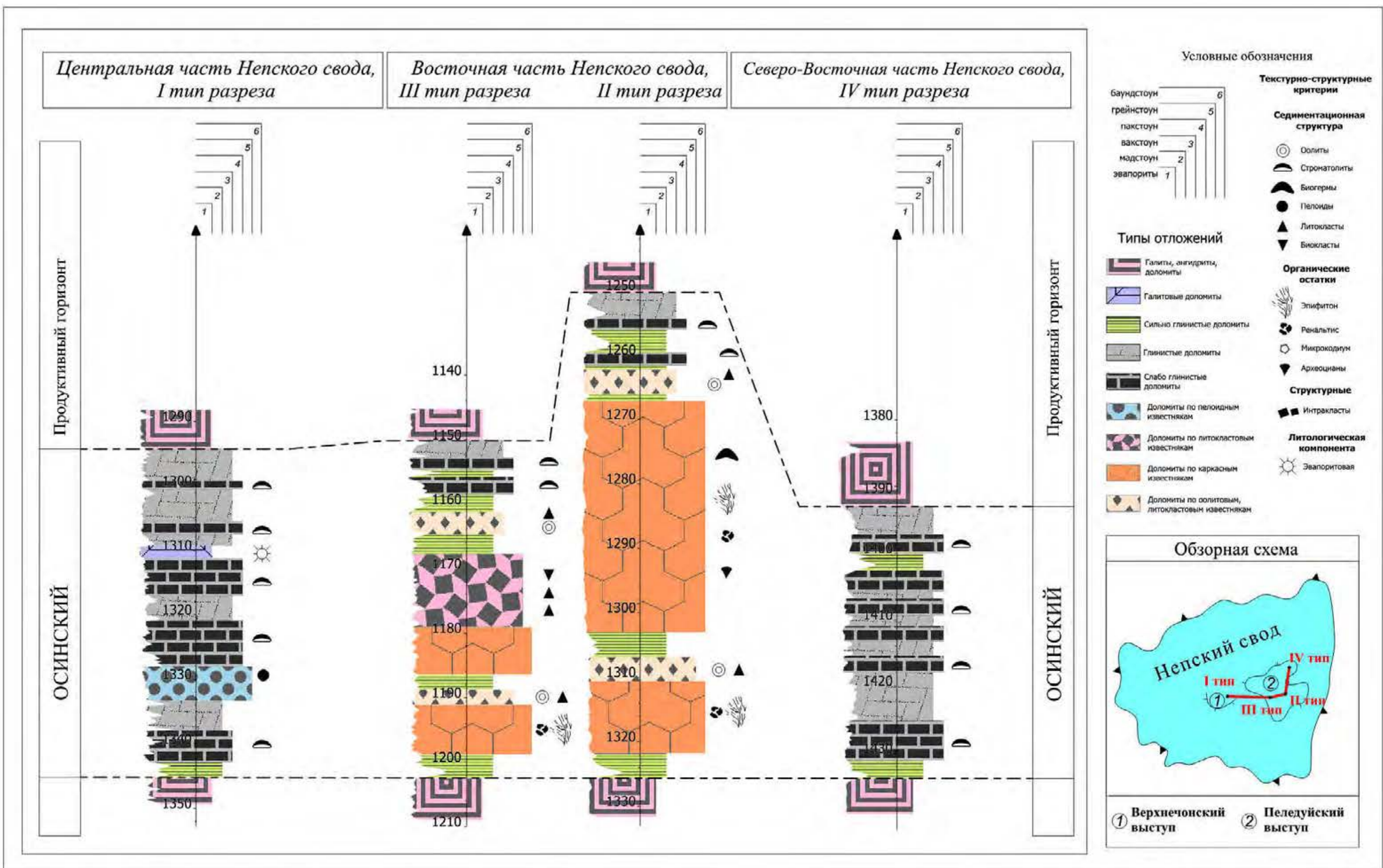


Рисунок 3.8. Характерные типы разреза для отложений осинского горизонта Непского свода.

второго типа разреза осинского горизонта меняется от 60 до 75 м и более (рис. 3.8).

**Третий тип разреза осинского горизонта.** В основании разреза выделены отложения сильно глинистых доломитов, которые перекрыты доломитами по каркасным известнякам с обильными реликтами цианобактерий. Вверх по разрезу их сменяют доломиты по оолитовым известнякам, которые вновь перекрыты доломитами по каркасным известнякам и литокластовыми доломитами. В средней части этого типа разреза преобладают пелоидные известняки с прослоями сильно глинистых доломитов в кровле. Верхняя часть разреза аналогичная рассмотренным выше типам разрезов. Мощность отложений третьего типа разреза варьирует от 50 до 60 м (рис. 3.8.).

**Четвёртый тип разреза осинского горизонта.** Характерной особенностью разреза является отсутствие доломитов по каркасным известнякам и увеличение глинистой компоненты в разрезе. Многими учёными подтверждено, что в пределах северной части Непско-Ботуобинской антеклизы происходит фациальное замещение пород, водорослевые известняки осинского горизонта замещаются карбонатно-глинистыми породами. Также как и в остальных типах, в основании разреза выделены отложения сильно глинистых доломитов. Мощность отложений четверного типа разреза осинского горизонта менее 40 м (рис. 3.8.).

### **3.3. Обоснование каротажных фаций осинского горизонта**

На территории Непского свода отложения осинского горизонта заключены между пластами подосинских и надосинских солей, что позволяет четко выделять его границы по данным геофизических исследований скважин.

Для восстановления условий осадконакопления и определения закономерностей формирования отложений осинского горизонта, помимо

детальных исследований керна в скважинах, были разработаны каротажные фации.

Для каждой фации характерны особые, только ей свойственные формы каротажных кривых. Для более уверенного определения фаций по их каротажным моделям кроме формы конкретной кривой анализировались и составляющие ее элементы (кровельная, боковая, подошвенная линии, ширина аномалии и т.д.). Каждый из этих элементов указывает на характер процесса накопления осадков (Муромцев, 1984).

**Кровельная линия.** Эта линия отражает изменение литологического состава пород и палеогидродинамических условий, существовавших на последних этапах формирования отложений, и характер их контактов с вышележащими отложениями. Горизонтальная кровельная линия фиксирует резкий литологический контакт на границе с перекрывающими породами, обусловленный резкой сменой гидродинамических режимов осадконакопления. Наклонная кровельная линия указывает на постепенный переход одних литологических разностей в другие. Наклонные кровельные линии в зависимости от характера переходов могут быть:

а) прямыми, что соответствует постепенному равномерному изменению литологического состава пород;

б) волнистыми, отражающими постепенное, но неравномерное изменение литологического состава вверх по разрезу;

в) зубчатыми, связанными с резкими переходами одних литологических разностей в другие;

г) рассеченными, указывающими на наличие чередующихся прослоев различного литологического состава в верхней части изучаемых отложений.

**Боковая линия.** Характер боковой линии отражает палеогидродинамические особенности формирования отложений данной фации, зафиксированные в изменении литологического состава по разрезу. Боковые линии могут быть прямыми, волнистыми, зубчатыми и рассеченными. Прямая боковая линия свидетельствует об однородности литологического



состава и постоянстве палеогидродинамических уровней в период формирования отложений. Волнистые боковые линии отражают чередование пород близкого литологического состава, обусловленного небольшими колебаниями гидродинамических уровней седиментации. Зубчатые и рассеченные боковые линии, отражающие чередование прослоев различного литологического состава, указывают на непостоянство и резкую смену палеогидродинамических условий седиментации.

Подошвенная линия. Характер перехода или контакта с подстилающими отложениями в сочетании с другими признаками позволяет не только выявлять некоторые детали процесса накопления осадков, но в ряде случаев представляется решающим фактором в определении генезиса отложений.

При разработке каротажных фаций был использован приём, заключающийся в прослеживании не одного-двух «пиков» этих кривых, а совокупности характерных особенностей их конфигурации, позволяющих прослеживать целую группу пластовых поверхностей. Этот подход обладает тем преимуществом, что позволяет получить представление о геометрической форме самих пластов на разрезе, а не о положении отдельных литостратиграфических единиц (их «кровельных» поверхностей, которые могут пересекать разные временные интервалы).

Особенно важно при интерпретации ГИС и последующей корреляции, необходимых для разработки каротажных фаций для древних карбонатных отложений осинского горизонта, использовать принцип сочетания каротажных моделей фаций в разрезе для установления фациальной природы осадка и направленности процесса седиментации. Разработанные каротажные модели парагенетических рядов фаций позволяют располагать генетически близкие фации в определенной последовательности по разрезу и площади. Знание последовательной смены фаций упрощает определение генезиса залегающего выше осадка по каротажным разрезам скважин, даже если каротажная модель этой фации была выражена недостаточно четко.

Н.К. Фортунатова (Фортунатова Н.К. и др., 2010) считает, что отличительной особенностью методики диагностики карбонатных отложений по данным ГИС является использование, в качестве основных диагностических признаков генетических типов карбонатных пород, определяемых по данным ГИС, содержания нерастворимого остатка (н.о.) и плитчатости пород, так как они мало зависят от вторичных изменений (кроме вторичных процессов, увеличивающих содержание н.о., например окремнения). Определение нерастворимого остатка, представленного глинами и характера плитчатости в разрезах карбонатных отложений, неохарактеризованных или слабо охарактеризованных керном, проводится по данным радиоактивного каротажа, так как существует зависимость содержания глинистой примеси в карбонатных породах и показаний  $I_{\gamma}$  за исключением битумо- и нефтенасыщенных интервалов (Седиментологическое..., 2000; Фортунатова Н.К. и др., 2010). Количество глинистой примеси в карбонатных породах в большинстве случаев определяет содержание радиоактивных изотопов К, Th, U, входящих в кристаллическую решетку глинистых минералов. Значения естественной гамма-активности (метод ГК) в известняках изменяются: 1–2 мкР/ч в биогермных известняках, 6–8 мкР/ч в глинистых известняках, 12 мкР/ч в сильно глинистых карбонатах (Технология..., 2001).

В процессе работы были разработаны каротажные фации отложений, образованных в условиях приливно-отливной равнины, отложений мелкой сублиторали, тыловой части органогенной постройки, собственно органогенной постройки и карбонатных отмелей.

Каротажной фации, отвечающей отложениям осинского горизонта, образованного в условиях приливно-отливной равнины, характерна сильно изрезанная запись боковой линии рисунков кривой метода ГК и кривой метода НГК.

Зубчатость боковой линии говорит о чередовании прослоев различного литологического состава. Кровельные и подошвенные линии методов имеют

рассеченный и зубчатый вид, что указывает на наличие чередующихся прослоев сильно глинистых доломитов и известковистых доломитов (рис. 3.9).

Данные каротажные фации встречены в основании и в кровле всех типов разреза осинского горизонта, а кроме того, они часто встречаются в разрезе первого и четвёртого типов разреза.

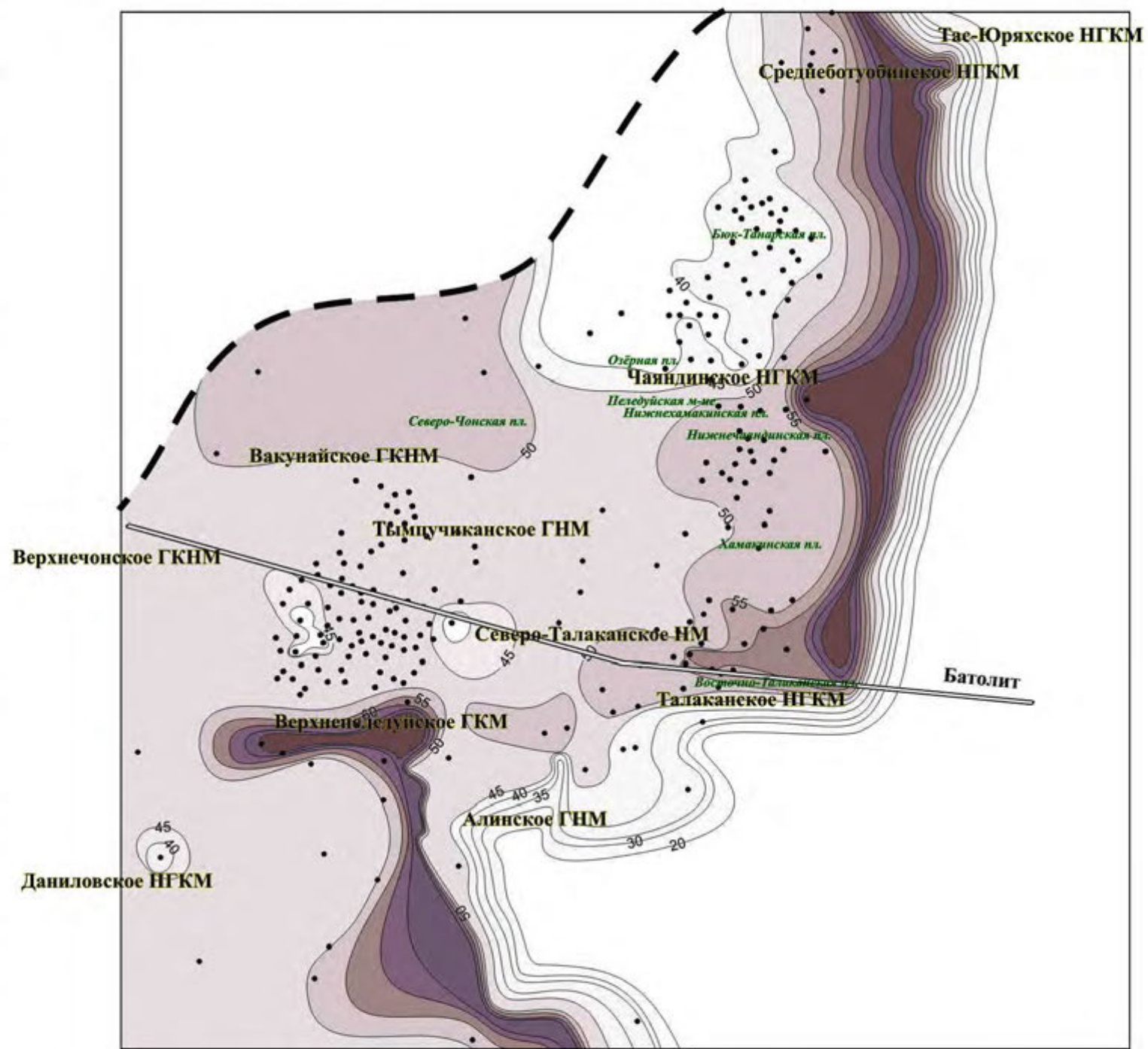
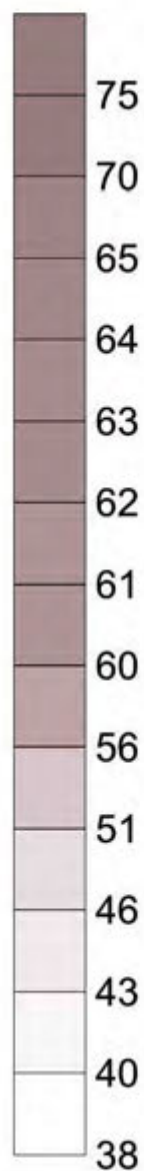
Каротажной фации, отвечающей отложениям осинского горизонта сформированным в относительно глубоководных условиях сублиторали, характерен волнистый рисунок боковых линий кривой метода ГК и кривой метода НГК (рис. 3.10). Что отражает чередование пород близкого литологического состава, обусловленного небольшими колебаниями гидродинамических уровней седиментации. Кровельные и подошвенные линии методов имеют рассечённый вид, что свидетельствует о смене типов отложений, так как доломиты по пелоидым известнякам сублиторали подстилаются и перекрываются доломитами более мелководных фаций с увеличенной глинистой компонентой. Каротажные фации сублиторали выделены в отложениях средней части первого типа разреза осинского горизонта.

Каротажной фации тыловой части органогенной постройки свойственен зубчатый рисунок, рисунок близкий к волнистому - до прямого боковой линии кривых методов ГК и НГК (рис. 3.10). Волнистые боковые линии отражают литологический состав - доломиты по литокластам. Подошвенная линия имеет вид прямой, так как данные отложения перекрывают доломиты по каркасным известнякам, а кровельная линия рассеченная. Рассеченная кровельная линия связана с тем, что на литокластовых доломитах залегают мелководные сильно глинистые доломиты приливно-отливной равнины. Каротажная фация тыловой части органогенной постройки идентифицирована в средней части отложений третьего типа разреза осинского горизонта.

Для каротажной фации, отвечающей отложениям органогенной постройки осинского горизонта, характерной записью на рисунке боковой линии кривой метода ГК является минимальная изрезанность линии (прямая), а

# Непский свод

Шкала толщин, м.



Условные обозначения

- Линии равных мощностей отложений, м.
- Точки скважин, используемых для выполненных построений
- Область с отсутствием данных для выполняемых построений

Фрагмент регионального профиля Батолит

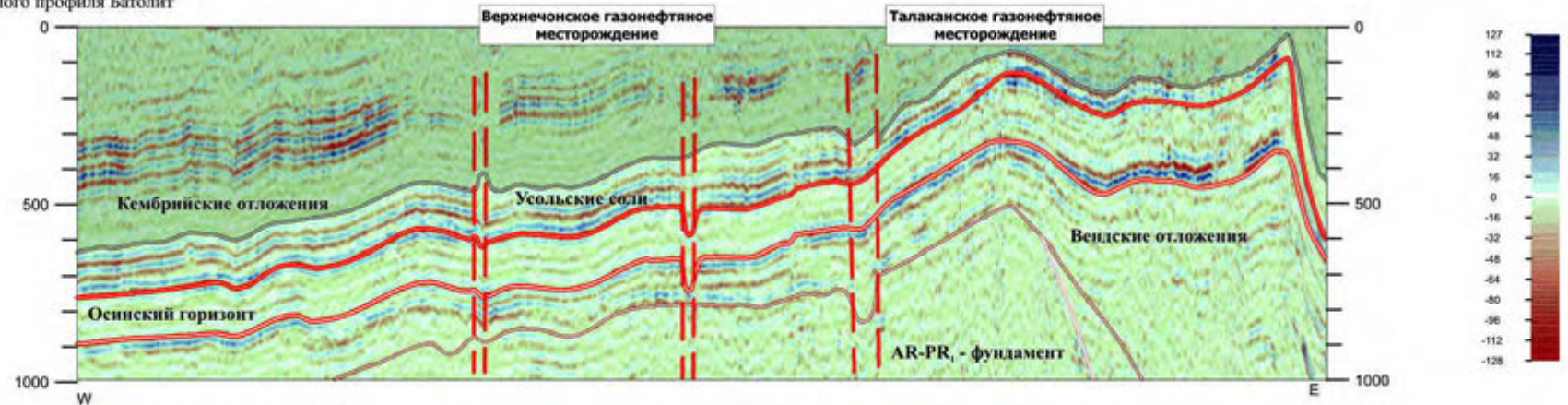
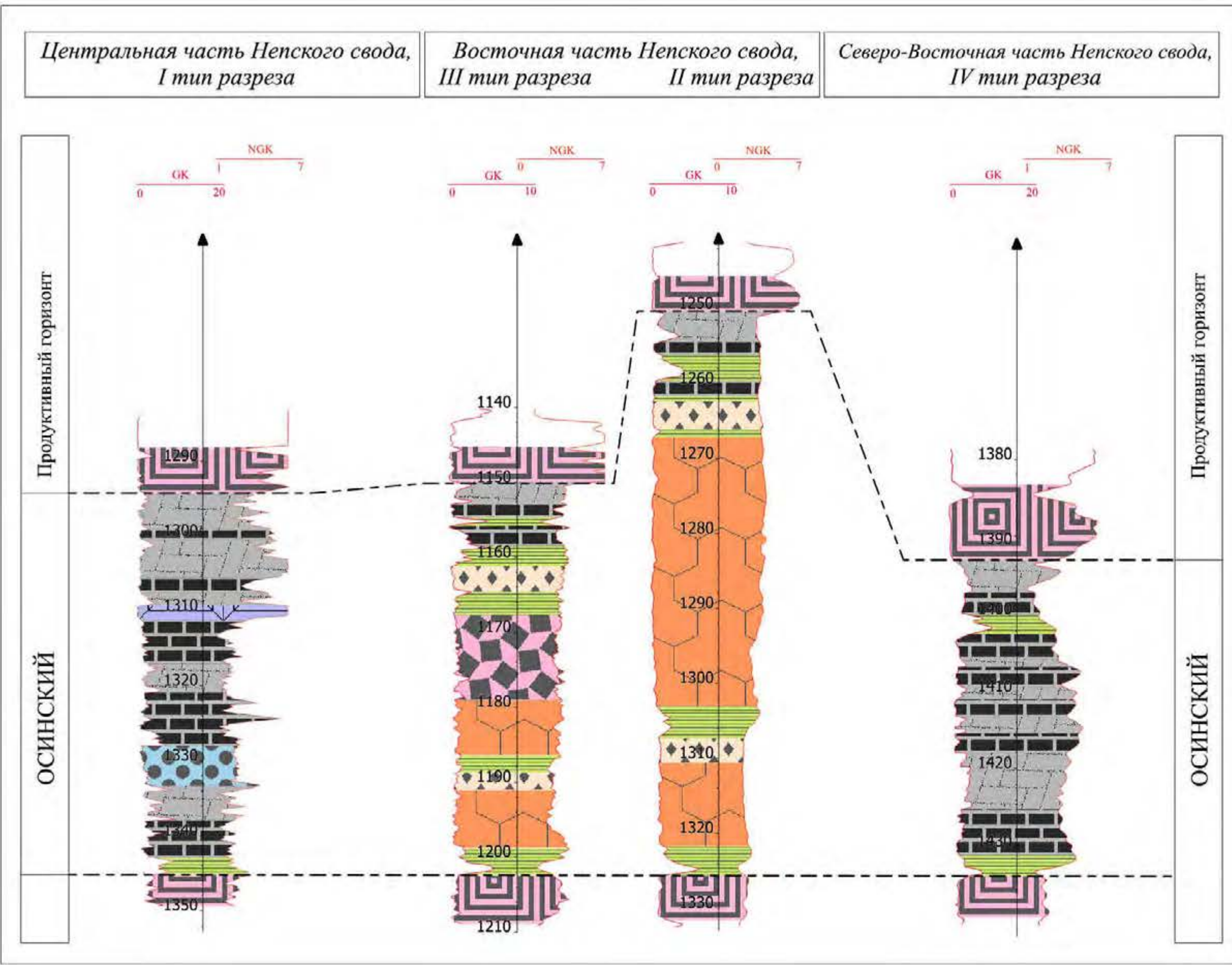
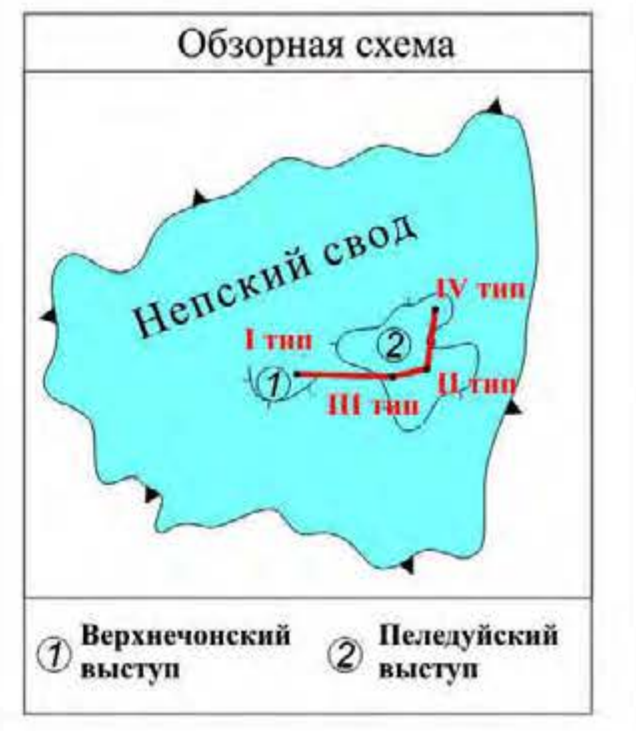


Рисунок 3.9. Изменение толщины осинского горизонта в пределах Непского свода.



- Условные обозначения**
- Обстановка частично изолированная  
мелководная шельфовая
- Фация забарьерная литораля относительно мелководных литораля
- Фация супралитораля относительно мелководных литораля
- Галиты, ангидриты, доломиты
  - Галитовые доломиты
  - Локальной супралитораля, сильно глинистые доломиты
  - Глинистые доломиты
  - Слабо глинистые доломиты
- Фация относительно глубоководных литораля
- Фация относительно глубоководных литораля
- Фация относительно глубоководных литораля
- Обстановка органогенной постройки барьерного типа
- Фация тыловой части органогенной постройки
- Доломиты по литокластовым известнякам
  - Доломиты по каркасным известнякам
- Фация органогенной постройки
- Фация карбонатных отмелей
- Доломиты по оолитовым, литокластовым известнякам



**Рисунок 3.10.** Каротажные фации отложений осинского горизонта Непского свода.

для кривой НГК - гладкая «массивная» запись – волнистая и прямая (рис. 3.10). Прямая боковая линия методов говорит об однородности литологического состава и постоянстве палеогидродинамических уровней в период формирования каркасных известняков. Кровельная и подошвенная линии имеют вид от прямого до рассечённого в зависимости от подстилающих типов отложений. Так, для отложений второго типа разреза осинского горизонта, где разрез сложен более чем на 60% доломитами по каркасным известнякам, подошвенная и кровельная линии изрезанные и рассечённые, так как заключены доломиты по каркасным известнякам между доломитами с повышенной глинистой компонентой, формирование которых происходило в более мелководных условиях.

Для каротажной фации, отвечающей отложениям карбонатных отмелей осинского горизонта и представленных вторичными средне-, мелко- и реже крупнокристаллическими доломитами по светлоокрашенным известнякам с первичной литокластической, оолитовой и пелоидной структурой, характерным рисунком кривой метода ГК является небольшая изрезанность, а для рисунка кривой метода НГК – «массивность» записи (рис. 3.10).

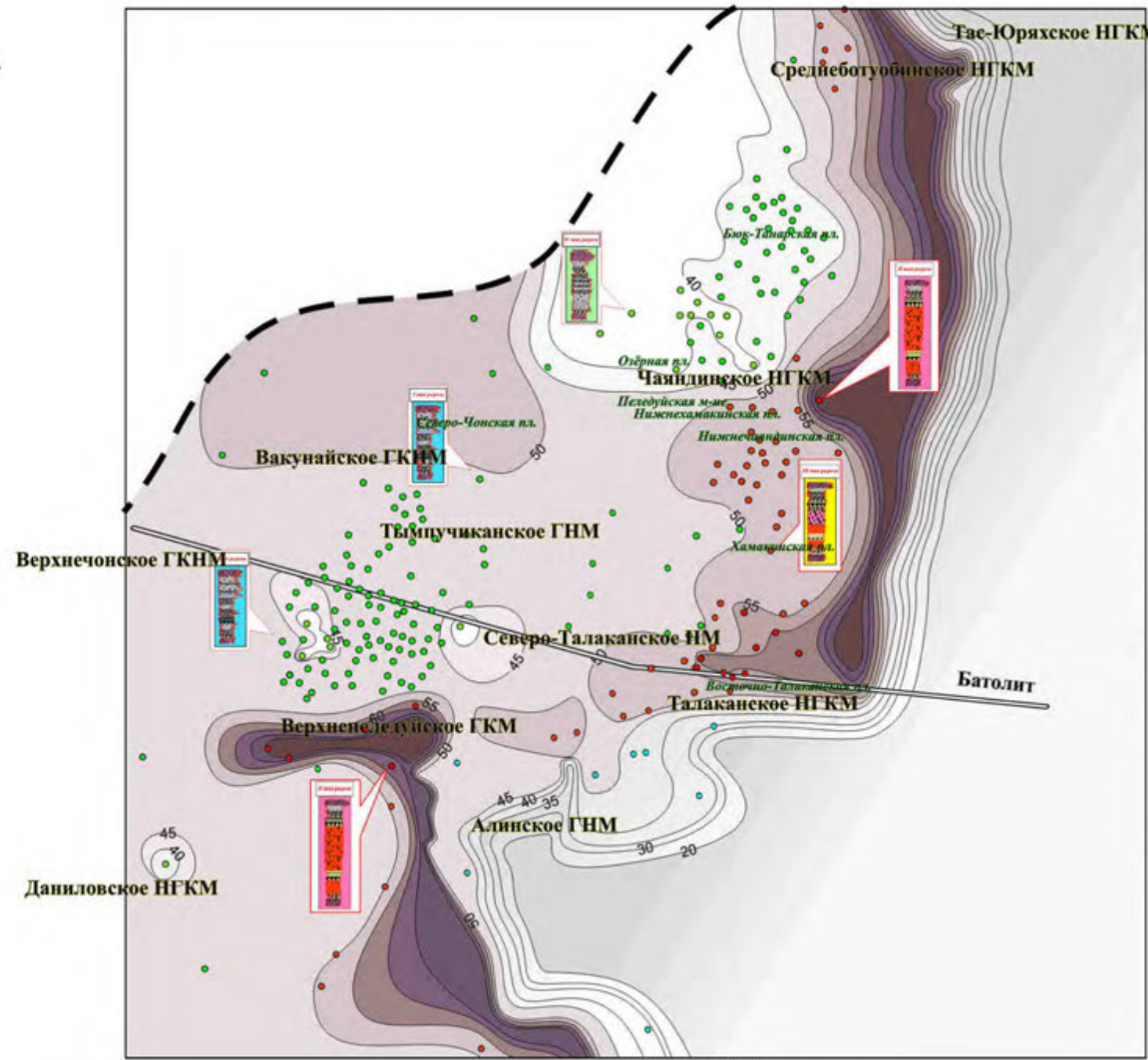
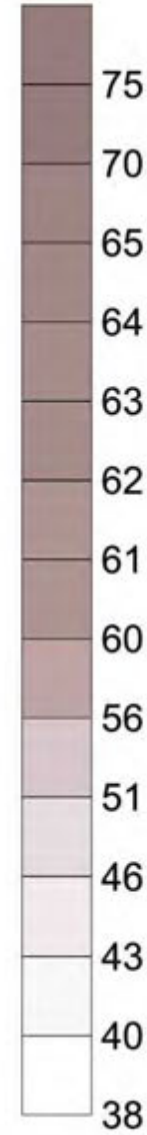
Разработанные каротажные фации позволили прогнозировать литотипы и типы разреза осинского горизонта даже в тех скважинах, где присутствовали только данные ГИС (рис. 3.10.).

На основании выполненной интерпретации и межскважинной корреляции отложений осинского горизонта была построена карта толщин, которая наглядно демонстрирует закономерности изменения мощности отложений осинского горизонта в пределах изучаемой территории (рис. 3.11).

В пределах центральной части Непского свода отложения осинского горизонта пользуются повсеместным распространением, изменяясь в толщинах от 35 до 50 м, на большей его части – от 45 до 47 м. Наименьшие значения мощности встречены в скважинах северо-западной части, минимальная мощность – 35 м. Средние значения толщин осинского горизонта характерны

# Непский свод

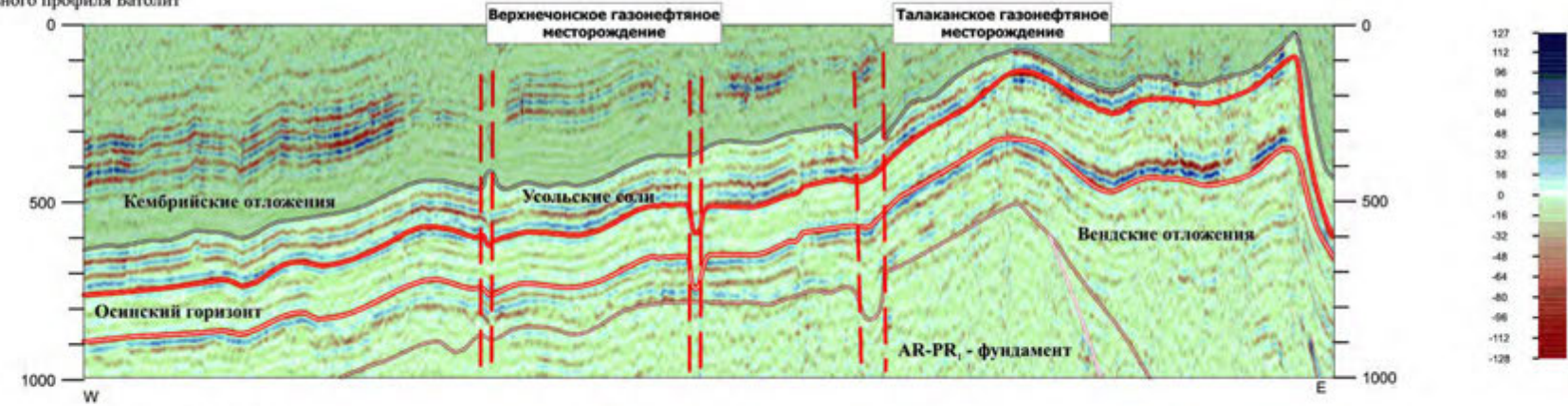
Шкала толщин, м.



- Условные обозначения**
- Типы разреза осинского горизонта**
- 1 ●
  - 2 ●
  - 3 ●
  - 4 ●
  - 5 ●
- В разрезах скважин:**
- Обстановка частично изолированной
  - мелководная (гипсоносная)
  - Галиты, ангидриты, доломиты
  - Галитовые доломиты
  - Локальной супралиторали, сильно глинистые доломиты
  - Фация относительно мелководных отложений литорали и мелководных суббореальных
  - Глинистые доломиты
  - Сильно глинистые, субморские доломиты
  - Доломиты по пеллоидным известнякам
  - Обстановка органогенной постройки бальсенового типа
  - Фация мелководной постройки
  - Доломиты по карбонатным известнякам
  - Фация органогенной постройки
  - Доломиты по карбонатным известнякам
  - Фация карбонатных отложений
  - Доломиты по солитовым, литокластовым известнякам

- Условные обозначения**
- Линии равных мощностей отложений, м.
  - Точки скважин, используемых для выполненных построений
  - Область с отсутствием данных для выполняемых построений

Фрагмент регионального профиля Батолит



**Рисунок 3.11.** Схема распространения отложений осинского горизонта с различным типом разреза, а также изменений толщин горизонта, в пределах Непского свода.

для центральной и западной частей (от 46 до 47 м), а максимальную мощность имеют отложения в юго-восточной части (до 50 м).

Для восточной части Непского свода характерно повсеместное распространение отложений осинского горизонта, мощность отложений горизонта меняется от 38 до 75 м и выше. Наименьшие значения мощности отложений выделены в северо-западной части, минимальная мощность, вскрытая скважиной, равна 38 м. Средние значения толщин горизонта характерны для центральной области (от 50 до 57 м). Наибольшие толщины встречены в скважинах южной и в восточной частях свода, причём максимальная мощность восточной части достигает 75 м.

Таким образом, мощность осинского горизонта меняется с запада на восток от центральной части Непского свода в направлении восточной - от 35 до 75 м. При этом для восточной части свода характерно резкое уменьшение мощности отложений осинского горизонта, что отмечается на региональном профиле Батолит, в этой части отложения достигают мощности в 20 м. Резкое уменьшение в восточной части Непского свода мощности отложений осинского горизонта, а также разработанная седиментационная модель указывает на то, что в данной области отложения горизонта накапливались в относительно глубоководных условиях сублиторали. В этой области прогнозируется пятый тип разреза осинского горизонта, в составе которого доминируют глинистые доломиты с комками водорослей, отложения местами ангидритизированные.

Долевое участие выделенных литотипов в строении разрезов разного типа осинского горизонта следующее.

**Для первого типа разреза** характерно соотношение выделенных литотипов к общей мощности горизонта в следующей пропорции: суммарное присутствие водорослевого литотипа в среднем достигает 40% (от общей мощности), пелоидный литотип редко достигает 10%, на долю других литотипов (сильно глинистый, слабо глинистый и глинистый) приходится от 50% до 60% и в редких случаях выше. **Для второго типа разреза осинского горизонта** характерно доминирующее участие в строении доломитов по



каркасным известнякам, в среднем их доля изменяется от 50% до 60%, в то время как суммарное участие в строении доломитов по литокластовым, оолитовым и водорослевым известнякам не превышает 30%, при этом на долю других литотипов приходится не более 20%. Для **третьего типа разреза** характерным является присутствие доломитов по литокластовым известнякам с долей от 40% до 60%, суммарная доля доломитов по каркасным, оолитовым и водорослевым известнякам не превышает 30%, при этом на другие литотипы редко приходится более 10%. Для **четвёртого типа разреза** характерно доминирование сильно глинистых, глинистых и слабоглинистых доломитов, их общая доля достигает в отдельных случаях даже 70%, остальные отложения представлены тонкими прослоями водорослевых доломитов.

### **3.4. Циклофациальная модель осинского горизонта**

Развитие Предпатомского бассейна седиментации, частью которого являлся Непский свод, в осинское время происходило циклически на протяжении всей истории его развития, что обусловило циклитовое строение разреза осинского продуктивного горизонта. Как было отмечено ранее, особенностью этого времени, является максимум трансгрессии, начало которой было положено обширным опусканием территории Сибирской платформы в конце позднего докембрия. Венд - раннекембрийский период являлся временем максимального развития по площади рифей-венд-кембрийского осадочного бассейна (Постникова, 2007).

Выполненное изучение отложений осинского горизонта, их классификация, а также интерпретация ГИС, позволили выделить в его разрезе несколько «обмеляющихся кверху» седиментационных циклитов, границами между которыми выступают трансгрессивные поверхности. Последние представляют собой своеобразные седиментационные маркеры, отражающие квазисинхронные события изменения седиментационной ситуации (Прогнозирование ..., 2006). Важно отметить, что для двух первых и

последнего циклитов трансгрессивные поверхности совпадают с поверхностями размывов (рис. 3.12, рис. 3.13, рис. 3.14).

В целом, в строении осинского горизонта выделено шесть циклитов, в которых наблюдается определённая последовательность смены полигенных осадков. Первый циклит (мощностью 2 – 4 м) представлен пачкой сильно глинистых доломитов, развитых в основании всех четырёх типов разреза горизонта. В кровле циклита фиксируется поверхность размыва. Для первого циклита характерными признаками являются интракласты и водорослевые структуры, строматолиты, из органических остатков встречаются редкие реликты водорослей рода ренальтис и микрокодиум.

В составе второго циклита выделены последовательно сменяющиеся друг друга вверх по разрезу слабо глинистые доломиты (первый и четвёртый типы разреза), либо доломиты по каркасным известнякам (второй и третий типы разреза), которые последовательно сменяются доломитами по оолитовым и литокластовым известнякам с глинистыми доломитами в кровле. Здесь встречены реликты водорослей рода ренальтис и эпифитон, которые являются рифосроителями, и они образуют небольшие прослои баундстоунов. В кровле циклита идентифицируется субаэральная поверхность. Мощность отложений второго циклита меняется от 9 до 18 метров, максимальную мощность циклит имеет в отложениях второго типа разреза.

В основании третьего циклита первого типа разреза залегают доломиты по пелоидным и сгустковым известнякам, которые коррелируются с доломитами по каркасным известнякам второго и третьего типов разреза и с глинистыми доломитами четвёртого типа разреза. В случае первого и четвёртого типов разреза, отложения перекрываются слабо глинистыми и глинистыми доломитами, которые сопоставляются с сильно глинистыми доломитами второго типа разреза. Для третьего циклита отложений осинского горизонта третьего типа разреза характерным является наличие мощной пачки отложений вторичных доломитов по первичным литокластовым известнякам, которые залегают над вторичными доломитами по первичным каркасным

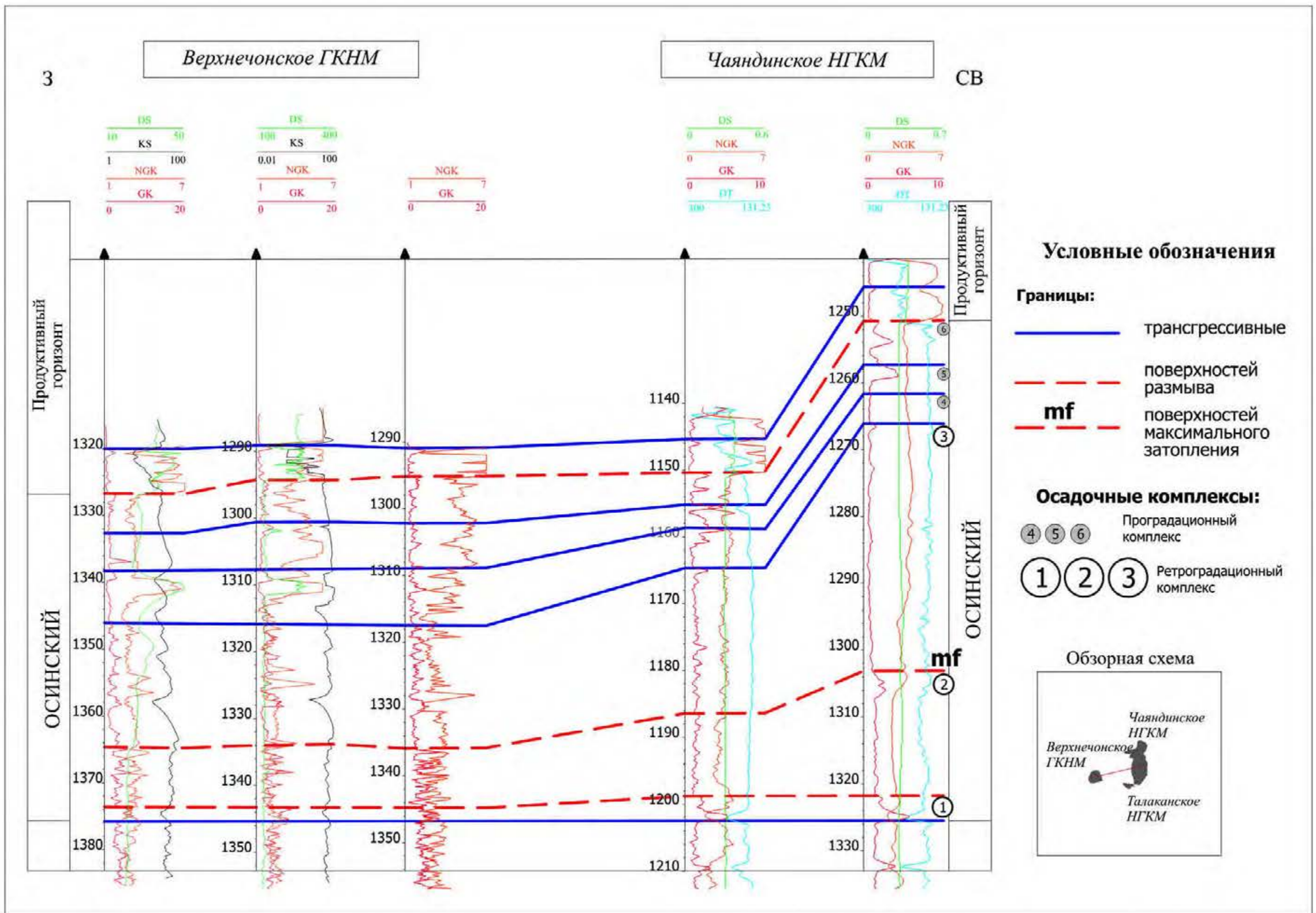
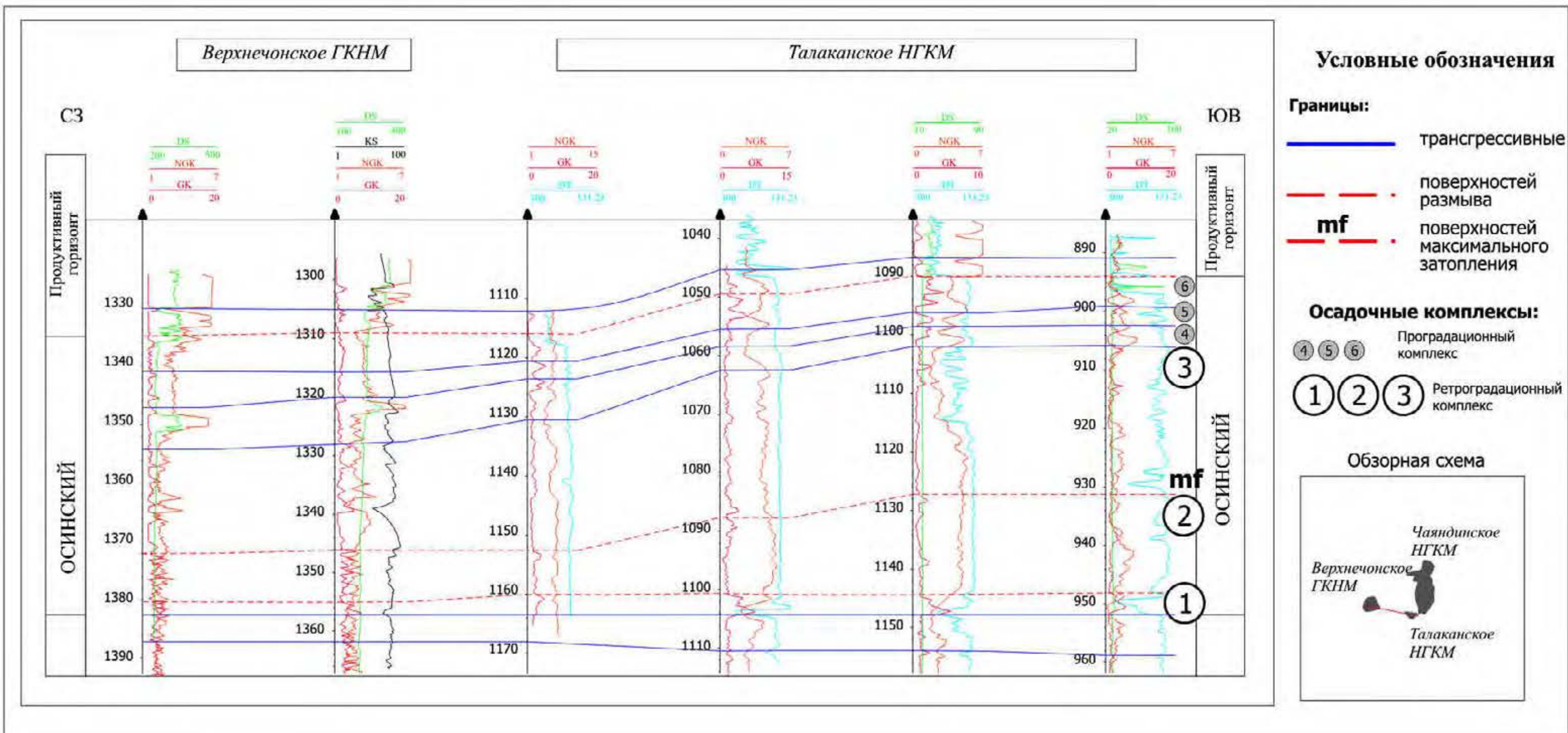


Рисунок 3.12. Межскважинная корреляция выделенных в отложениях осинского горизонта циклитов.

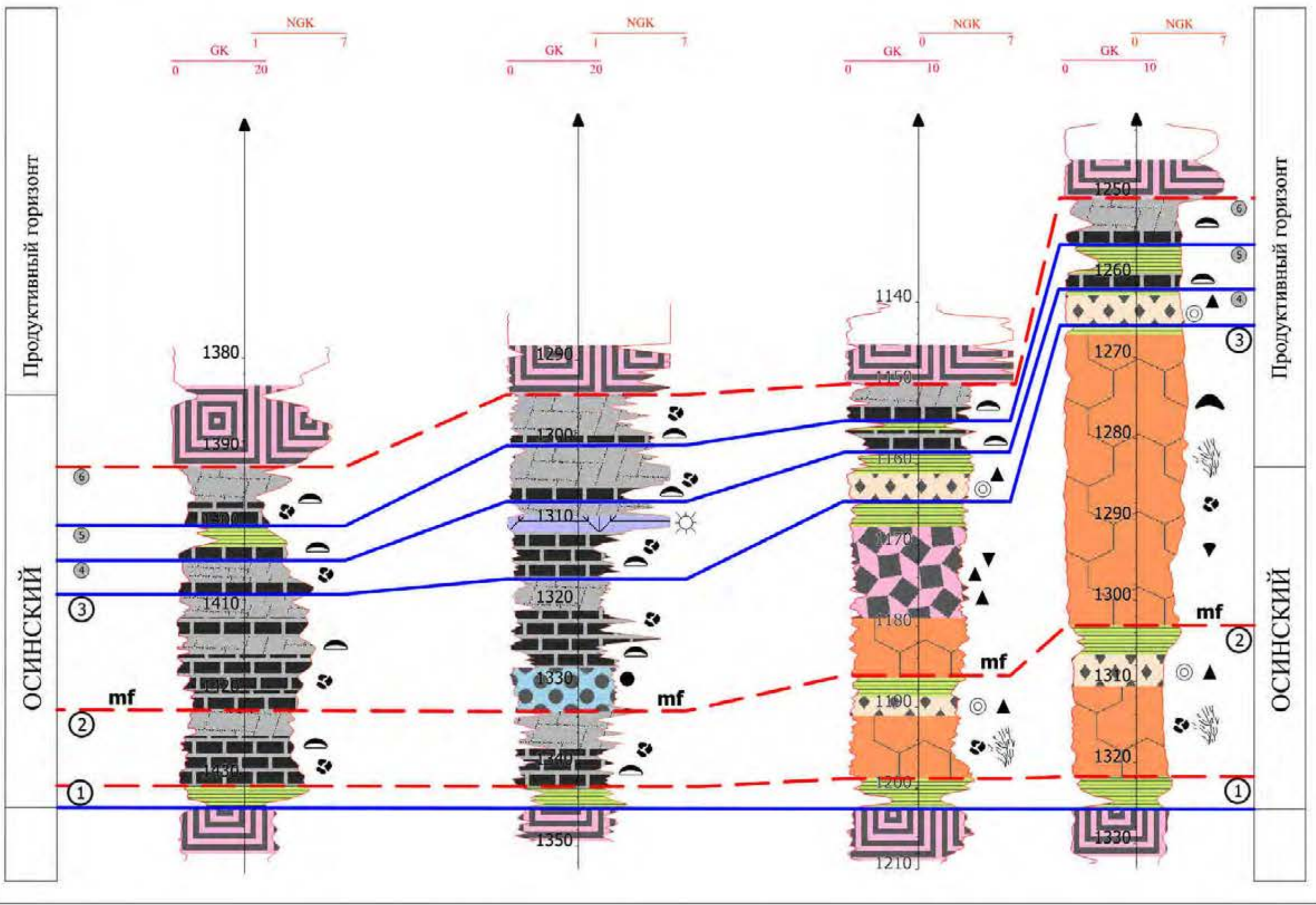


**Рисунок 3.13.** Межскважинная корреляция выделенных в отложениях осинского горизонта циклитов.

Северо-Восточная часть Непского свода,  
IV тип разреза

Центральная часть Непского свода,  
I тип разреза

Восточная часть Непского свода,  
III тип разреза II тип разреза



**Условные обозначения**

Обстановка частично изолированная

мелководная шельфовая

Фация забарьерная литорали относительно мелководных супралиторали

Фация относительно глубоководных отложений сублиторали

Обстановка органогенной постройки барьерного типа

Фация тыловой части органогенной постройки

Фация органогенной постройки

Фация карбонатных отмелей

**Границы:**

— трангрессивные

- - - - - поверхности размытия

mf - - - - - поверхности максимального затопления

**Осадочные комплексы:**

④ ⑤ ⑥ Проградационный комплекс

① ② ③ Ретроградационный комплекс

**Текстурно-структурные критерии**

**Седиментационная структура**

○ Оолиты

◐ Stromatolites

◑ Биогерны

● Пелоиды

▲ Литокласты

▼ Блокласты

**Органические остатки**

☙ Эпифитон

☚ Ренальтис

○ Микрокодium

▼ Архецианы

**Структурные**

■ Интракласты

**Литологическая компонента**

☼ Эвапоритовая

**Обзорная схема**

Непский свод

① Верхнеосинский выступ

② Пелудуйский выступ

Рисунок 3.14. Каротажные фации отложений осинского горизонта Непского свода.

известнякам, вверх по разрезу перекрываются отложениями сильно глинистых доломитов. Мощность отложений третьего циклита меняется от 16 до 36 м, максимальной мощности циклит достигает в отложениях второго типа разреза.

Четвёртый циклит, в случае первого и четвёртого типов разреза, представлен последовательной сменой отложений слабо глинистых доломитов на глинистые доломиты, с тем лишь отличием, что для отложений первого типа разреза характерно наличие в верхней части циклита толщи порядка 2 м галитовых доломитов. В случае второго и третьего типов разреза, четвёртый циклит представлен последовательной сменой отложений от доломитов по оолитовым и литокластовым известнякам к выше залегающим отложениям сильно глинистых доломитов. Мощность отложений четвёртого циклита меняется от 4 до 8 м, максимальная мощность встречена в отложениях первого типа разреза.

В пятом циклите выделена общая для четырёх типов разреза смена отложений: от слабо глинистых доломитов в нижней части циклита до глинистых доломитов в верхней части. Мощность отложений пятого циклита меняется от 3 до 7 м, при этом максимальная мощность также как и для четвёртого циклита свойственна отложениям первого типа разреза.

Шестой циклит характерен для всех типов разреза и завершает разрез осинского горизонта последовательной сменой слабо глинистых доломитов на глинистые доломиты. Мощность отложений шестого циклита меняется от 4 до 6 м, для максимальной мощности шестого циклита тенденция сохраняется.

Проведённый анализ последовательности наложения полигенных осадков в разрезе циклитов, а также их мощностей показал, что для первого, второго и третьего циклитов характерно ретроградационное строение, что свидетельствует о накоплении их в период наращивания аккомодационного пространства, характерного для трансгрессии моря. Для четвёртого, пятого и шестого циклитов характерна проградационная последовательность, отвечающая нормальной регрессии.

Условия для роста органогенных построек наиболее благоприятны в период трансгрессии. Именно в это время происходило образование небольших по мощности слоёв баундстоунов на Бюк-Танарской площади, в районе Озёрного, Верхнечонского, Вакунайского и Тымпучиканского месторождений (первый и четвёртый типы разреза) и мощной органогенной постройки, вскрытой бурением на Чаяндинском и Талаканском месторождениях. Предполагается, что практически за одинаковое время произошло накопление отложений осинского горизонта разной мощности – от 38 м в центральной части Непского свода до 75 м (и больше) – в восточной. В области развития органогенной постройки было сформировано несколько десятков метров осадка второго типа разреза осинского горизонта, в то время как в области развития отложений приливно-отливной равнины происходило накопление отложений существенно меньшей мощности.

В восточной части полигона исследований наблюдается достаточно резкое увеличение мощности одновозрастных отложений (от 20 до 50 м), а в их составе последовательно растёт доля доломитов по каркасным известнякам (рис. 3.15). Это свидетельствует о том, что анализируемые разрезы находятся в тыловой части органогенной постройки и собственно органогенной постройке, при этом максимальные толщины отложений могут быть вскрыты при бурении новых скважин восточнее центральной части открытого Чаяндинского месторождения.

В.Г. Кузнецов предлагает следующий сценарий образования данных органогенных построек: первичными были поселения микрофитолитов, которые не имели чётко оформленных и обызвествлённых фрагментов. Микрофитолиты продуцировали слизь, которая способствовала улавливанию тонкого материала и связыванию осадка. На образованных и слабовыраженных в рельефе морского дна аккумулятивных формах образовывались биоценозы, состоящие из цианобактерий - ренальтисов, дополненных корками макровел,

3

Верхнечонское ГКНМ

Чаяндинское НГКМ

СВ

Условные обозначения

DS		
10	KS	50
1	NGK	100
1	GK	7
0		20

DS		
100	KS	400
0.01	NGK	100
1	GK	7
0		20

NGK		
1	GK	7
0		20

DS		
0	NGK	0.6
0	GK	7
0	DT	10
300		131.23

DS		
0	NGK	0.7
0	GK	7
0	DT	10
300		131.23

Обстановка частично изолированная  
мелководная шельфовая  
забарьерная лагуна

Фацция супралиторали

- Галиты, ангидриты, доломиты
- Галитовые доломиты
- Локальной супралиторали, сильно глинистые доломиты

Фацция относительно мелководных отложений литорали

- Глинистые доломиты
- Слабо глинистые доломиты

Фацция относительно глубоководных отложений сублиторали

- Доломиты по пелоидным

Обстановка органогенной постройки барьерного типа

Фацция тыловой части органогенной постройки

- Доломиты по литокластовым известнякам

Фацция органогенной постройки

- Доломиты по каркасным известнякам

Фацция карбонатных отмелей

- Доломиты по оолитовым, литокластовым известнякам

Границы:

- трансгрессивные
- поверхностей размыва

Осадочные комплексы:

- Проградационный комплекс (4, 5, 6)
- Ретроградационный комплекс (1, 2, 3)

Обзорная схема

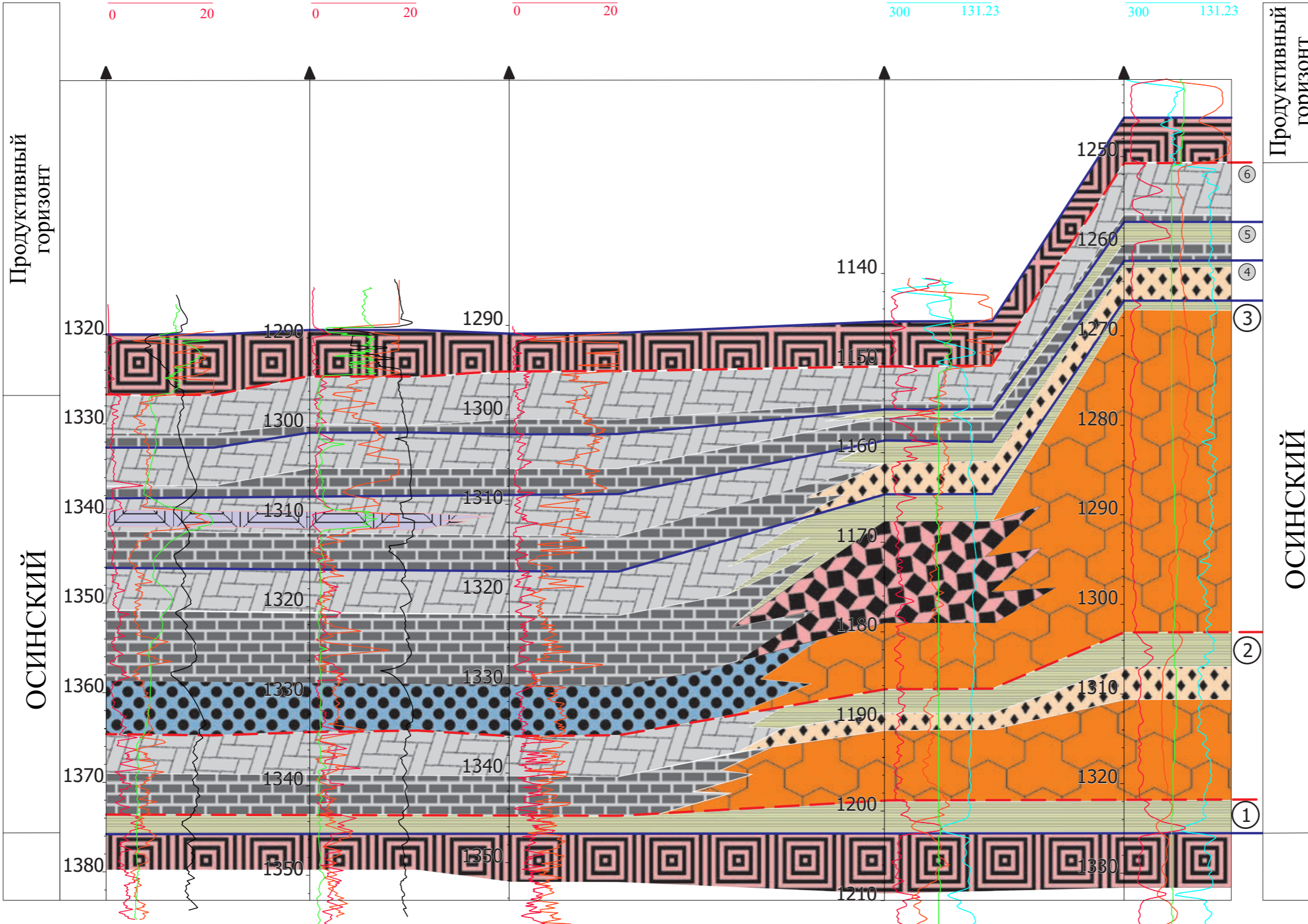
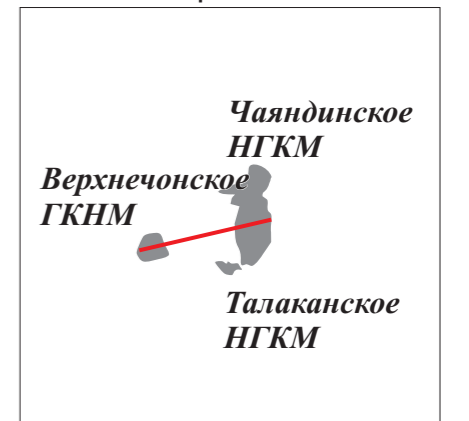


Рисунок 3.15. Литолого-фациальный профиль с демонстрацией выделенных циклитов в отложениях осинского горизонта.



ветвистых эпифитонов и археоциат. При этом ведущая роль в образовании постройки отводится организмам-цементаторам (Древние..., 2000).

Формирование органогенной постройки в пределах Чаяндинского месторождения происходило в два этапа (второй и третий циклиты). Каждому отвечает самостоятельный циклит, начинающийся с доломитов по каркасным известнякам и завершающийся оолитовыми и литокластовыми грейстоунами локальной карбонатной отмели. Основание нижнего циклита - цоколь органогенной постройки имеет существенно меньшую мощность, практически равную мощности отложений слабоглинистых доломитов, развитых в центральной части Непского свода. В верхнем циклите доломиты по каркасным известнякам, залегающие на поверхности размыва, имеют существенно большую мощность, чем одновозрастные пелоидные и микрофитолитовые доломиты центральной части Непского свода.

Выполненная попластовая корреляция разреза осинского горизонта демонстрирует последовательное увеличение общей мощности отложений в восточном и юго-восточном направлении, что в совокупности со сменой типов отложений с запада на восток свидетельствует о том, что район исследований захватывает зарифовую лагуну и тыловую часть осинского рифового барьера.

В результате проведённого изучения отложений осинского горизонта в керне, в шлифах, выполненной генетической интерпретации ГИС с последующей межскважинной корреляцией, осуществления циклического и фациального анализа отложений, сложилось определённое представление о развитии той части эпиконтинентального бассейна Сибирского континента в раннем кембрии, в пределах которой находится современный Непский свод.

Анализ долевого участия выделенных литотипов в строении разрезов осинского горизонта, а также общее изменение мощности горизоната в пределах изучаемого объекта, позволили разработать карту-схему литолого-фациального районирования для осинского пласта. На литолого-фациальной схеме распространения отложений осинского горизонта Непского свода

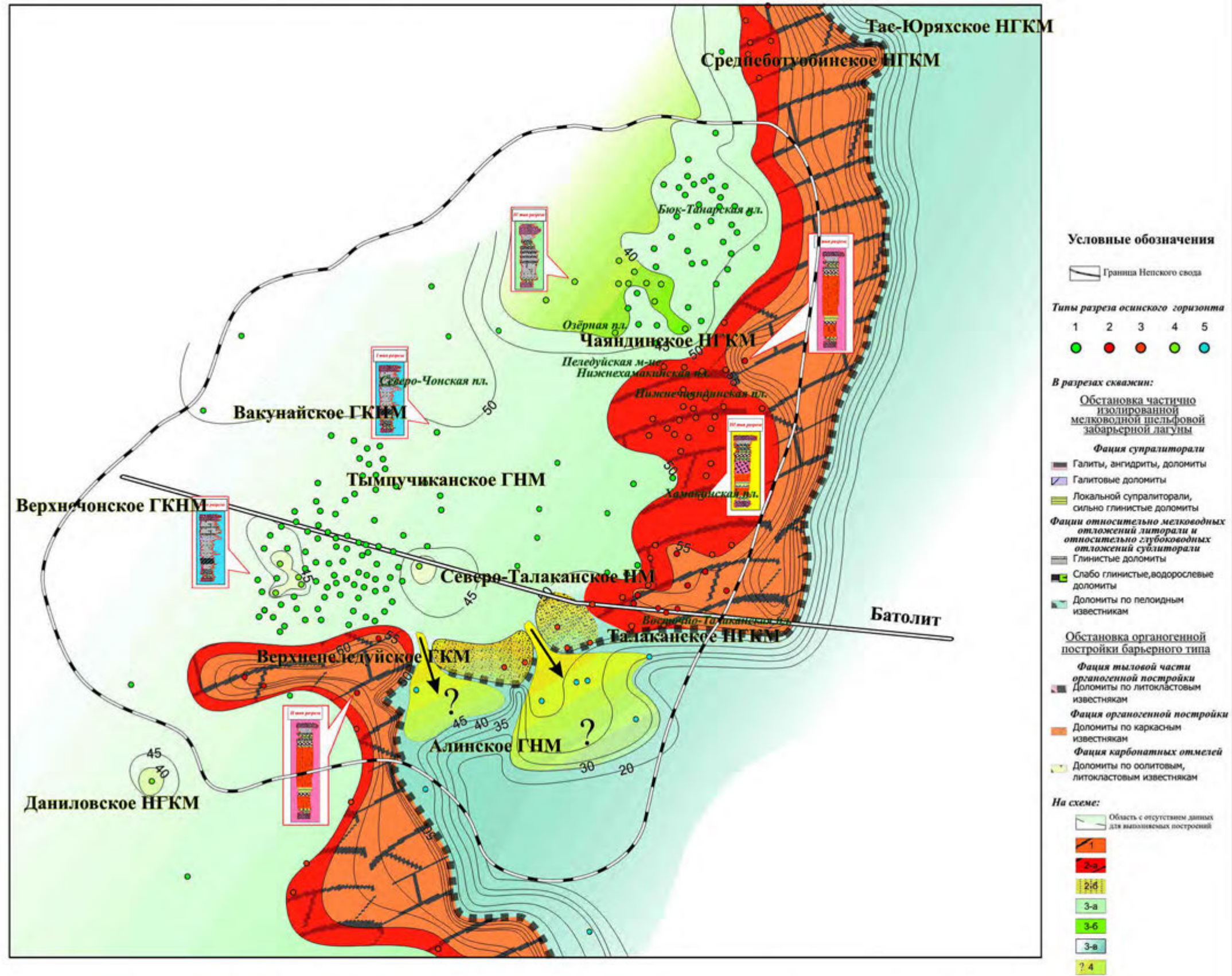
выделяется несколько районов для каждого из которых характерен строго определённый тип разреза осинского горизонта (рис. 3.16, рис. 3.17).

В разрезах скважин юго-восточного района (южная часть Среднеботуобинского месторождения, Нижнечаяндинская площадь, юг Чаяндинского месторождения, Талаканское месторождение и Восточно-Талаканская площадь, а также восточная часть Северо-Талаканского месторождения, Верхнепеледуйское месторождение и области южнее) доля вторичных доломитов по первичным каркасным известнякам самая значительная. В данном районе скважинами вскрыта барьерная рифовая система осинского горизонта, мощность которой увеличивается в восточном и юго-восточном направлении. В этом районе мощность отложений осинского горизонта максимальная для всего объекта исследования и изменяется от 60 до 75 м и выше. Здесь распространены отложения второго типа разреза осинского горизонта.

К осинской рифовой системе с севера-запада, запада и юго-запада примыкает центральный район, в разрезах скважин которого доминируют вторичные известняки по каркасным известнякам и литокластовым известнякам. В данном районе скважинами вскрыта тыловая часть барьерной рифовой системы осинского горизонта и карбонатные отмели, мощность уменьшается с востока на запад от 60 до 50 м. Для данного района характерным является третий тип разреза осинского горизонта, район расположен в западных частях Талаканского и Чаяндинского месторождений, занимает полностью Хамакинскую площадь.

Тыловая часть барьерной рифовой системы отложений осинского горизонта на западе переходит в третий выделяемый район с максимальной долей отложений приливно-отливной равнины. Отложения этого района имеют максимальное развитие в западной части изучаемого объекта, для разрезов скважин характерен первый тип разреза осинского горизонта. В пределах этого района находятся Верхнечонское и Вакунайское месторождения, Северо-Чонская площадь, западная часть Тымпучиканского месторождения, а также

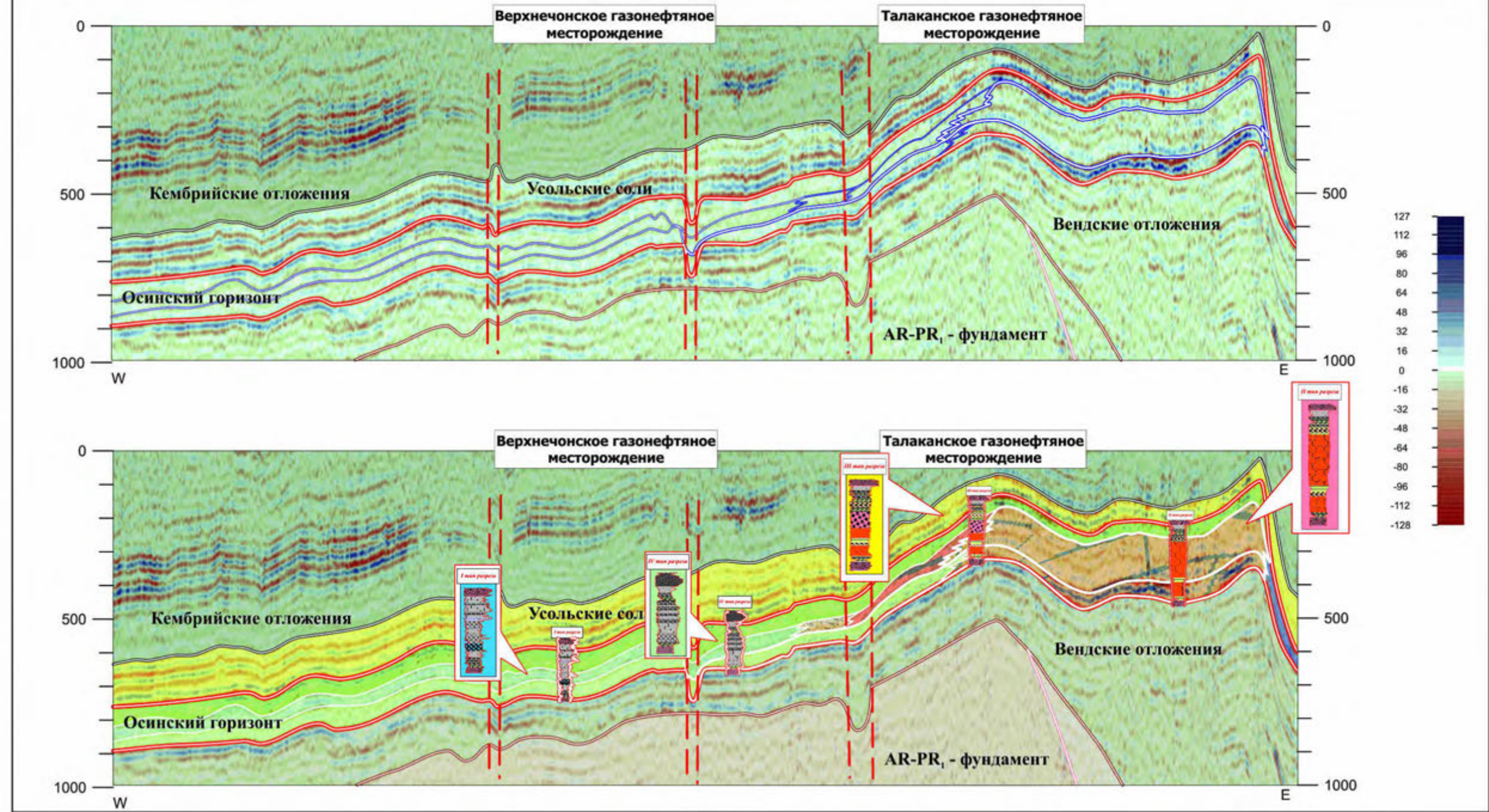
# Непский свод



1 - осинская рифовая система; 2: а - тыловая часть рифовой системы, б - карбонатная отмель; 3 - преобладание отложений приливо отливной равнины и сублиторали: а - область развития относительно более глубоководные отложения забарьерной лагуны, б - область развития относительно более мелководные отложения забарьерной лагуны, в - область развития относительно более глубоководных отложений; 4 - конуса выноса, по Фортунатовой и др., 2010

**Рисунок 3.16.** Схема седиментационной зональности распространения отложений осинского горизонта в пределах Непского свода.

# Непский свод



Седиментационная зональность осинского горизонта, на профиле:



Обстановка частично изолированной мелководной шельфовой забарьерной лагуны

Фацис супралиторали

- Галиты, ангидриты, доломиты
- Галитовые доломиты
- Локальной супралиторали, сильно глинистые доломиты

В разрезах скважин:

Фацис относительно мелководных отложений литорали и относительно глубоководных отложений сублиторали

- Глинистые доломиты
- Слабо глинистые, водорослевые доломиты
- Доломиты по пелоидным известнякам

Обстановка органогенной постройки барьерного типа

Фацис тыловой части органогенной постройки

- Доломиты по литокластовым известнякам
- Фацис органогенной постройки
- Доломиты по каркасным известнякам
- Фацис карбонатных отмелей
- Доломиты по оолитовым, литокластовым известнякам



1 - осинская рифовая система; 2: а - тыловая часть рифовой системы, б - карбонатная отмель; 3 - преобладание отложений приливо отливной равнины и сублиторали: а - область развития относительно более глубоководные отложения забарьерной

**Рисунок 3.17.** Фрагмент профиля Батолит. Седиментационная зональность распространения отложений осинского горизонта в пределах Непского свода.

район протягивается узкой полосой на восток Непского свода, в пределах которого расположены некоторые из скважин Нижнехамакинской и Нижнечаяндинской площадей, Чаяндинского месторождения. Мощность отложений района изменяется от 40 до 50 м, уменьшаясь с востока на запад.

Четвёртый район занимает северную часть изучаемого объекта, в пределах которого расположены Нижнехамакинская и Озёрная площади, Пеледуйское месторождение, северная часть Чаяндинского месторождения и Бюк-танарская площадь. В разрезах скважин данного района преобладают отложения приливно-отливной равнины, характерным типом разреза отложений осинского горизонта является четвёртый. Мощность отложений данного района менее 40 м.

В восточной части Непского свода мощности отложений осинского горизонта минимальны – до 20 м, в данной области отложения горизонта накапливались в относительно глубоководных условиях сублиторали, в составе доминируют глинистые доломиты с комками водорослей, отложения местами ангидритизированные.

Таким образом, увеличение мощности осинского горизонта и смена типов отложений с запада на восток свидетельствует о том, что в пределах центральной части Непского свода развиты отложения осинского горизонта, формирование которых происходило в условиях частично изолированной шельфовой забарьерной лагуны с активным влиянием приливно-отливной деятельности. При этом вдоль восточной части Непского свода развивалась органогенная постройка барьерного типа, район работ затрагивает её тыловую часть (рис. 3.18).

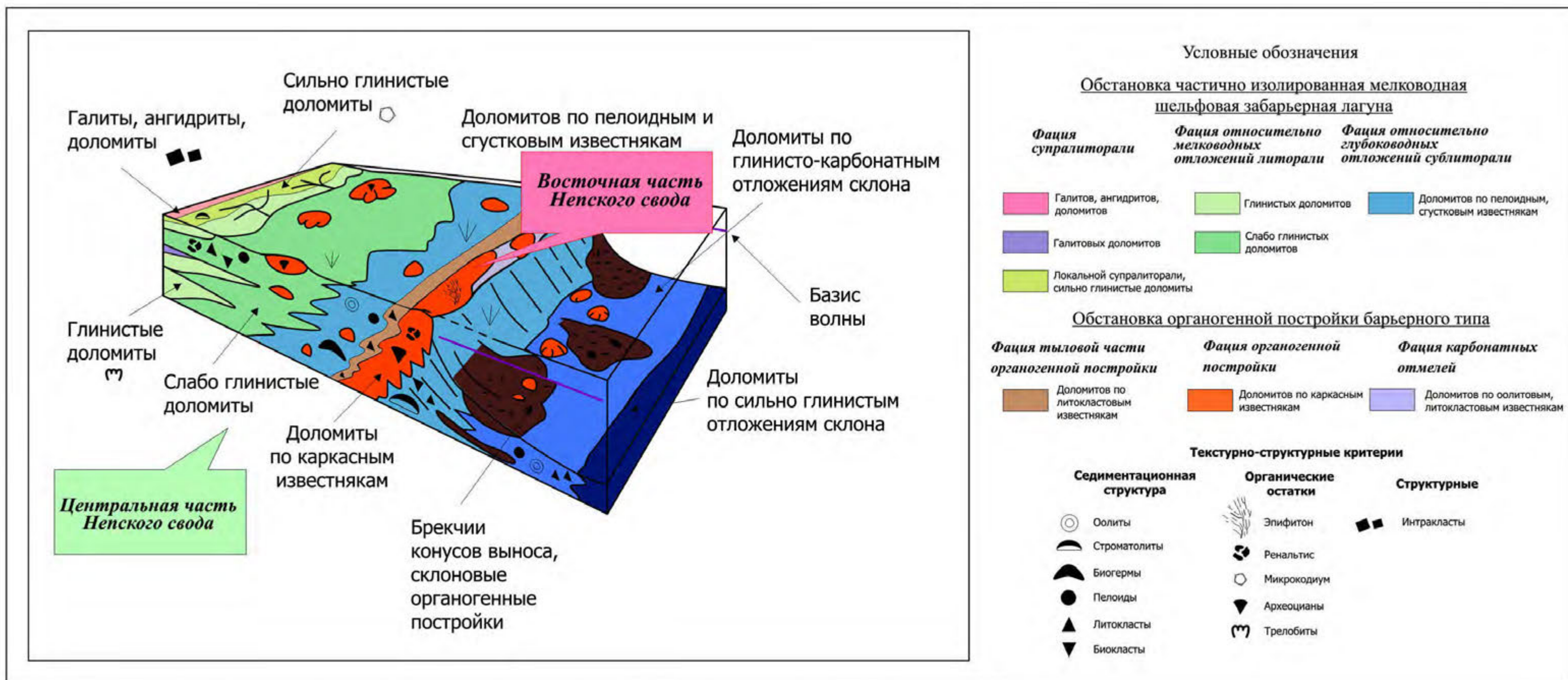


Рисунок 3.18. Седиментационная модель осадконакопления отложений осинского горизонта Непского свода.

## **Глава 4. Емкостная модель осинского горизонта нижнекембрийских отложений Непского свода**

Для решения геологоразведочных задач необходимым является прогноз качества коллекторов, что требует выполнения реконструкции условий накопления осадочных толщ, обладающих различным емкостным потенциалом. Седиментационная модель, разработанная для Непского свода, наглядно продемонстрировала существование районов с различными типами отложений осинского горизонта и, соответственно, с неодинаковыми по типу и ФЕС коллекторами.

### **4.1. Особенности строения коллекторов осинского горизонта Непского свода**

Коллектором является горная порода, пласт или массив пород, которые благодаря своим коллекторским свойствам обладают способностью к аккумуляции и фильтрации воды, нефти и газа. Относительное качество коллекторов определяется набором параметров, определяющим его аккумуляционные свойства, таких как: коэффициент открытой пористости (Кп), проницаемости (Кпр), эффективные толщины (Нэфф.), характеристики трещиноватости (трещинная пористость, проницаемость, плотность трещин) и др.

Коллектора в осинском горизонте распространены практически на всей территории изучаемой части Непского свода. Толщины их изменяются от нескольких метров до десятков метров. Открытая пористость пород-коллекторов изменяется в широких пределах от 5 до 20 %, средние ее значения изменяются от 8 до 12%. Проницаемость коллекторов осинского горизонта относительно низкая -  $(0,2-4,5) \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> (Перспективы..., 1991).

В настоящее время продуктивность осинского горизонта в пределах Непского свода подтверждена на Верхнечонском, Вакунайском и Талаканском нефтегазоконденсатных месторождениях, а также на открытых в недавние годы Северо-Талаканском нефтяном месторождении и Верхнепеледуйском газоконденсатном месторождении.

Верхнечонское и Вакунайское месторождения расположены в западной части объекта исследования. Оба месторождения находятся в пределах развития отложений первого типа разреза осинского горизонта, формирование которых происходило в условиях приливно-отливной равнины. Породы осинского горизонта по структурным особенностям весьма разнообразные, в разрезах скважин велика роль вторичных доломитов по первичным микрофитолитовым байндстоунам, пелоидным и оолитовым пакстоунам и вакстоунам, мадстоунам. Известняки и доломиты осинского горизонта месторождений послойно глинистые, в диагенезе и катагенезе подверглись перекристаллизации, доломитизации, выщелачиванию, засолонению, сульфатизации и окремнению. В пределах месторождений установлены различные типы коллекторов: каверново-поровые, поровые и трещинно-каверно-поровые. Трещинная проницаемость в известняках не превышает  $3,16 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, в доломитах до  $4,9 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, значения открытой пористости в известняках изменяется от 3,26 до 8,09 % и газопроницаемость от  $2,5 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> до  $5,5 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, в доломитах открытая пористость изменяется от 3,4 до 15,7%, а газопроницаемость от  $2,5 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> до  $444,4 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> (Бурова, 1988; Клятышева, 2010).

Талаканское нефтегазоконденсатное месторождение, Верхнепеледуйское газоконденсатное месторождение и Северо-Талаканское нефтяное месторождение расположено на востоке объекта исследования. Месторождения расположены в пределах развития отложений второго и третьего типов разреза осинского горизонта, формирование которых происходило в условиях осинской рифовой



системы барьерного типа и её тыловой части. В разрезах скважин осинской рифовой системы максимальная доля приходится на доломитовые баундстоуны с многочисленными реликтами цианобактерий, в тыловой части присутствуют доломитовые литокластовые грейнстоуны. Наложение вторичных процессов, таких как перекристаллизация, доломитизация, выщелачивание, засоление, сульфатизация и окремнение существенно изменило свойства пород-коллекторов. Открытая пористость изменяется от 10-11% для верхней частей разреза, представленных микрокристаллическими и глинистыми доломитами, а для органогенно-обломочных известняков тыловых и передовых рифовых шлейфов и собственно биогермных желваково-водорослевых карбонатов до 15%. В пределах месторождений установлены коллектора порового и кавернового типов (Бурова, 1988; Клятышева, 2010).

Разработанная седиментационная модель отложений осинского горизонта позволит установить закономерности формирования коллекторов в регионе и выполнить прогноз их распространения в пределах изучаемой территории.

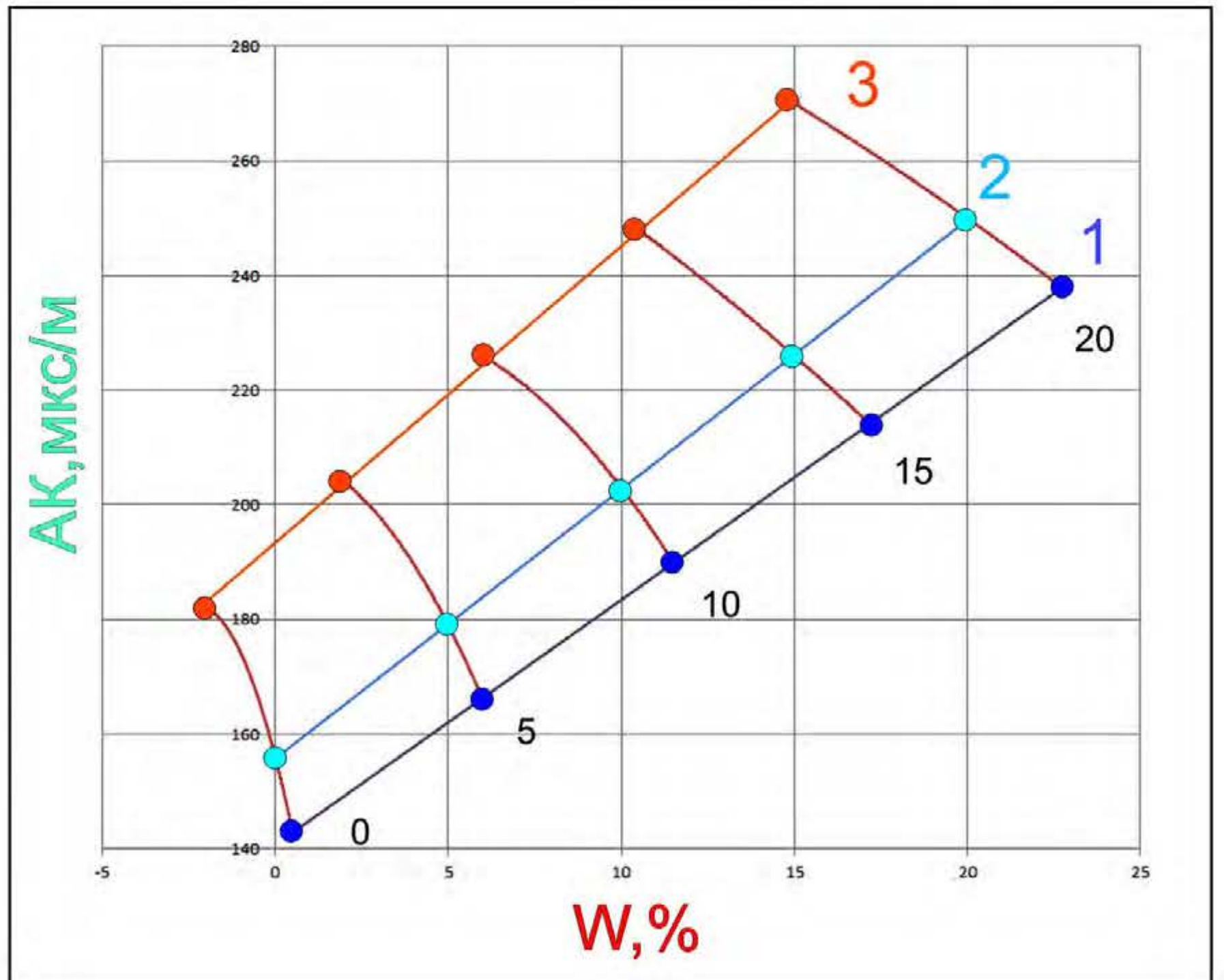
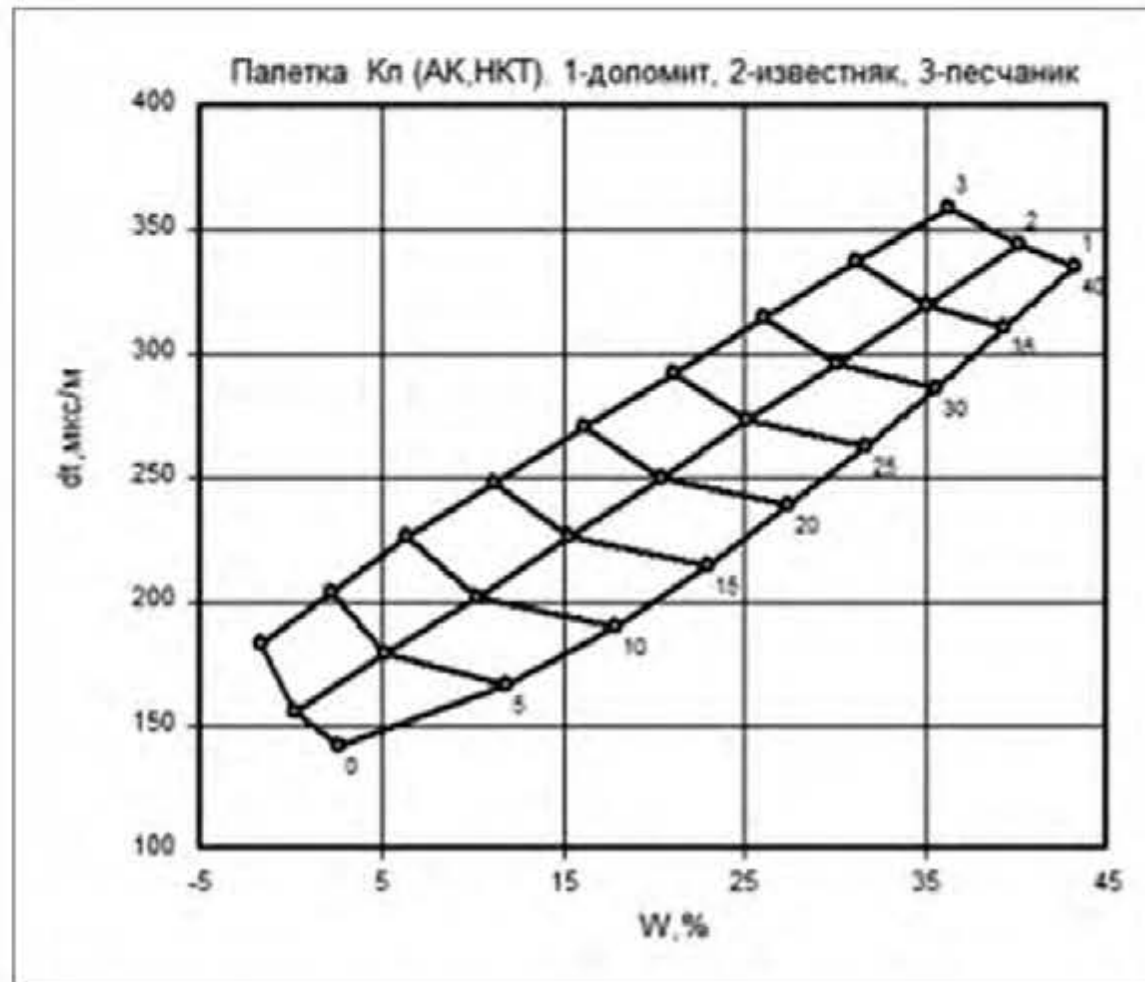
В пределах исследуемого объекта в скважинах выполнен комплекс ГИС, включающий следующие виды каротажа: кавернометрия (ДС или DS), потенциал-зонд (ПЗ или PZ), нейтронный гамма-каротаж (НГК или NGK), гамма-каротаж (ГК или GK), боковой каротаж (БК или BK), микробоккой каротаж (БМК или MBK), акустический каротаж (АК или DT), в ряде скважин выполнен плотностной гамма-гамма каротаж (ГГКП или GGKP).

В осинском горизонте коллектора выделены на качественном и количественном уровне: качественными признаками являются сужение ствола скважины, уменьшение естественной радиоактивности, рост водородосодержания, расхождение показаний разноглубинных электрических методов; количественными признаком является применение граничных значений пористости. Для карбонатных пород Восточной

Сибири граничное значение пористости равно величине 6 % (пороговое значение пористости, используемое при оценке продуктивности месторождений ФБУ «ГКЗ») (Клятышева, 2010).

Аппаратура, которой выполнялись замеры, не проходила государственной метрологической экспертизы, что существенно отразилось на качестве материалов ГИС и достоверности получаемых по ним параметров. В связи с этим, интерпретация нейтронного каротажа выполнялась методом "двух опорных пластов" (в каждой скважине выполнялась калибровка по опорным пластам). Переход от кажущейся пористости (водородосодержания), определённой при интерпретации, к истинной пористости производился соответственно по палеткам. Если за опорные пласты взяты не известняки и исследуемые породы представляют собой также не известняк, то для определения истинной пористости необходимо выполнение внесения литологических поправок. На рисунке (рис. 4.1.) приведены палетки для определения литологии и оценки пористости по сочетанию двух методов АК-НГК (водородосодержание) (DT-NGK(W)) по данным фирмы «Шлюмберже» (Методические...,1979; Альбом...,1984).

Петрофизическая модель пласта описывает взаимосвязь геологических и физических свойств горных пород, описание закономерностей изменения литологических, текстурно-структурных, коллекторских, геофизических и промысловых характеристик пласта. Взаимосвязь между данными характеристикам представляется в виде системы уравнений, решение которых позволяет разработать петрофизическую модель пласта. Для решения данных уравнений необходимо использование физических констант для породообразующих минералов, а также пластовой воды. Такие физические параметры как плотность и интервальное время для известняка равны соответственно,  $2.72 \text{ г/см}^3$  и  $155 \text{ мкс/м}$ , для доломита -  $2.8 \text{ г/см}^3$  и  $140 \text{ мкс/м}$ , плотность пластовой воды равна  $1.2 \text{ г/см}^3$ . Значение интервального времени для



Условные обозначения

● Долomit(1)

● Известняк(2)

● Песчаник(3)

**Рисунок 4.1.** Палетки с графиками определения литологии и оценки пористости по сочетанию двух методов АК-НГК (DT-NGK(W)) (Методические..., 1979; Альбом..., 1984).

пластовой воды находим зная ее минерализацию (С, г/л), температуру (Т, °С) и давление в пласте (р, МПа):  $DT_{ж} = ([1557-0.0245*((74-T)^2)+0.8*C+0.19*p]^{-1})*10^6$ , где С = г/л, Т = °С, р = МПа (Ивакин и др., 1978). То есть:  $DT_{ж} = 545$  мкс/м.

В минералогическом отношении отложения осинского горизонта представлены следующим набором основных породообразующих минералов: кальцит, доломит, ангидрит, галит, а также глины, при этом наибольшее развитие получил доломит, который достигает 90% значения, в то время как остальные минералы имеют подчинённое значение – не более 5-10% (Фортулатова Н.К. и др., 2010).

Выполняемые расчёты производятся в допущении, что порода состоит из жёсткого скелета и пор, а общая пористость (КР<sub>общ</sub>) равна сумме межкристаллической (КР) и каверновой пористости (КР<sub>кав</sub>). То есть:  $KP_{общ} = KP + KP_{кав}$ . Так как каверновая пористость не оказывает существенного влияния на показания акустического каротажа (АК или ДТ), то коэффициент пористости (КРДТ), определённый по уравнению среднего времени ( $KPDT = (DT - DT_{ск}) / (DT_{ск} - DT_{ж})$ ), практически равен коэффициенту межкристаллической пористости (КР). Водородосодержание (W), рассчитанное по данным нейтронного гамма-каротажа (НГК или NGK), пропорционально общей пористости (КР<sub>общ</sub>) или сумме межкристаллической (КР) и каверновой пористости (КР<sub>кав</sub>), то есть превышение значения W над КРДТ может быть связано с наличием каверн в данном интервале.

При отсутствии калибровки данных нейтронного каротажа водородосодержание может быть определено методом двух опорных пластов.

В качестве опорных пластов принимались пласты: (1) надосинских солей и (2) чистых пористых доломитов средней части разреза осинского горизонта.

(1) В солях водородосодержание равно (-3-2) %.

Поскольку исследуемые породы и опорные пласты представлены в основном доломитом, необходимо вносить поправку в водородосодержание солей.

(2) Так как в чистых неглинистых и некавернозных пластах  $W_d \approx KPDT \approx KPGGK$ , для определения водородосодержания второго опорного пласта находим коэффициенты пористости в чистом пористом доломите по данным акустического (KPDT) и плотностного каротажа (KPGGK).

Коэффициент пористости (KPDT) определялся по уравнению среднего времени:

$$KPDT = (DT - DT_{ск}) / (DT_{ск} - DT_{ж}), \text{ где } DT_{ск} = DT_{д}, \text{ то есть:}$$

$$KPDT = (DT - DT_{д}) / (DT_{ж} - DT_{д})$$

Таким образом:

$$DT = KPDT * DT_{ж} + (1 - KPDT) * DT_{д}, \text{ или}$$

$$W_d = KPDT = (DT - DT_{д}) / (DT_{ж} - DT_{д}),$$

где  $DT_{д}$ ,  $W_d$  – интервальное время и водородосодержание чистых пористых доломитов,  $DT_{ж}$  – интервальное время порозаполняющей жидкости,  $DT$  – измеренное интервальное время,  $KPDT$  – коэффициент пористости породы, определённый на основе метода акустического каротажа (DT).

Значение плотности для доломита равно 2.8 г/см<sup>3</sup>, плотность пластовой воды осинского горизонта равна 1.2 г/см<sup>3</sup>.

$$\sigma = KP\sigma * \sigma_{ж} + (1 - KP\sigma) * \sigma_{д}$$

$$KP\sigma = (\sigma - \sigma_{д}) / (\sigma_{ж} - \sigma_{д})$$

Поэтому:

$$W_d = KP\sigma = (\sigma - \sigma_{д}) / (\sigma_{ж} - \sigma_{д}),$$

где  $\sigma_{д}$ ,  $W_d$  – плотность и водородосодержание чистых пористых доломитов,  $\sigma_{ж}$  – плотность пластовой воды,  $\sigma$  – измеренная плотность,  $KP\sigma$  – коэффициент пористости породы определённый, на основе метода плотностного каротажа (GGKP).

Таким образом, в опорных пластах имеем значения водородосодержания и значения, снятые с кривой NGK.

Для определения водородосодержания в остальном разрезе строим линейную зависимость типа  $W(1/NGK)$  по двум полученным точкам.

В общем виде  $W = k \cdot (1/NGK) + b$ , так что при наличии двух известных точек имеем систему двух линейных уравнений:

$$W_1 = k \cdot (1/NGK_1) + b,$$

$$W_2 = k \cdot (1/NGK_2) + b$$

решив систему относительно  $b$  и  $k$ , получим:

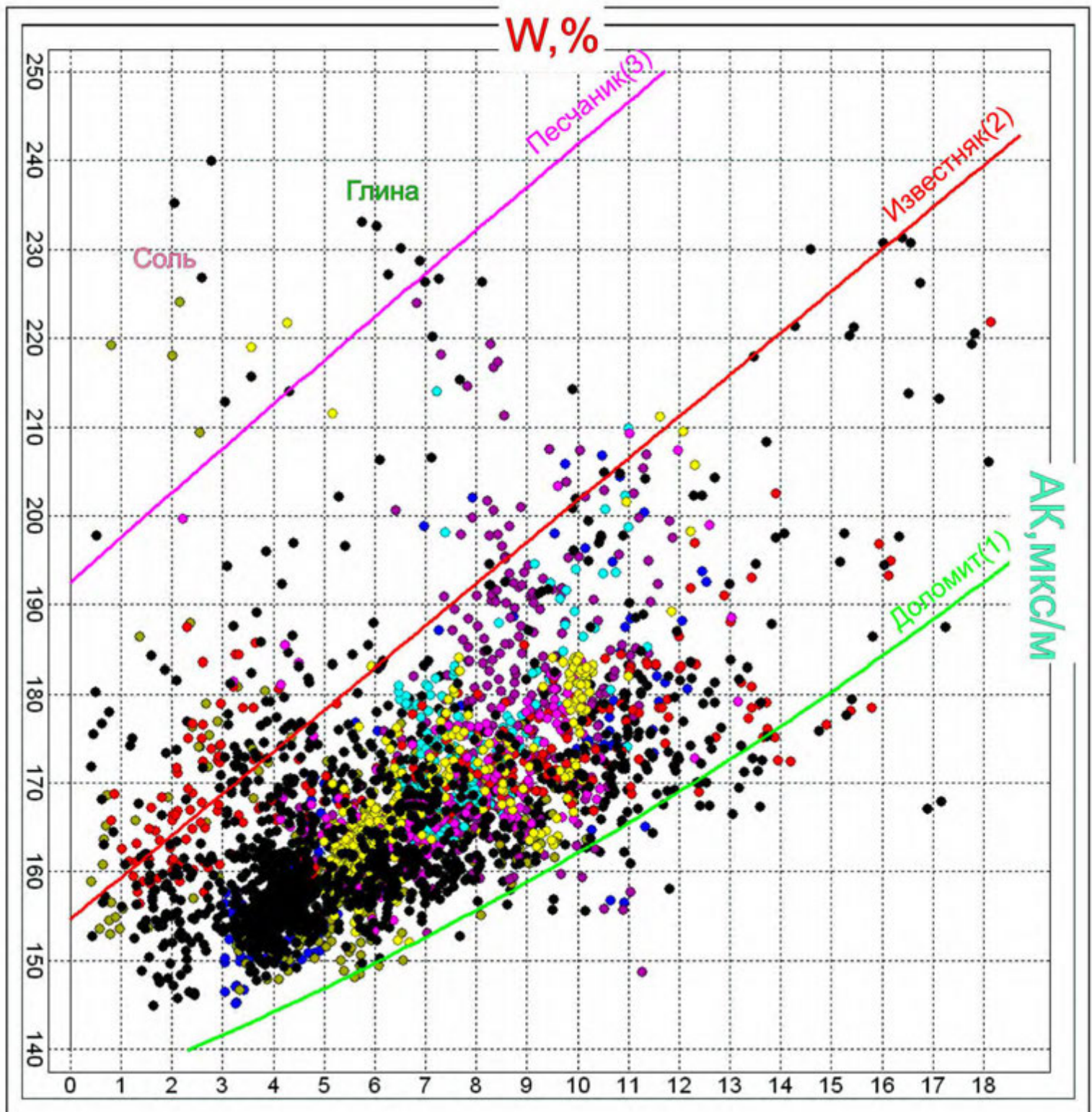
$$b = [(1/NGK_c) \cdot W_d - (1/NGK_d) \cdot W_c] / [(1/NGK_c) - (1/NGK_d)]$$

$$k = [W_c - b] / (1/NGK_c).$$

Как следует из рисунка, в целом большинство образцов распределилось на интерпретационной палетке в области между линиями известняков и доломитов с большим смещением к доломиту (рис. 4.2). Проведённая классификация отложений осинского горизонта по вещественному составу наглядно демонстрируется, явно разделяются типы отложений (галиты, ангидриты, доломиты слабо глинистые, глинистые, сильно глинистые, и известняки). Особенно важно то, что интенсивное вторично преобразованные отложения продемонстрировали различные области распределения на кроссплотах для различных литотипов, разделение которых было выполнено по первичным седиментационным структурам: пелоидный доломит, дитокластовый доломит, оолитовый доломит, водорослевой доломит и каркасный доломит (рис. 4.3).

При этом для каждого из выделенных типов разреза полученная на основании изучения образцов керна минералогическая модель позволила определить коэффициент пористости с учётом особенностей минерального состава.

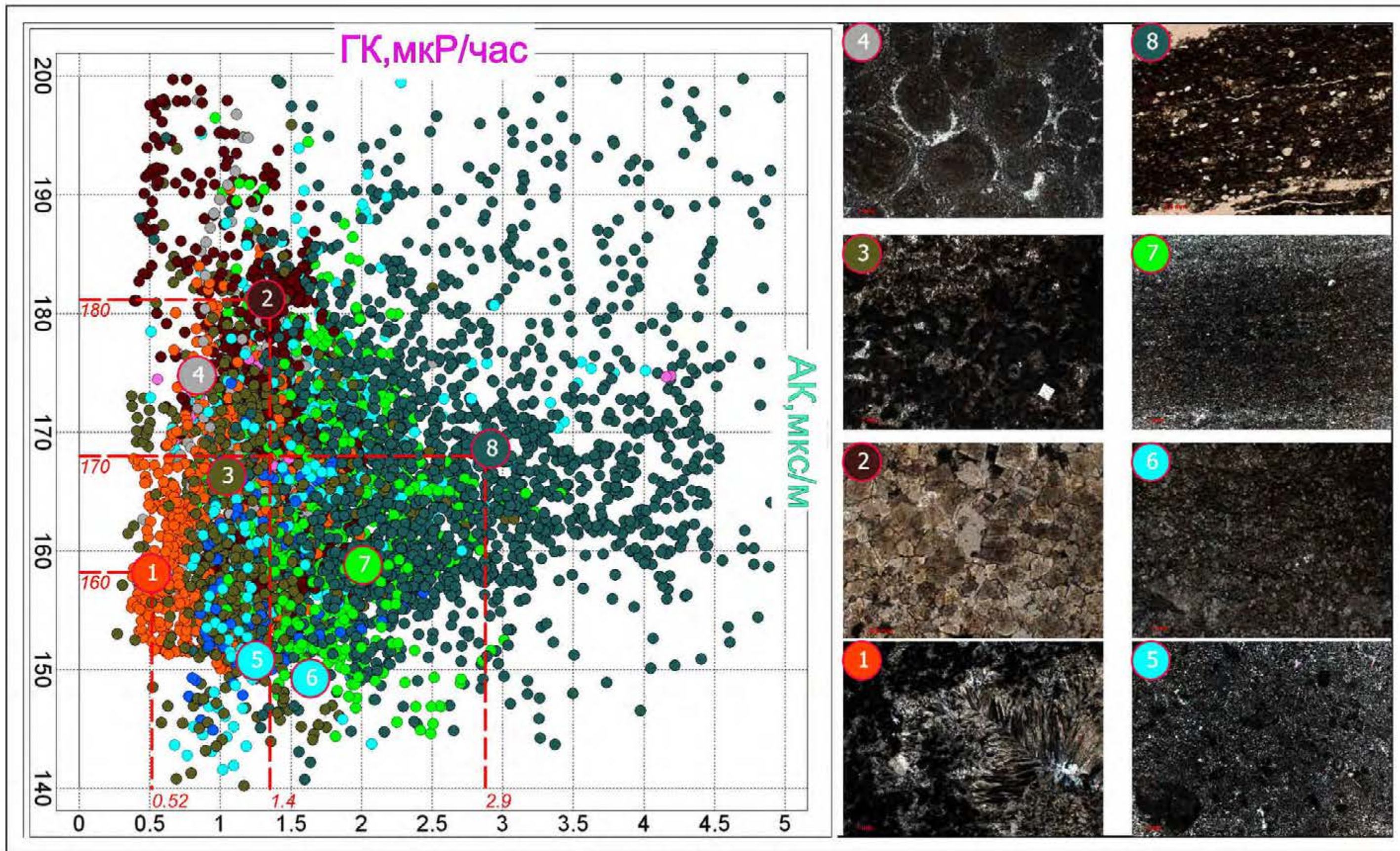
Количественная интерпретация материалов ГИС пород осинского горизонта в пределах Непского свода связана со значительными трудностями, что обусловлено составом пород и их вторичными



Условные обозначения

● ● ● и т.д. - скважинные данные

**Рисунок 4.2.** Интерпретационной кроссплот определения литологии и оценки пористости по сочетанию двух методов АК-НГК (DT-NGK(W)).



Условные обозначения

- Вторичные доломиты по:
- |                             |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 1 каркасным известнякам     | 5 пелоидным известнякам        |
| 2 литокластовым известнякам | 6 слабо глинистым известнякам  |
| 3 водорослевым известнякам  | 7 глинистым известнякам        |
| 4 оолитовым известнякам     | 8 сильно глинистым известнякам |

Рисунок 4.3. Интерпретационной кроссплот по сочетанию двух методов АК-ГК (DT-GK).



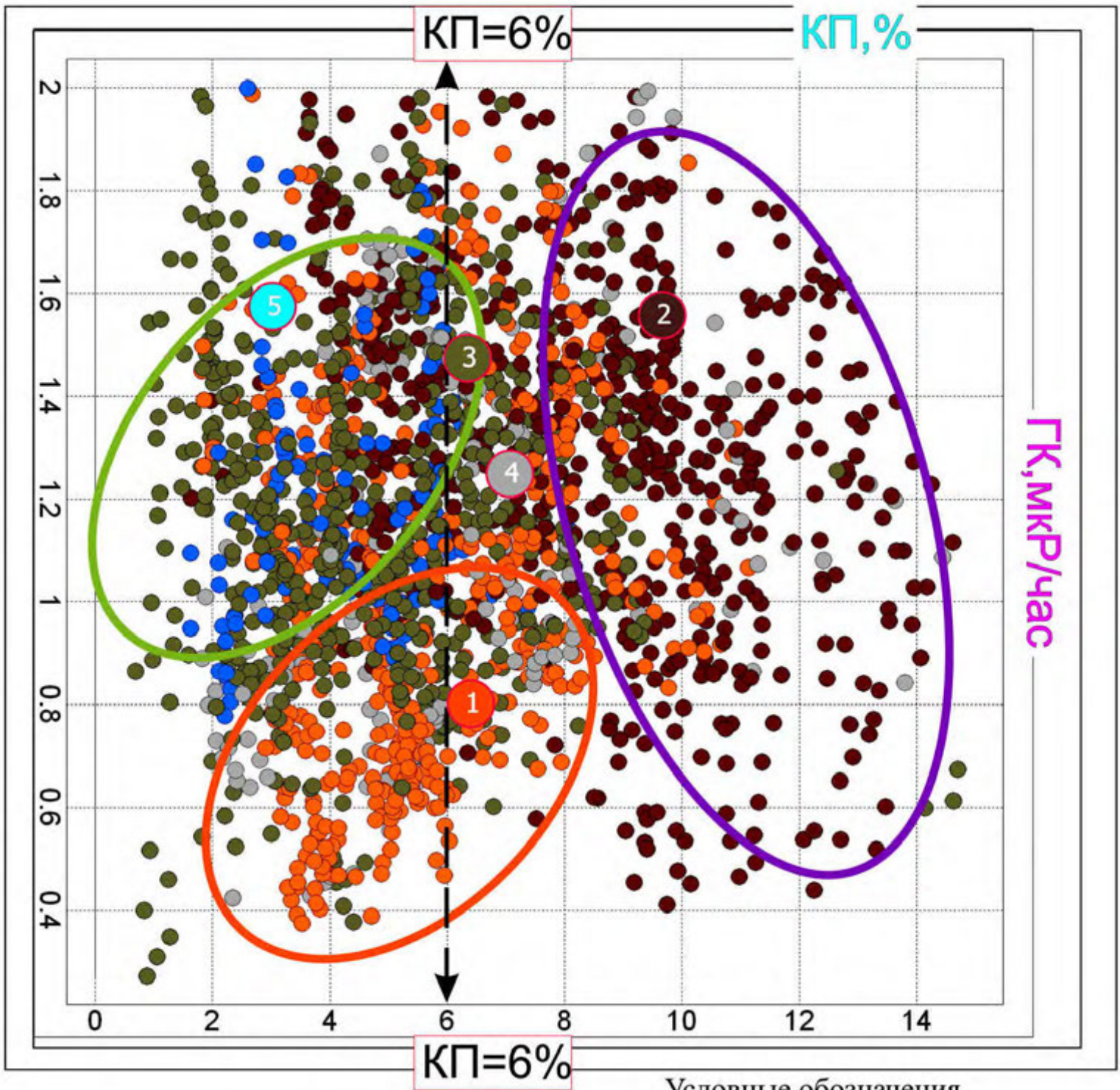
преобразованиями, а также сложным характером структуры пустотного пространства.

Коллектора здесь выделялись по качественным признакам и количественным критериям. Безусловно, что коллекторскими свойствами в разрезе осинского горизонта обладают карбонатные породы, представленные преимущественно доломитами. Среди выделенных типов отложений осинского горизонта коллекторскими свойствами обладают далеко не все (рис. 4.4). Наилучшими емкостными свойствами обладают литокластовые доломиты, коэффициент пористости которых достигает 15%. Максимальные значения коэффициента пористости оолитовых доломитов, каркасных и водорослевых доломитов находятся в пределах 12%, а для пелоидных доломитов - 7%. Полученные результаты определения коэффициента пористости по ГИС показали хорошую сходимость с коэффициентом пористости определённым по керну.

Как было показано выше, рассчитанное по данным нейтронного гамма-каротажа водородосодержание ( $W$ ) пропорционально общей пористости ( $KP_{\text{общ}}$ ) или сумме межкристаллической ( $KP$ ) и каверновой пористости ( $KP_{\text{кав}}$ ), то есть превышение значения  $W$  над  $KPDT$  связано с наличием каверн в данном интервале. Поэтому в неглинистых доломитах каверновая пористость определялась как разность между общей пористостью и межзерновой пористостью, при её наличии пласт относился к каверновому или порово-каверновому типу. При отсутствии существенного различия между общей пористостью и межзерновой пористостью пласт относился к поровому типу коллектора.

В разрезе осинского горизонта выделены поровые и порово-каверновые типы коллекторов.

Для первого типа разреза осинского горизонта характерным является преобладание поровых и наличие порово-каверновых типов коллекторов, суммарные эффективные толщины изменяются от 5 м до 12 м (рис. 4.5).

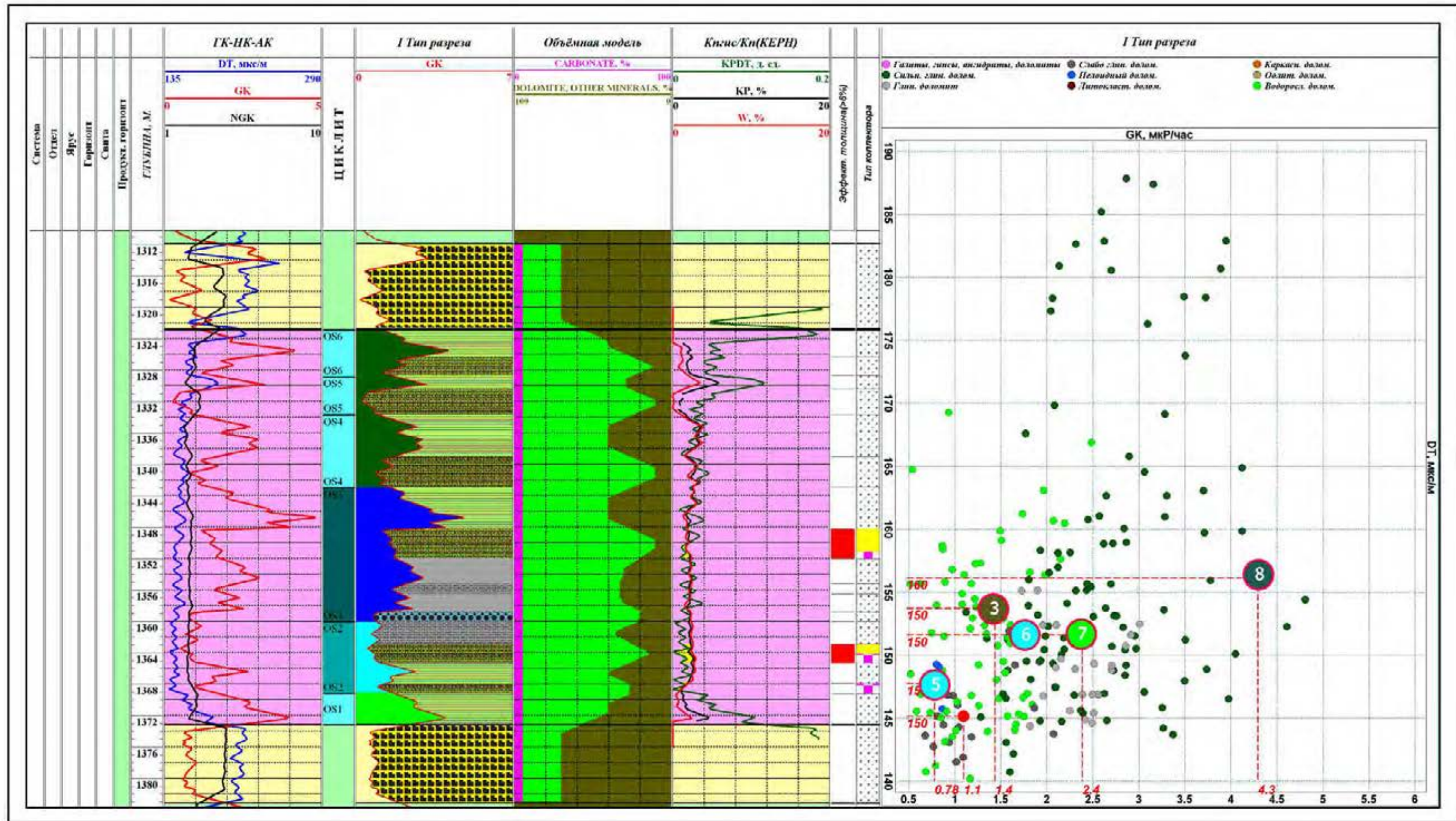


Условные обозначения

- 1 каркасным известнякам
- 2 литокластовым известнякам
- 3 водорослевым известнякам
- 4 оолитовым известнякам
- 5 пелоидным известнякам

Вторичные доломиты по:

**Рисунок 4.4.** Интерпретационный кроссплот по сочетанию метода ГК (GK) и коэффициента пористости (КП, КР).



Условные обозначения

Обстановка частично изолированная

мелководная шельфовая забарьерная лагуна

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <b>Фашия супралиторали</b>   | <b>Фашия относительно мелководных отложений литорали</b>   | <b>Фашия относительно глубоководных отложений сублиторали</b>            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> Галиты, ангидриты, доломиты</li> <li> Галитовые доломиты</li> <li> Локальной супралиторали, сильно глинистые доломиты</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Глинистые доломиты</li> <li> Слабо глинистые, водорослевые доломиты</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Доломиты по пелоидным</li> </ul> |

Вторичные доломиты по:

- |                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| каркасным известнякам     | пелоидным известнякам        |
| литокластовым известнякам | слабо глинистым известнякам  |
| водорослевым известнякам  | глинистым известнякам        |
| оолитовым известнякам     | сильно глинистым известнякам |

Тип коллектора:

- Порово-каверновый тип коллектора
- Поровый тип коллектора

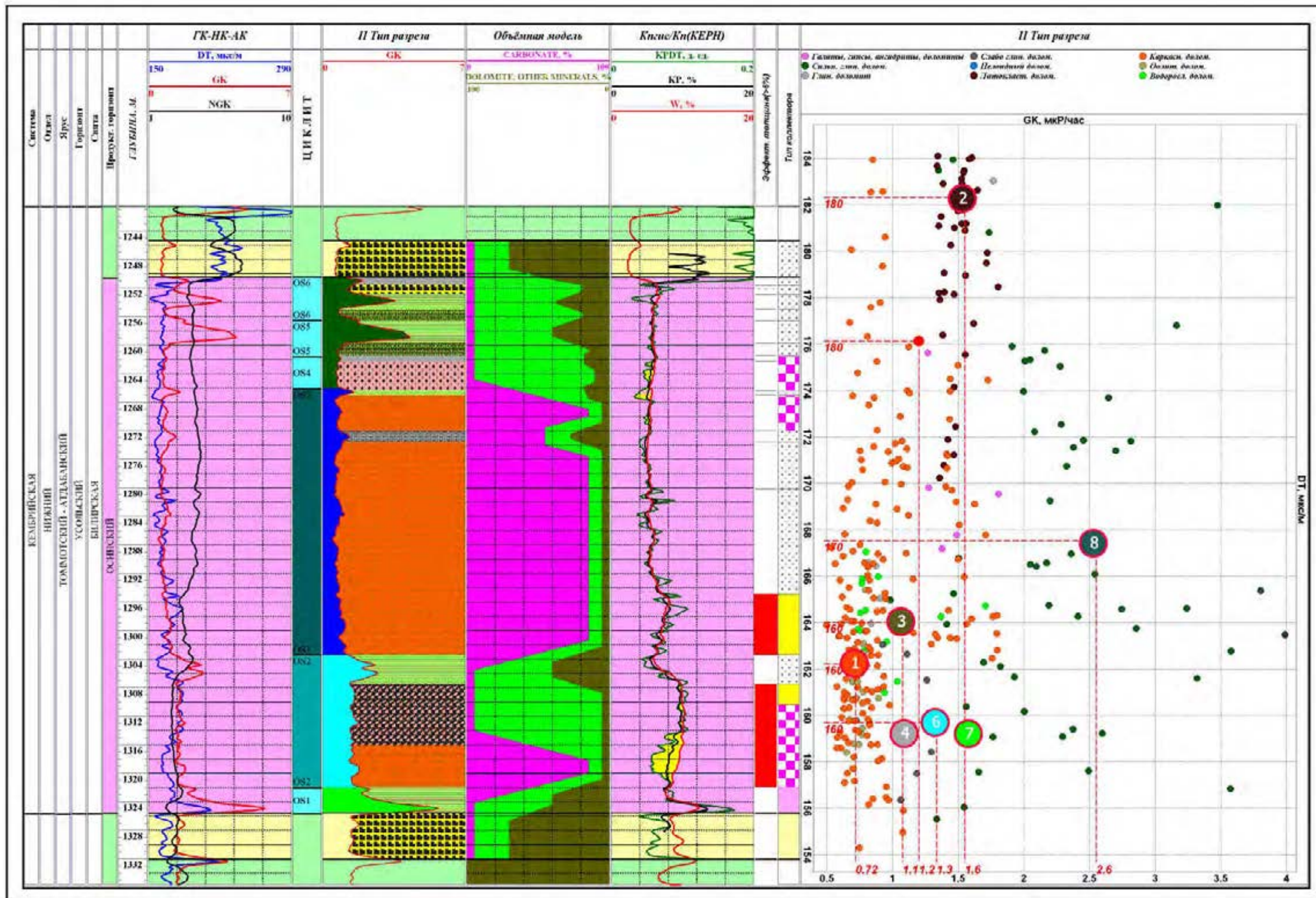
Рисунок 4.5. Петрофизическая модель первого типа разреза осинского горизонта.

Для второго типа разреза осинского горизонта характерны поровые и порово-каверновые типы коллекторов с преобладанием порово-каверновых, суммарные эффективные толщины максимальны и достигают 25 м (рис. 4.6).

В разрезах третьего типа преобладают поровые и порово-каверновые типы коллекторов, суммарные эффективные толщины изменяются от 12 до 24 м (рис. 4.7).

Среди коллекторов четвертого типа разреза основную роль играют коллекторы порового типа, но также встречаются и порово-каверновые типы коллекторов; суммарные эффективные толщины коллекторов здесь не превышают 5 м (рис. 4.8).

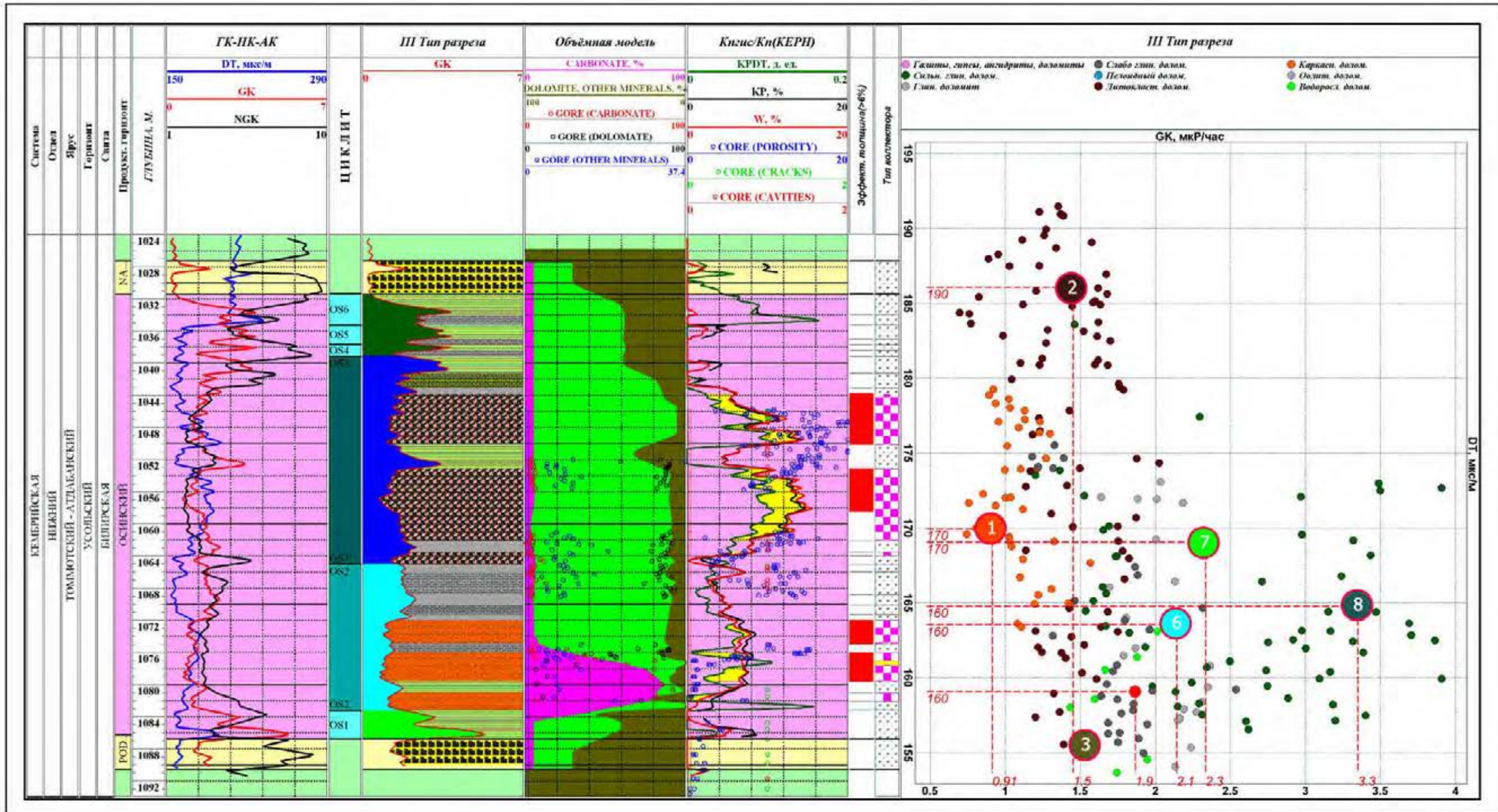
Как показал анализ, лучшими емкостными свойствами обладают разнокристаллические доломиты тыловой части рифового барьера и собственно рифового тела. Пустотное пространство в них представлено межкристаллическими пустотами и пустотами выщелачивания, наследующими межзерновую пористость и седиментационно-каркасную пористость. Поровые и порово-каверновые литокластовые и каркасные доломитовые литотипы образуют поровые и порово-каверновые типы коллекторов соответственно.



Условные обозначения



Рисунок 4.6. Петрофизическая модель второго типа разреза осинского горизонта.



Условные обозначения

**Обстановка частично изолированная**  
 мелководная шельфовая забарьерная лагуна  
**Фация супралиторали**  
 Галиты, ангидриты, доломиты  
 Галитовые доломиты  
 Локальной супралиторали, сильно глинистые доломиты

**Фация относительно мелководных отложений литорали**  
 Глинистые доломиты  
 Слабо глинистые, водорослевые доломиты

**Обстановка органогенной постройки барьерного типа**  
**Фация тыловой части органогенной постройки**  
 Доломиты по литокластовым известнякам  
**Фация органогенной постройки**  
 Доломиты по каркасным известнякам  
**Фация карбонатных отмелей**  
 Доломиты по оолитовым, литокластовым известнякам

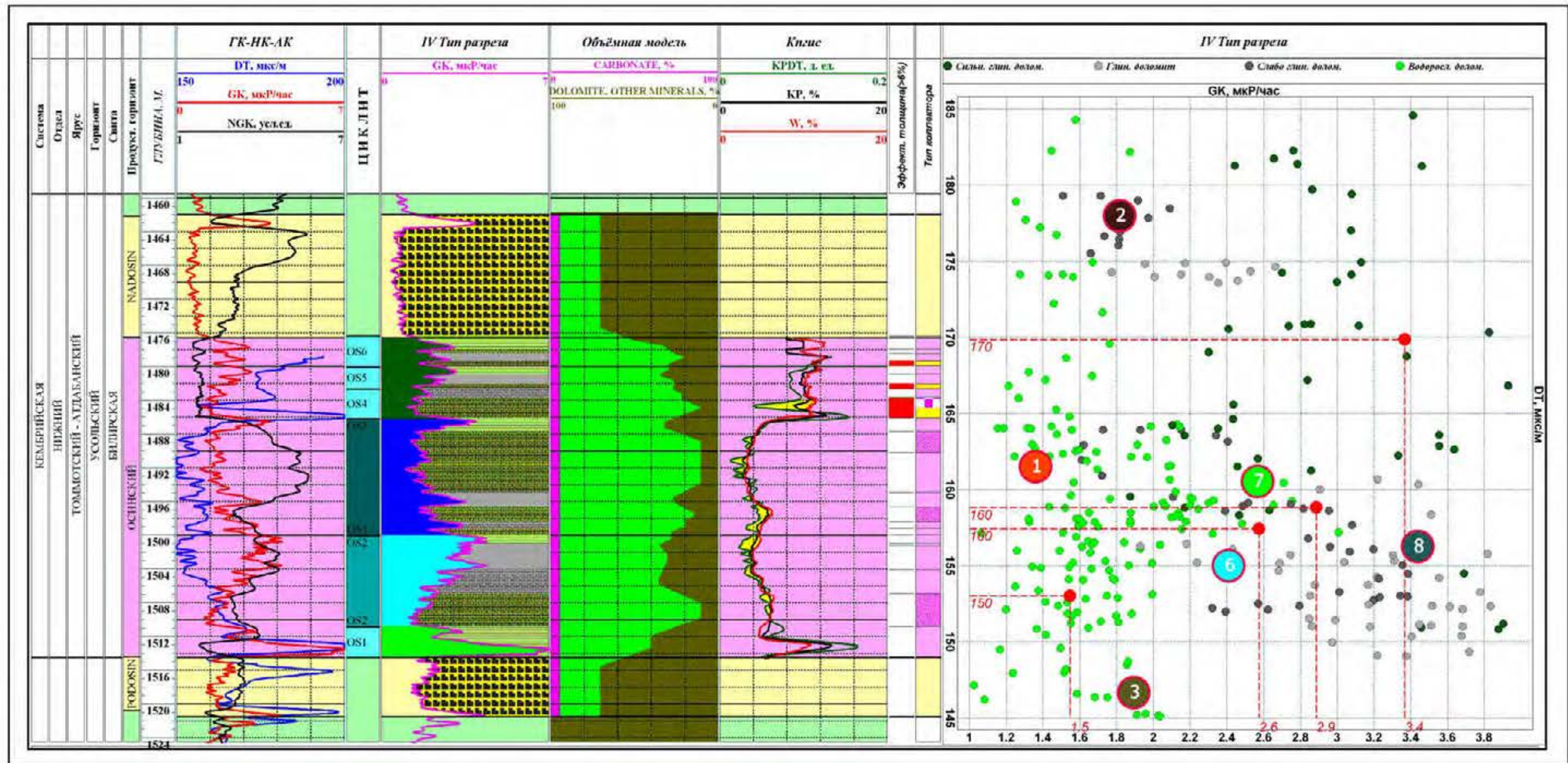
Вторичные доломиты по:

- 1 каркасным известнякам
- 2 литокластовым известнякам
- 3 водорослевым известнякам
- 4 оолитовым известнякам
- 5 пелоидным известнякам
- 6 слабо глинистым известнякам
- 7 глинистым известнякам
- 8 сильно глинистым известнякам

Тип коллектора:

Порово-каверновый тип коллектора  
 Поровый тип коллектора

Рисунок 4.7. Петрофизическая модель третьего типа разреза осинского горизонта.



Условные обозначения

Обстановка частично изолированная

мелководная шельфовая забарьерная лагуна

Фация супралиторали

Фация относительно мелководных отложений литорали

Галиты, ангидриты, доломиты

Глинистые доломиты

Галитовые доломиты

Слабо глинистые, водорослевые доломиты

Локальной супралиторали, сильно глинистые доломиты

Вторичные доломиты по:

- 1 каркасным известнякам
- 2 литокластовым известнякам
- 3 водорослевым известнякам
- 4 оолитовым известнякам
- 5 пелоидным известнякам
- 6 слабо глинистым известнякам
- 7 глинистым известнякам
- 8 сильно глинистым известнякам

Тип коллектора:



Порово-каверновый тип коллектора



Поровый тип коллектора

Рисунок 4.8. Петрофизическая модель четвёртого типа разреза осинского горизонта.

## 4.2. Преобладающие типы порового пространства и условия его формирования

Разработанная седиментационная модель осинского горизонта Непского свода свидетельствует о том, что его накопление отложений происходило в изменчивых условиях частично изолированной забарьерной лагуны, крупной органогенной постройки и её тыловой части (см. рис. 3.16), что обеспечило существование нескольких типов разреза осинского горизонта, каждому из которых свойственны определённые типы коллекторов с весьма устойчивыми значениями суммарных эффективных толщин (рис. 4.9.).

Особенности накопления отложений осинского горизонта существенно предопределили фильтрационно-емкостные свойства. Каждому из выделенных типов разреза, а соответственно каждому прогнозируемому району его распространения, свойственны определённые фильтрационно-емкостные характеристики. Так развитие баундстоунов, литокластовых и оолитовых грейнстоунов в силу своих структурных особенностей потенциально обладают лучшими емкостными характеристиками, чем микритовые разности (мадстоуны), особенно с присутствием в составе глинистой компоненты.

Эта же тенденция отмечается и для образованных по различным типам известняков доломитов. В них встречены следующие типы пористости: межкристаллическая и пустотная. Образование первых связано как с процессами вторичной доломитизации, так и с процессами заполнения условно первичных пустот (межзерновых) кристаллами доломита. Вторичные межкристаллические поры имеют изометричные, угловатые очертания; размер их изменяется от 50 мкм до 0,5 мм. Расположение пор в породе обусловлено главным образом неравномерной доломитизацией исходной породы. Внутренняя поверхность пор



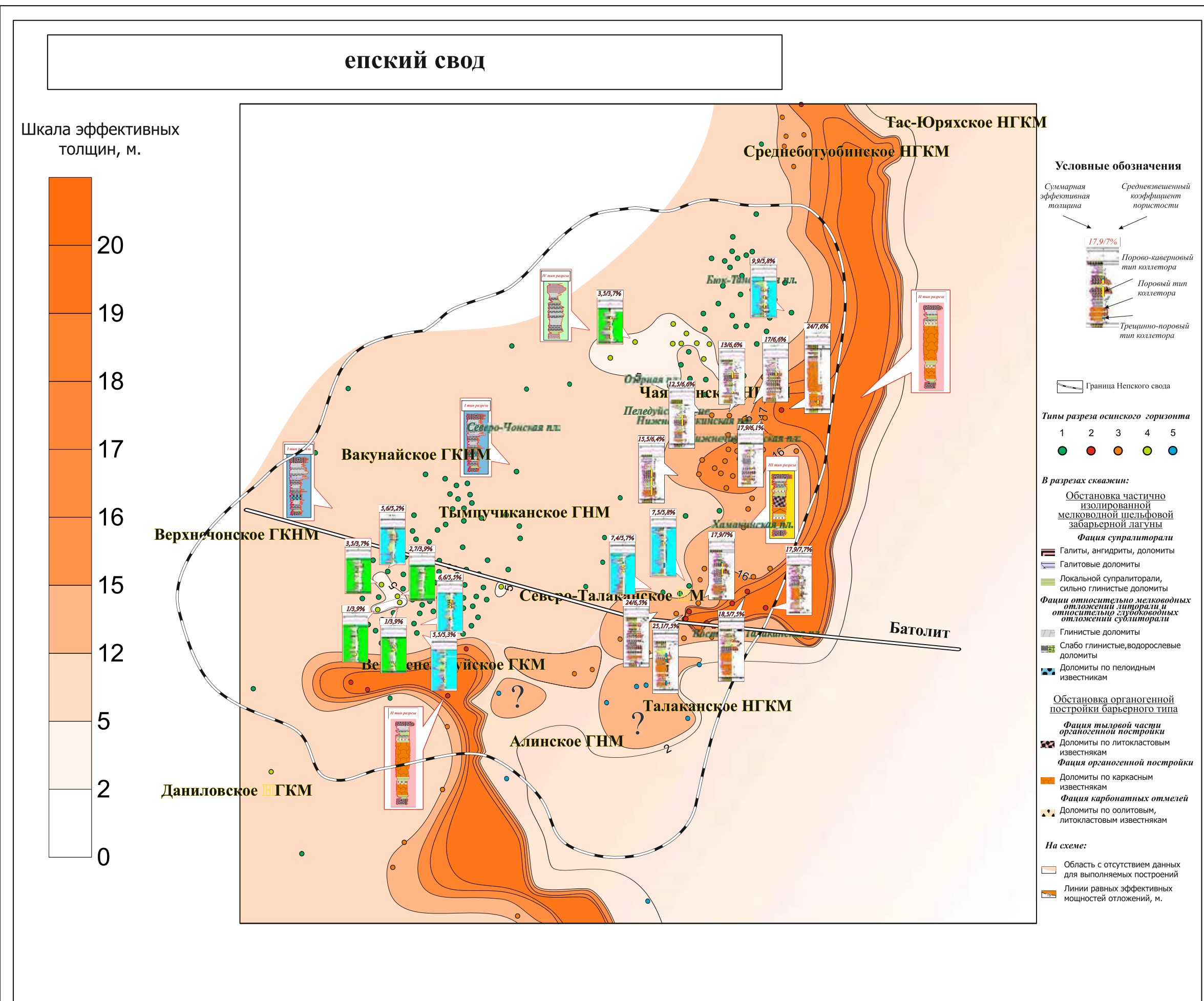


Рис нок 4.9. Схема распространения эффективных толщин отложений осинского горизонта в пределах Непского свода.

граничена гранями новообразованных идиоморфных кристаллов доломита, на поверхности которых отмечаются следы растворения и образование мелких агрегатов ангидрита (рис. 4.10).

Пустоты выщелачивания, сформированные по первичным внутрикаркасным пустотам, по размеру на порядок выше, чем межкристаллические (до 5 мм); большая их часть имеет размер более 75-100 мкм. Расположение пустот в породе обусловлено первичной структурой породы (рис. 4.11). В порах данного типа, в отличие от межкристаллических пустот, помимо выделения мелких кристаллов ангидрита отмечается наличие новообразованных кристаллов доломита и галита. Кроме того, в пустотах встречаются скелетные формы граней кристаллов доломита, свидетельствующие об их росте в минералообразующих растворах малой концентрации (Постникова и др., 2012).

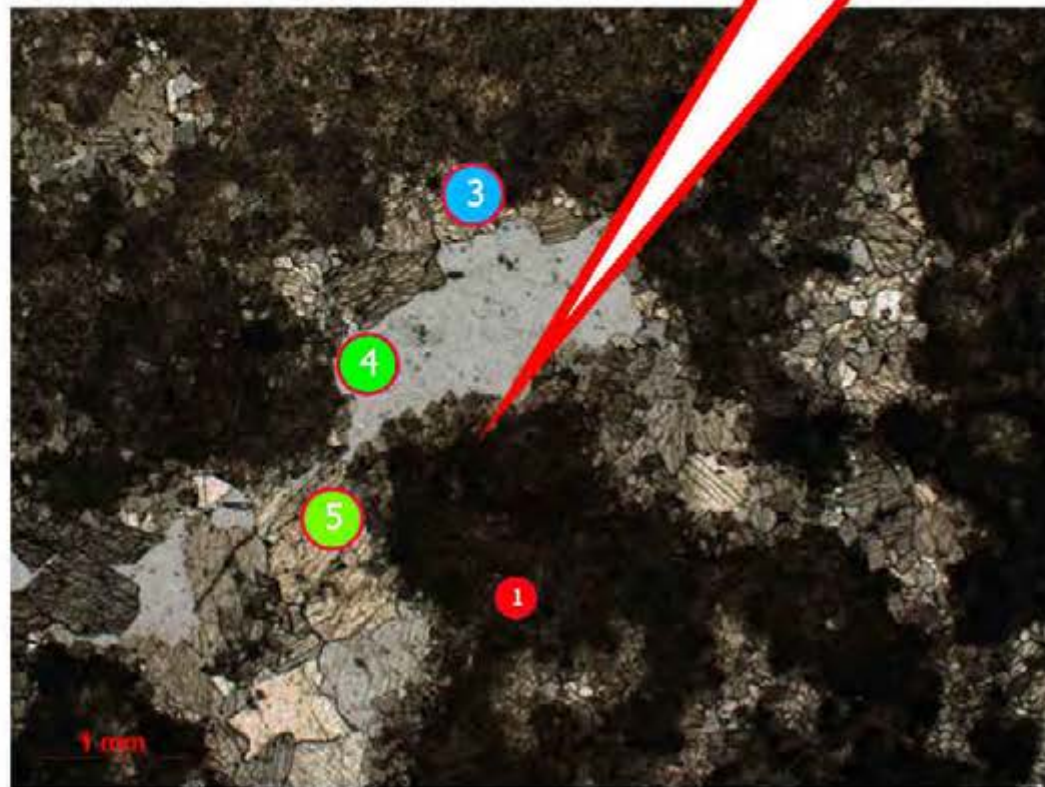
Таким образом, в осинском горизонте между пористостью и структурными элементами карбонатных пород устанавливается зависимость - структурно-избирательной пористости. Данная зависимость указывает на связь пористости и условий накопления осадочного материала, что подтверждает существующую фациальную избирательность первичной емкости и эпигенетических преобразований и доказывает существующую концепцию фациальной избирательности.

Выполненное седиментационное районирование рассматриваемой части Непского свода для осинского продуктивного горизонта и выявленные зависимости структуры и ФЕС приуроченных к нему коллекторов послужило основой для прогноза коллекторов различного качества в областях, не опробованных бурением.

(Без анализатора)



(С анализатора)



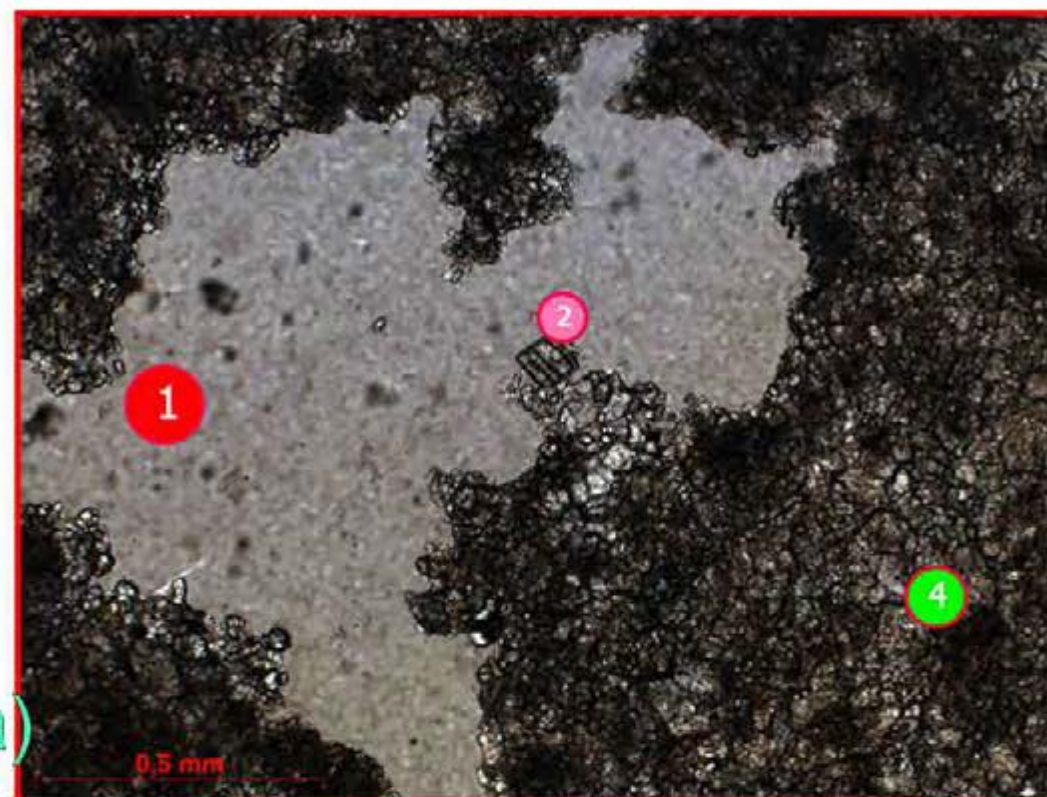
Условные обозначения

- 1 реликты органогенно-водорослевой структуры
- 2 кристаллы доломита
- 3 следы растворения на поверхности кристаллов доломита

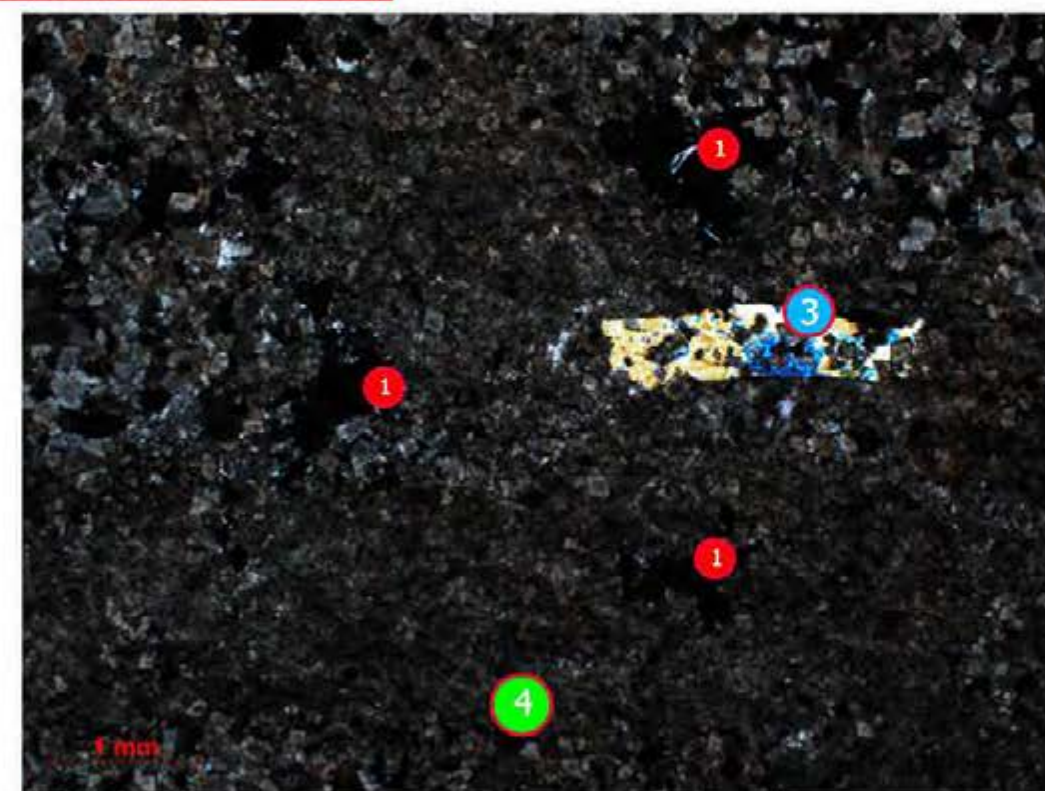
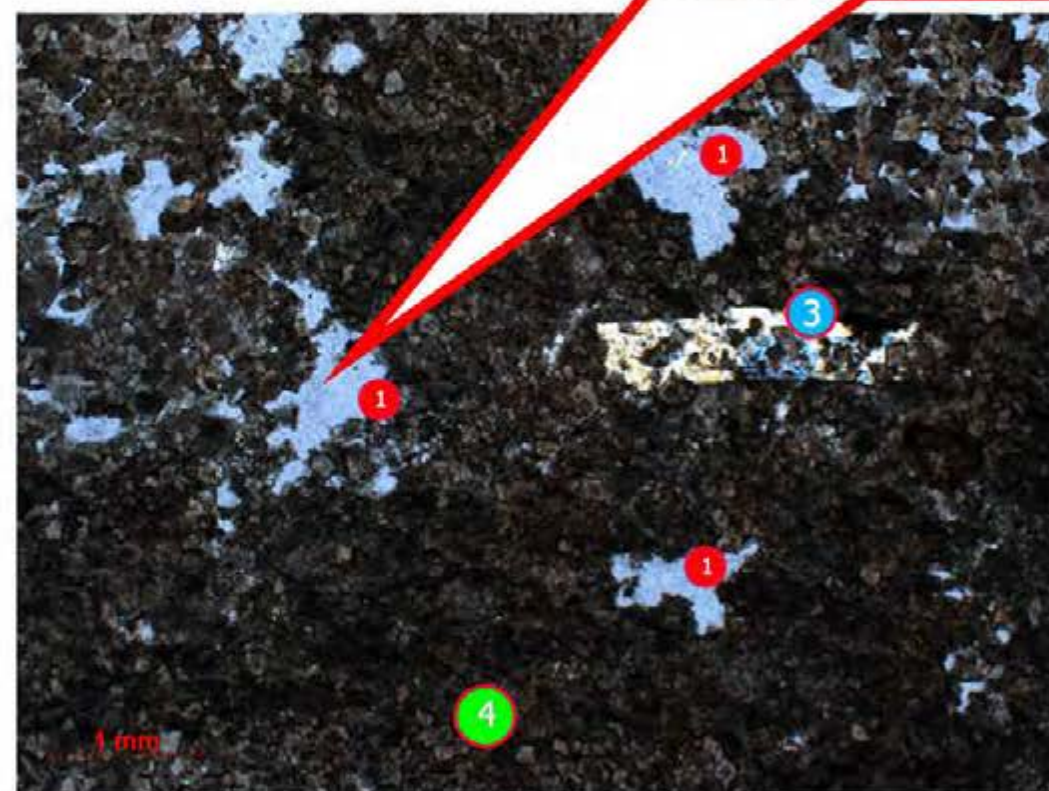
- 4 межкристаллические пустоты
- 5 кристаллы кальцита

**Рисунок 4.10.** Характеристика пустотного пространства (межкристаллические пустоты), фотографии шлифов.

(Без анализатора)



(С анализатора)



Условные обозначения

- 1 пустоты выщелачивания
- 2 кристаллы доломита
- 3 кристаллы ангидрита

- 4 первичная структура породы

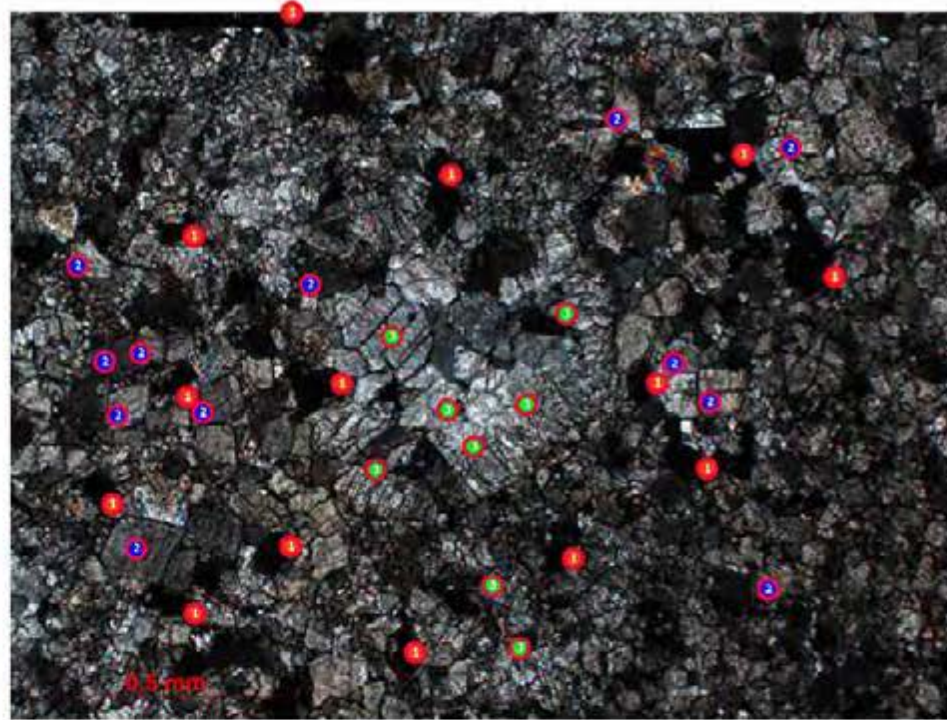
**Рисунок 4.11.** Характеристика пустотного пространства (пустоты выщелачивания), фотографии шлифов.

### 4.3. Влияние интенсивности и направленности постседиментационных процессов

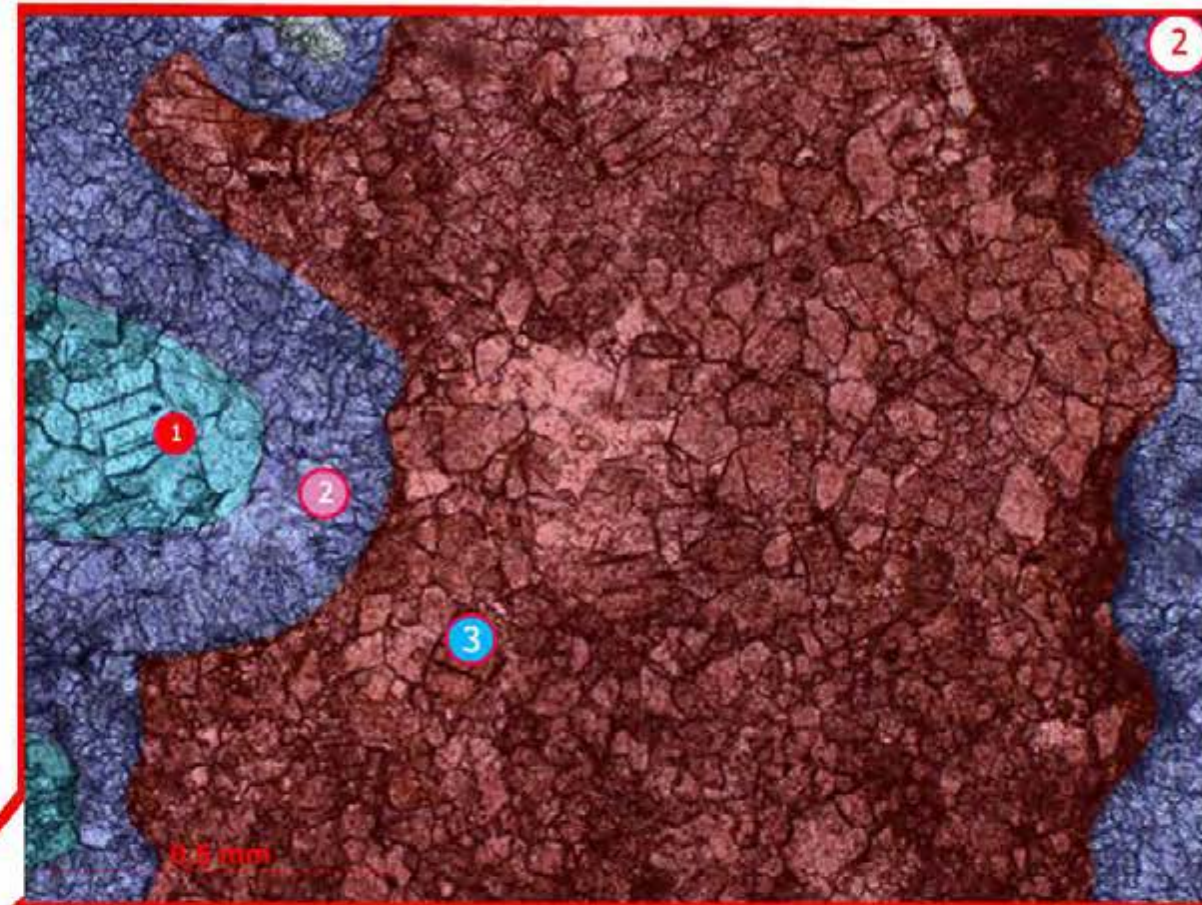
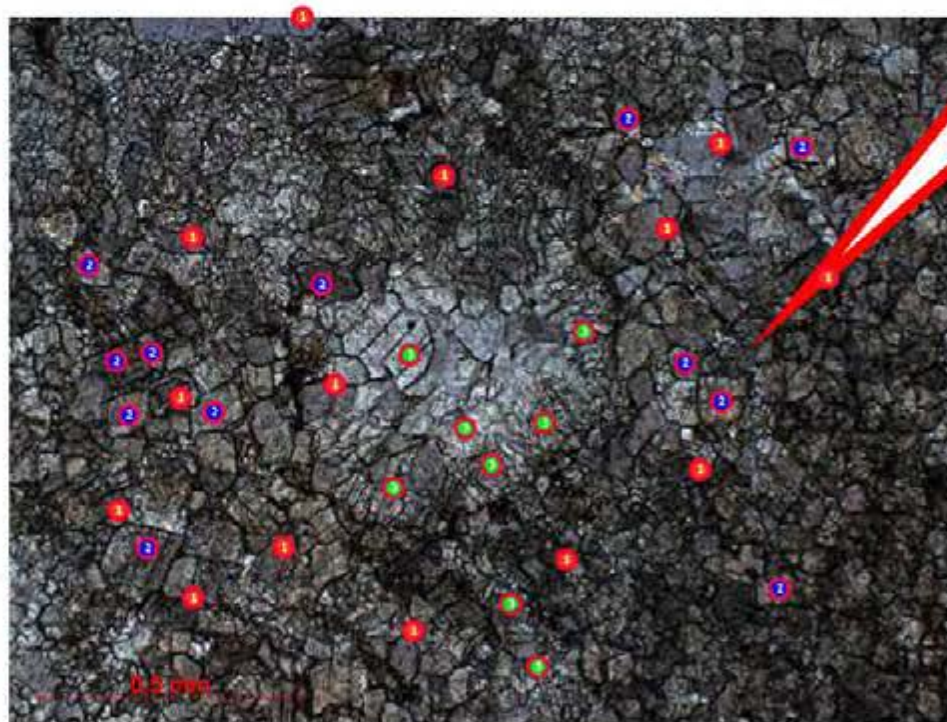
В карбонатных породах осинского горизонта пористость и проницаемость зависит далеко не только от условий накопления отложений, но и от постседиментационных преобразований осадка и породы.

**Доломитизация.** Влияние доломитизации на формирование коллекторских свойств весьма неоднозначно. На формирование емкости вторичных доломитов в значительной степени повлияли состав и структура первичного известкового осадка. Избирательный характер доломитизации определяется размерами и степенью однородности кристаллов. В процессе диагенетической доломитизации происходило избирательное замещение кальцита доломитом. В первую очередь доломитизация охватывала тонкодисперсную известковую массу, лишённую каких-либо более крупных компонентов (оолитовых, пелоидных, литокластовых, реликтов цианобактерий или водорослей и т.п.), дальше распространяясь по метастабильным минералогическим фрагментам (рис. 4.12). Таким образом, последовательность выделения кристаллов  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  подчёркивает первичную структурную неоднородность карбонатного осадка и проявляется в дифференциации вторичного доломита по размерам кристаллов. Наиболее крупные кристаллы приурочены к межзерновым порам, микритовый известковый компонент превращается в микрокристаллический доломит. В результате замещения кальцита доломитом из-за разности молекулярных масс образовывались межкристаллические пустоты доломитизации размером 0,05–0,25 мм. В то же время при изучении пород в шлифах (рис. 4.12.) наблюдается процесс заполнения первичных внутрикаркасных пустот или же пустот выщелачивания вторичными кристаллами доломита размером

(С анализатора)



(Без анализатора)



2 С выделенными зонами развития вторичных процессов



1 Без выделенных зон развития вторичных процессов

Условные обозначения

- Межкристаллические пустоты
- Кристаллы доломита
- Кристаллы кальцита

- Две стадии кальцитизации:
- 1 Заполнение пустот более крупными кристаллами кальцита
  - 2 Инкрустация биогермного каркаса перистыми кристаллами кальцита
  - 3 Доломитизированный элемент биогермного каркаса

Рисунок 4.12. Характеристика постседиментационных процессов, фотографии шлифов.

0,1–0,25 мм, приводящий к сокращению порового пространства (Постникова и др., 2012).

По данным исследований физики пласта средние значения открытой пористости в доломитах от 3,4 до 15,7%, газопроницаемости от  $2,5 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> до  $444,4 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. В известняках, соответственно, пористость от 3,26 до 8,09 % и газопроницаемость от  $0,05 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> до  $5,5 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> (Стахеева, Пибина, 1982; Бурова, 1988; Бурова, 1990).

Как известно, осинский горизонт залегает в подсолевых толщах. Взаимодействие карбонатных пород с высокоминерализованными эвапоритовыми рассолами вызвало образование вторичных доломита, ангидрита и галита. Процесс доломитизации известняков сопровождался увеличением кальций-магниевого отношения до 3,5, повышением минерализации на 12 г/л, преобразованием хлоридного натриево-магниевого рассола в хлоридный натриево-кальциевый. При этом объем пор в породе увеличился на 8,4 см<sup>3</sup>, осаждалось небольшое количество ангидрита – 30 мг/л.

Преобразование пород на стадии диагенеза также связанное с насыщением известняков осинского горизонта рассолами с пониженной минерализацией и содержанием магния, что приводило к растворению и дедоломитизации (Назарова, 2001).

**Выщелачивание.** Одним из основных процессом формирования пористости в карбонатных породах осинского горизонта является выщелачивание – растворение осадочного материала с выносом растворённых компонентов. В общем, выделяют следующие основные типы пористости, связанные с выщелачиванием: пористость, связанная с растворением структурных компонентов (зёрен, кристаллов или цемента), когда происходит расширение унаследованной поровой системы; пористость, связанная с предварительным растрескиванием породы. Так же движение подземных вод содействует росту трещинной проницаемости за счёт создания пористо-кавернозных зон и обеспечивает появление

дополнительных пустот – карстовых полостей. Для процесса выщелачивания, протекающего в отложениях осинского горизонта характерно образование коротких извилистых каналов, соединяющих крупные открытые пустоты выщелачивания между собой. Наиболее тесно вторичная пористость выщелачивания связана с поверхностями размывов, наличие которой способствует циркуляции растворов. А поскольку первичная компоновка зерна определяет пути фильтрации растворяющего флюида, тем самым вновь подтверждается решающее значение седиментационных признаков.

В водорослевых известняках кроме межзерновой пористости в доломитизированных участках, наблюдаются поры выщелачивания по форменным элементам (комки и сгустки). Результатом выщелачивания является сформированная вторичная пористость с различной структурной избирательностью. Процессы растворения затрагивали карбонатный осадок как до завершения литификации, так и после (рис. 4.11).

**Кальцитизация.** Кальцитизация в карбонатных отложениях осинского горизонта проходила в две стадии: первая – инкрустация биогермного каркаса перистыми кристаллами кальцита размером 0,1–0,2 мм и вторая стадия – заполнение пустот более крупными кристаллами кальцита размером порядка 0,5 мм. Этот процесс наиболее активно проявлялся в биогермных известняках, где первичные пустоты нацело залечены вторичными кристаллами кальцита. В отличие от биогермных известняков в разнокристаллических доломитах вторичный кальцит, заполняющий пустоты, нередко подвергался выщелачиванию (рис. 4.12) (Постникова и др., 2012).

Процессы перекристаллизации солей, доломитов и известняков продолжались на стадии катагенеза. Процессы фильтрации рассолов и их смешивание с пластовыми рассолами, и осаждение галита, сульфатов и карбонатов изменили пустотное пространство доломитовых коллекторов. Так, при перекристаллизации над- и подосинских солей с

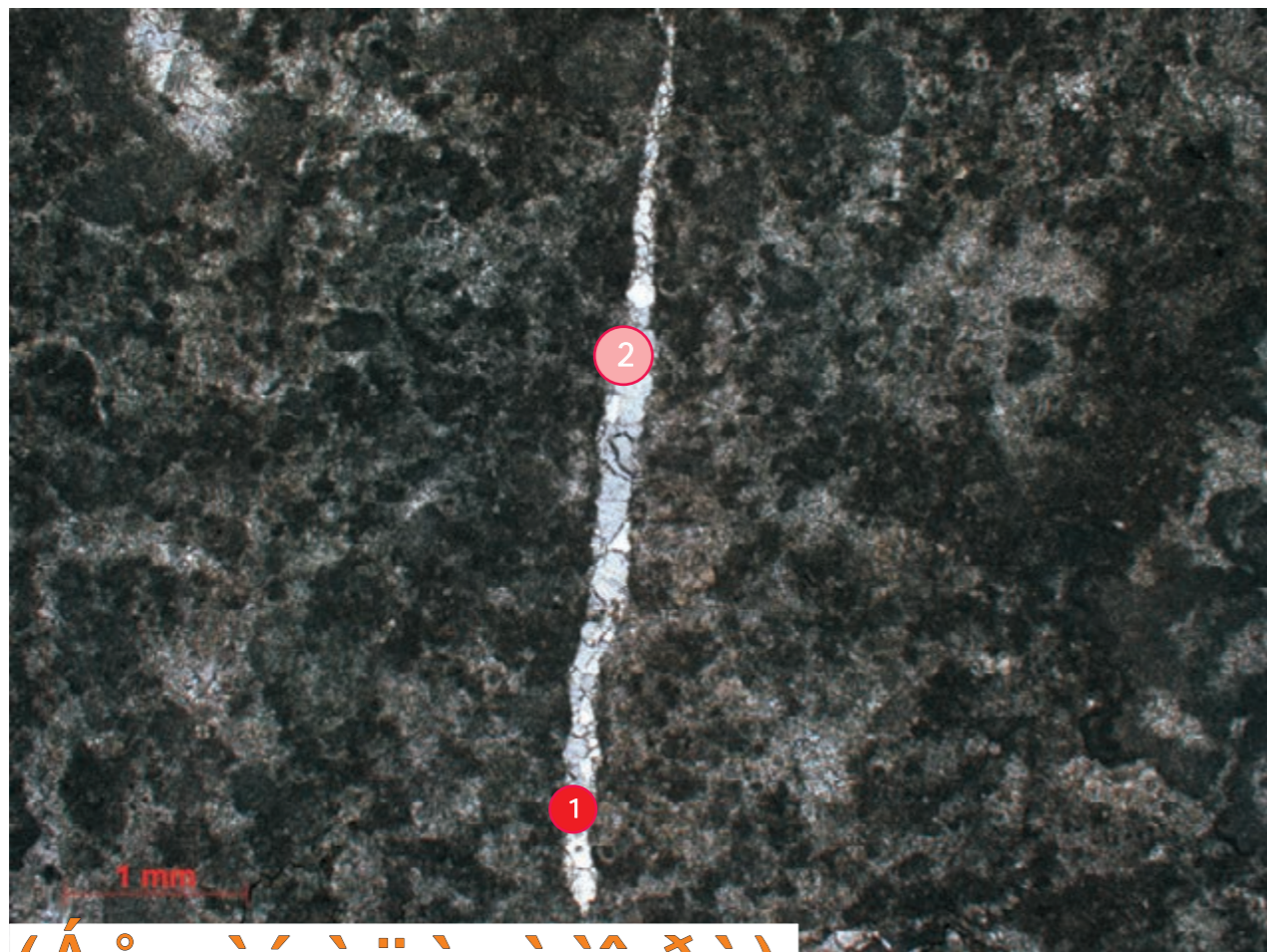


высвобождающимися межкристалльными рассолами, смешавшимися с осинскими пластовыми рассолами, следует связывать засоление порового и каверново-трещинного пространства этого горизонта (Назарова, 2001).

**Трещинообразование.** Под трещиноватостью горных пород понимают совокупность макро- и микротрещин, нарушающих целостность отдельных прослоев или пластов. Трещинная неоднородность осадочных пород зависит от следующих факторов: седиментационного, связанного с первичными структурными компонентами и емкостными характеристиками; постседиментационного, в результате эволюции осадков и пород в литогенезе; тектонического. Трещины, образованные в процессе литификации осадков вследствие сокращения их объема при уплотнении и удалении воды, кристаллизации и перекристаллизации, имеют достаточно низкую раскрытость. Образование трещин происходило избирательно, породы наиболее подверженные трещиноватости являются нацело перекристаллизованные, разномерные и известково-доломитовые породы.

Как показали исследования отложений осинского горизонта, в известняках и доломитах количество открытых трещин, по наблюдениям в шлифах, незначительное (рис. 4.13). Это извилистые, горизонтальные и вертикальные микротрещины, затухающие в пределах шлифа, часто проходящие по стилолитовым швам. Среднее значение трещинной проницаемости в известняках не превышает  $3,16 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, в доломитах  $\sim 4,9 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>.

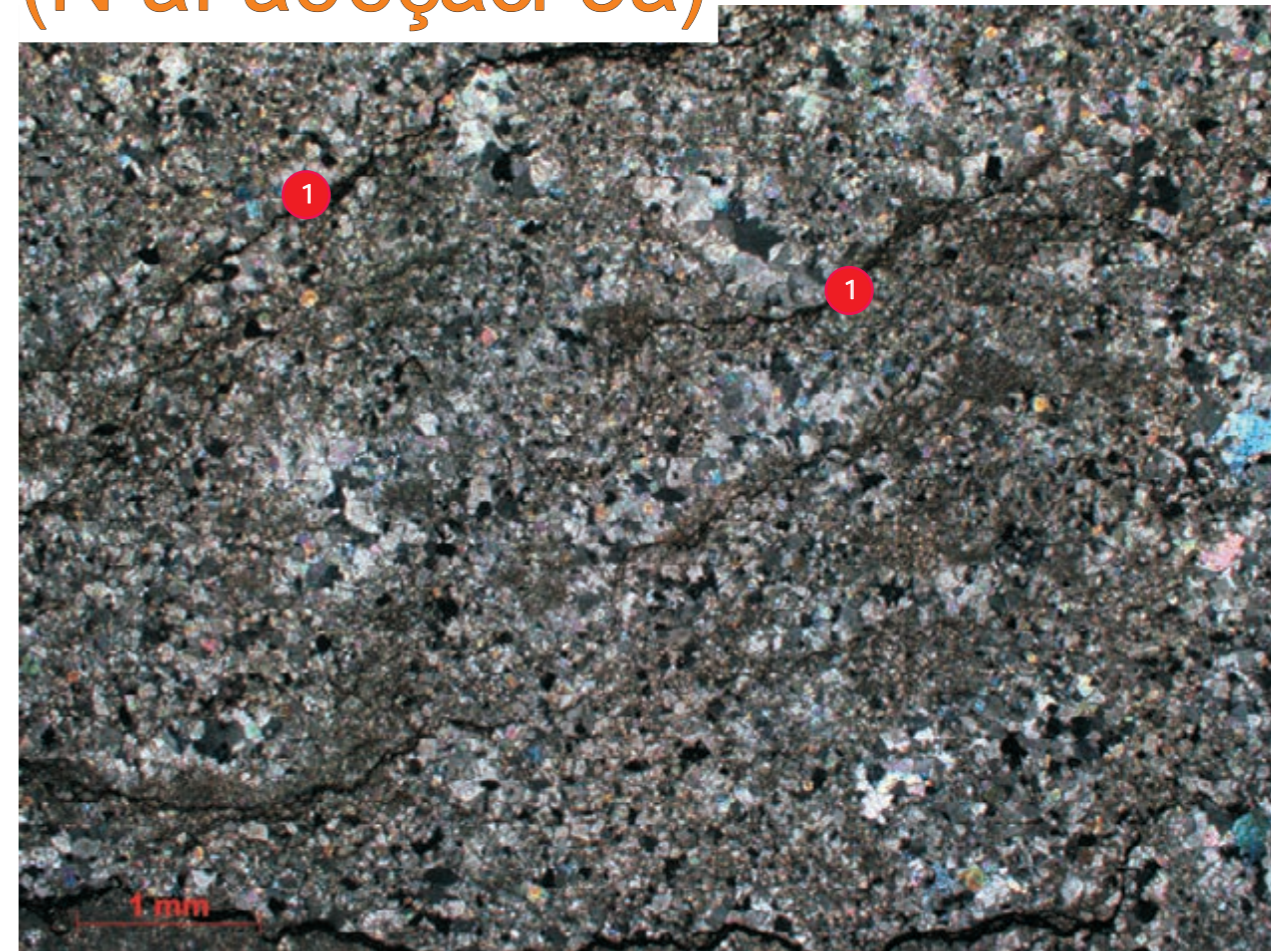
**Сульфатизация.** Одним из основных процессов, приводящих к сокращению пустотного пространства, является сульфатизация. При изучении карбонатных отложений осинского горизонта было отмечено два типа сульфатизации. К первому типу относятся седиментационно-раннедиагенетические выделения тонко-микрочеталлических ангидритов, которые происходили в условиях повышенной солености вод морского бассейна. Ко второму типу относятся катагенетические сульфаты



(Áâç àí àëèçàòî ðà)



(Ñ àí àëèçàòî ðà)



1 òðàù èí ù

Óñëî àí ù à î áí çí à-áí èÿ

2 êðèñòàèëù èàëüöèà

(ангидрит, гипс), которые выполняют первичные пустоты в биогермных известняках и доломитах (Постникова и др., 2012).

**Засолонение.** Еще один процесс, пагубно влияющий на емкость – засолонение, получившие широкое развитие в разрезе осинского горизонта. Так, при первичном описании керна можно отметить, что крупные каверны, размером до нескольких сантиметров, заполнены прозрачно-серым или молочно-белым галитом. Каверны, залеченные солью, часто образуют прослой мощностью 15–20 см. В разрезах скважин установлено чередование слоев с обильными порами и кавернами, заполненными галитом. Иногда породы содержат каверны и поры, наполовину заполненные галитом. Их диаметры варьируют от 1 мм до первых сантиметров, нередко каверны неправильной формы диаметром до 12 см.

Галиты из трещин и каверн осинского горизонта и перекрывающих их пластов солей, принадлежат двум разнотемпературным генерациям. В одних случаях галит идентичен пластовому низкотемпературному, в других – высокотемпературному галиту, что подтверждает многоэтапность засоления доломитов (Назарова, 2001). Газово-жидкостные включения в галите являются первичными законсервированными микроостатками рапы солеродного бассейна, поэтому их изучение позволяет оценить условия преобразования осадка и породы в литогенезе (Назарова, 2001).

О.В. Постникова указывает на то, что разброс в размерах площади залеченных солью пор составляет от 0,02 до 6,4 мм<sup>2</sup>. Ею отмечено, что максимальный размер остаточных пор в диаметре не превышает 0,3–0,4 мм, а межкристаллических – 0,05–0,25 мм. Средняя площадь каверны, заполненной солью – 2,0 мм<sup>2</sup>. Максимальная вероятность засоления – 10,2% для пустот площадью 2,05 мм<sup>2</sup>. Кристаллы галита по-разному заполняют пустотное пространство, в межкристаллических пустотах кристаллы галита отмечаются крайне редко, тогда как крупные пустоты

выщелачивания практически полностью заполнены кристаллами галита (Постникова и др., 2012).

Но несмотря на это, именно первичная структура пород предопределяет не только формирование и сохранение пустотного пространства, но и направленность развития вторичных процессов. Разработанная схема изменения средневзвешенного коэффициента пористости наглядно демонстрирует зональность, отвечающую седиментационной, независимо от интенсивных вторичных преобразования отложений осинского горизонта (рис. 4.14). Лучшими коллекторскими свойствами в разрезе осинского горизонта Непского свода обладают вторичные разнокристаллические доломиты, развивающиеся по оолитовым, литокластовым и каркасным известнякам, которые являются коллекторами порового и порово-кавернового типа.

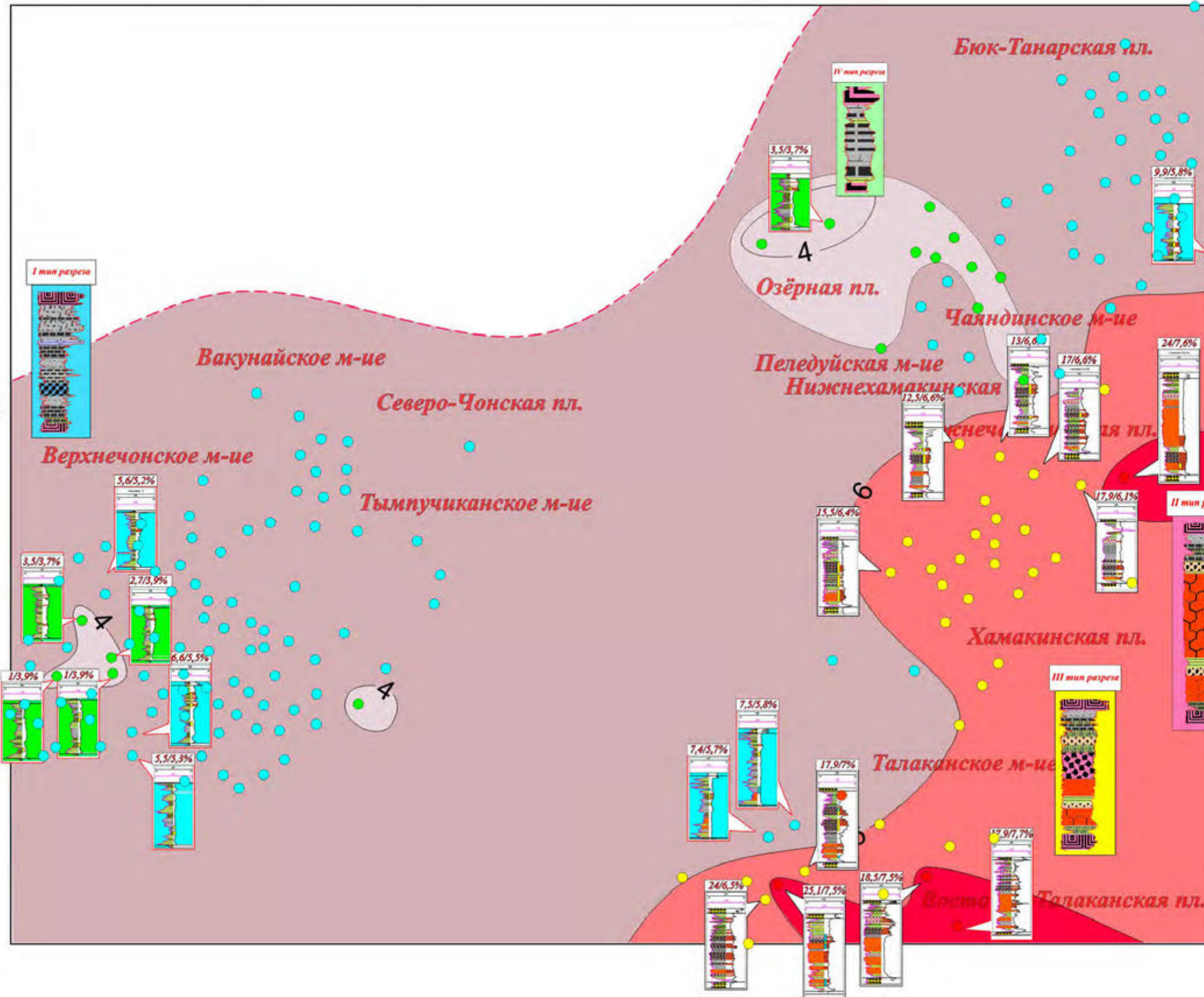
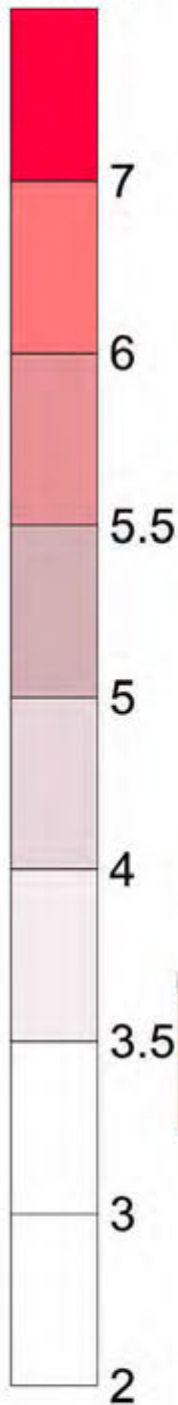
#### **4.4. Прогноз качества коллекторов и разработка моделей резервуаров Непского свода**

В отложениях осинского горизонта прогнозируются области развития трёх типов резервуаров с принципиально различным качеством коллекторов (рис. 4.15).

1. Массивные природные резервуары, связанные с отложениями барьерного рифа. В разрезах скважин юго-восточного района (южная часть Среднеботуобинского месторождения, Нижнечаяндинская площадь, юг Чаяндинского месторождения, Талаканское месторождение и Восточно-Талаканская площадь, а также восточная часть Северо-Талаканского месторождения, Верхнепеледуйское месторождение и области южнее), где распространены отложения второго типа разреза осинского горизонта с максимальной долей вторичных доломитов по первичным каркасным известнякам. Лучшими емкостными свойствами характеризуются порово-каверновые доломиты по каркасным и литокластовым известнякам.

# Центральная и восточная части Непского свода

Шкала средневзв. коэффициента пористости, %



## Условные обозначения

Суммарная эффективная толщина  
Средневзвешенный коэффициент пористости

Порочно-каверновый тип коллектора  
Поровый тип коллектора  
Трещинно-поровый тип коллектора

Типы разреза осинского горизонта

1 2 3 4

В разрезах скважин:

Обстановка частично изолированной мелководной шельфовой/барьерной лагуны

Фация супралиторали

- Галиты, ангидриты, доломиты
- Галитовые доломиты
- Локальной супралиторали, сильно глинистые доломиты

Фация относительно мелководных отложений литорали

- Глинистые доломиты
- Слабо глинистые, водорослевые доломиты

Фация относительно глубоководных отложений сублиторали

- Доломиты по пеллоидным известнякам

Обстановка органогенной постройки барьерного типа

Фация тыловой части органогенной постройки

- Доломиты по литокластовым известнякам

Фация органогенной постройки

- Доломиты по каркасным известнякам

Фация карбонатных отмелей

- Доломиты по оолитовым, литокластовым известнякам

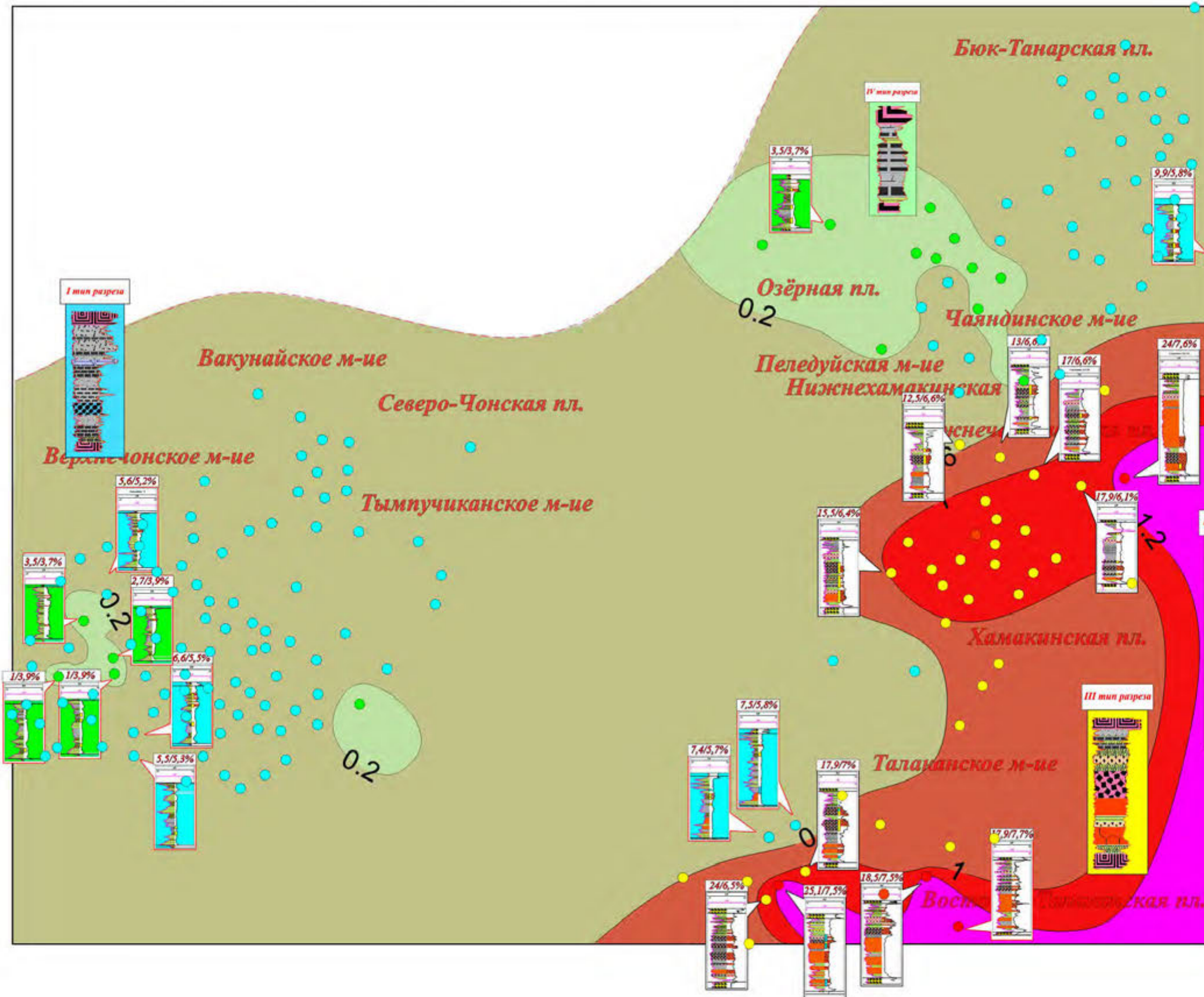
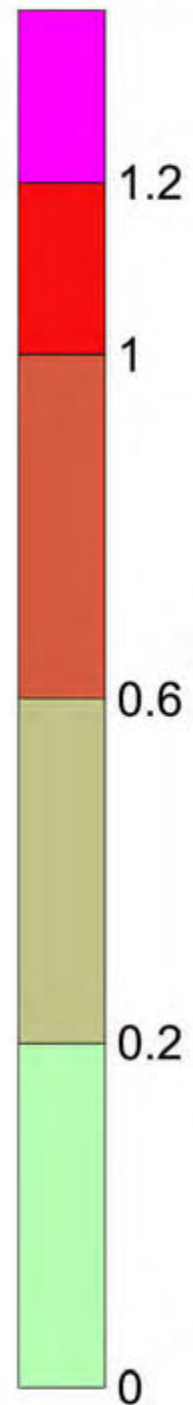
На схеме:

- Область с отсутствием данных для выполняемых построений
- Линии равных средневзвешенных коэффициентов пористости, %

Рисунок 4.14. Схема изменения средневзвешенного коэффициента пористости в отложениях осинского горизонта в центральной и восточной частях Непского свода.

# Центральная и восточная части Непского свода

Шкала качества коллекторов, ед.



## Условные обозначения

- Суммарная эффективная толщина  
Среднеарифметический коэффициент пористости
- Порово-каверновый тип коллектора  
Поровый тип коллектора  
Трещинно-поровый тип коллектора
- Типы разреза осинского горизонта
- 1 2 3 4
- В разрезах скважин:
- Обстановка частично изолированной мелководной шельфовой забарьерной лагуны
- Фация супралиторали
- Галиты, ангидриты, доломиты
  - Галитовые доломиты
  - Локальной супралиторали, сильно глинистые доломиты
- Фация относительно мелководных отложений литорали
- Глинистые доломиты
  - Слабо глинистые, водорослевые доломиты
- Фация относительно глубоководных отложений сублиторали
- Доломиты по пеллоидным известнякам
- Обстановка органогенной постройки барьерного типа
- Фация тыловой части органогенной постройки
- Доломиты по литокластовым известнякам
- Фация органогенной постройки
- Доломиты по каркасным известнякам
- Фация карбонатных отложений
- Доломиты по оолитовым, литокластовым известнякам
- На схеме:
- Область с отсутствием данных для выполняемых построений
  - Линии равного качества коллекторов, ед.

Рисунок 4.15. Схема изменения качества коллекторов в отложениях осинского горизонта в центральной и восточной частях Непского свода.

Пористость изменяется от 5% до 15%, средневзвешенный коэффициент пористости больше 7%. В этом районе суммарная мощность коллекторов достигает 25 м. Данный тип резервуара прогнозируется в виде зоны вдоль восточной части Непского свода.

2. Природные резервуары смешанного типа в отложениях тыловой части рифа. К осинской рифовой системе с севера-запада, запада и юго-запада примыкает центральный район, в разрезах скважин которого доминируют вторичные известняки по каркасным известнякам и литокластовым известнякам. В данном районе скважинами вскрыта тыловая часть барьерной рифовой системы осинского горизонта. К нему относится западная часть Талаканского и Чаяндинского месторождений, Хамакинская площадь. Лучшими емкостными свойствами характеризуются главным образом порово-каверновые доломиты по каркасным и литокластовым известнякам. Пористость изменяется от 5% до 10%, средневзвешенный коэффициент пористости больше 6%. В этом районе суммарная мощность коллекторов достигает 24 м. Данный тип резервуара прогнозируется полосой вдоль осинской рифовой системы, в южной и центральной части объекта исследования.

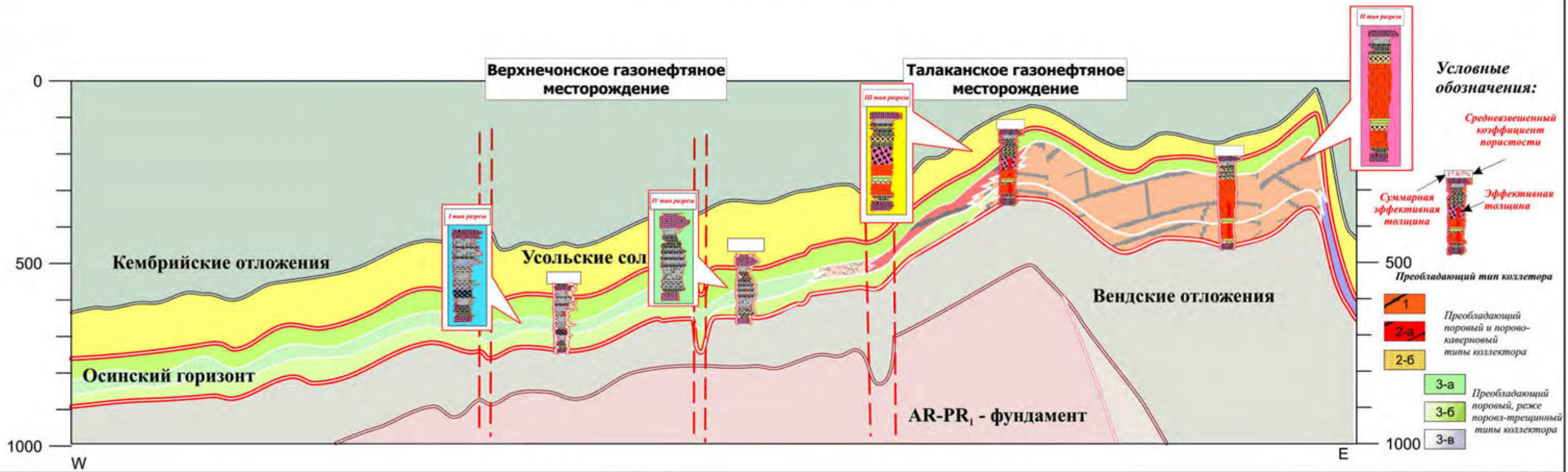
3. Слоистые природные резервуары в приливно-отливных отложениях. Тыловая часть барьерной рифовой системы отложений осинского горизонта на западе и северо-западе переходит в третий выделяемый район с максимальной долей отложений приливно-отливной равнины. В пределах этого района находятся Верхнечонское и Вакунайское месторождения и Северо-Чонская площадь, западная часть Тымпучиканского месторождения, а также Нижнехамакинская, Нижнечаяндинская и Озёрная площади, Пеледуйское месторождение, Чаяндинское месторождение и Бюк-Танарская площадь. Лучшие емкостные свойства присущи поровым и порово-каверновым доломитам по водорослевым (микрофитолитовым) известнякам. Пористость изменяется от 2% до 9%, средневзвешенный коэффициент пористости – от

2% до 6%. В этом районе суммарная мощность коллекторов минимальная для всего объекта исследования (в среднем 5 м). Распространение резервуаров этого типа прогнозируется полосой в центральной, северной и северо-восточной части изучаемой области Непского свода.

Таким образом, несмотря на то, что отложения осинского горизонта интенсивно вторично преобразованы, дифференциация природных резервуаров по свойствам и качеству связана со спецификой их образования. В области распространения слоистых отложений (разрезы первого и четвёртого типов) развит слоистый природный резервуар, где пласты, обладающие коллекторскими свойствами, чередуются с неколлекторами, в то время как в области распространения доломитов по каркасным и литокластовым известнякам (разрезы второго и третьего типов) развиты массивные резервуары (рис. 4.16). Безусловно, что на качество коллекторов оказали воздействие вторичные преобразования, при этом по степени влияния на качество коллекторов все процессы можно разделить на две группы. Первая группа процессов (доломитизация и выщелачивание) способствовала улучшению коллекторских свойств пород, другая (ангидритообразование, галитообразование, кальцитизация) ухудшала емкостные свойства, но тем самым создавала непроницаемые экраны, что могло приводить к формированию экранов для литологических ловушек углеводородов.



# Непский свод



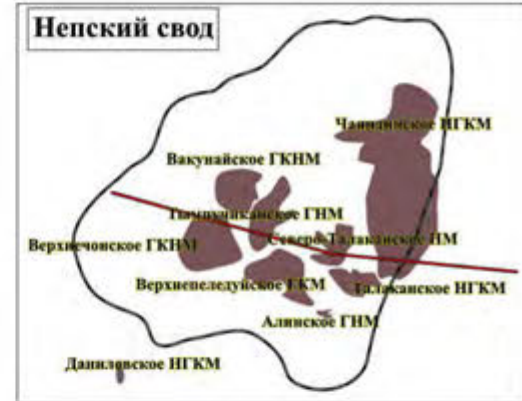
Седиментационная зональность осинского горизонта, на профиле:

- 1
- 2-а
- 2-б
- 3-а
- 3-б
- 3-в

- Обстановка частично изолированной мелководной шельфовой забарьерной лагуны
- Фашия супралиторали**
- Галиты, ангидриты, доломиты
  - Галитовые доломиты
  - Локальной супралиторали, сильно глинистые доломиты
- Фашия относительно мелководных отложений литорали и относительно глубоководных отложений сублиторали**
- Глинистые доломиты
  - Слабо глинистые, водорослевые доломиты
  - Доломиты по пелоидным известнякам

В разрезах скважин:

- Обстановка органогенной постройки барьерного типа
- Фашия тыловой части органогенной постройки**
- Доломиты по литокластовым известнякам
- Фашия органогенной постройки**
- Доломиты по каркасным известнякам
- Фашия карбонатных отмелей**
- Доломиты по оолитовым, литокластовым известнякам



1 - осинская рифовая система; 2: а - тыловая часть рифовой системы, б - карбонатная отмель; 3 - преобладание отложений приливно отливной равнины и сублиторали: а - область развития относительно более глубоководные отложения забарьерной лагуны, б - область развития относительно более мелководные отложения забарьерной лагуны, в - область развития относительно более глубоководных отложений

Рисунок 4.16. Принципиальная схема качества коллекторов отложений осинского горизонта в пределах Непского свода.

## Заключение

В связи с тем, что в ближайшее время Восточная Сибирь способна стать одним из основных центров добычи углеводородов, повышается актуальность выявления перспективных нефтегазоносных объектов в пределах Непского свода, в том числе и в отложениях осинского горизонта. Несмотря на то, что перспективы нижнекембрийских отложений оцениваются достаточно высоко, освоение этих отложений происходит крайне медленно.

Реконструкция условий осадконакопления осинского продуктивного горизонта Непского свода позволила выполнить прогноз качества коллекторов и разработать модели природных резервуаров углеводородов, что в свою очередь может увеличить эффективность геологоразведочных работ в регионе.

Основой для прогноза качества коллекторов являлось литолого-фациальное районирование, выполненное на базе результатов изучения пород в керне и шлифах, а также седиментационной интерпретации данных ГИС с применением приёмов циклического и фациального анализов.

Проведённое исследование позволяет заключить, что накопление осинского горизонта в пределах центральной части Непского свода происходило в условиях частично изолированной шельфовой забарьерной лагуны с активным влиянием приливно-отливной деятельности, в то время как вдоль восточной части Непского свода развивалась органогенная постройка барьерного типа и её тыловая часть. По своей природе такое строение осинского горизонта отвечает модели окаймленного шельфа (платформы).

Отложения осинского горизонта имеют чётко выраженное циклитовое строение. В разрезе выделено шесть «обмеляющихся кверху» элементарных циклитов, границами которых являются трансгрессивные поверхности. Проведённый анализ последовательности наложения полигенных осадков в разрезе циклитов, а также их мощностей показал, что для первого, второго и третьего циклитов характерно ретроградационное строение, что свидетельствует о накоплении их в период наращивания аккомодационного пространства, характерного для накопления отложений в течение трансгрессии

моря. Для четвёртого, пятого и шестого циклитов характерна проградационная последовательность, что свидетельствует о заполнении аккомодационного пространства и нормальной регрессии.

Отложения осинского горизонта интенсивно преобразованы постседиментационными процессами, однако седиментационная неоднородность карбонатов чётко прослеживается в структуре современных пород и отображается в их различных фильтрационно-емкостных свойствах. Лучшими емкостными свойствами обладают вторичные разнокристаллические доломиты, где пустотное пространство представлено межкристаллическими пустотами и пустотами выщелачивания, наследующими седиментационно-каркасную пористость и межзерновую пористость.

Установленные закономерности строения отложений осинского горизонта в центральной и восточной частях Непского свода позволили определить приуроченность к определённым зонам соответствующих типов резервуаров. Так в центральной части Непского свода распространены приливно-отливные отложения осинского горизонта (разрезы первого и четвёртого типов), где развиты слоистые природные резервуары, характеризующиеся слабой сообщаемостью коллекторов по вертикали. Лучшими емкостными свойствами в них обладают в большей степени порово-каверновые доломиты по водорослевым известнякам. Для восточной части Непского свода характерны массивные резервуары, в которых коллекторами являются разнокристаллические вторичные доломиты, приуроченные к органогенной постройке, формирующие хорошо сообщающиеся между собой проницаемые пласты.

Результаты исследования позволяют выявить новые объекты для поискового бурения, что может быть направлено на оптимизацию геологоразведочных работ в регионе.

## СПИСОК РИСУНКОВ

1. Рисунок 1.1. Лено-Тунгусская нефтегазоносная провинция.
2. Рисунок 1.2. Схема размещения региональных сейсмопрофилей и типов месторождений Лено-Тунгусской НГП.
3. Рисунок 1.3. Обзорная схема Предпатомского осадочного бассейна.
4. Рисунок 1.4. Сводная стратиграфическая колонка Предпатомского осадочного бассейна.
5. Рисунок 1.5. Региональная стратиграфическая схема верхнепротерозойских отложений юго-восточных районов Сибирской платформы.
6. Рисунок 1.6. Региональная стратиграфическая схема нижнекембрийских отложений центральных районов Сибирской платформы.
7. Рисунок 1.7. Тектоническая карта вендско-силурийского структурного яруса юга Сибирской платформы.
8. Рисунок 1.8. Фрагмент регионального временного сейсмического профиля Батолит.
9. Рисунок 1.9. История геологического развития Предпатомского осадочного бассейна в рифейский (а) и вендско-силурийский (б) периоды.
10. Рисунок 1.10. Схематические палеоструктурные карты Непско-Ботуобинской антеклизы.
11. Рисунок 1.11. История геологического развития Предпатомского осадочного бассейна в позднепалеозойско-триасовый (а) и мезозойско-каинозойский (б) периоды.
12. Рисунок 1.12. Схема распределения залежей нефти и газа по разрезу на месторождениях центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская антеклиза) и перспектив нефтегазоносности.
13. Рисунок 1.13. Верхнечонское месторождение, схематический геологический разрез и структурные схемы по кровле отложений непского горизонта (В10, В13, В12).

14. Рисунок 1.14. Талаканское месторождение, схематический геологический разрез (А) и структурная схема (Б) по кровле отложений осинского горизонта.
15. Рисунок 1.15. Характеристика элементов нефтяных систем центральных районов Сибирской платформы.
16. Рисунок 1.16. Карта прогноза усольского резервуара центральных районов Сибирской платформы.
17. Рисунок 2.1. Зависимость скорости накопления карбонатов от интенсивности света при увеличении глубины воды.
18. Рисунок 2.2. Классификация карбонатных пород по первично-осадочным структурам.
19. Рисунок 2.3. Модель карбонатного осадконакопления по Селли (1989).
20. Рисунок 2.4. Соотношение угла наклона и высоты платформы в карбонатных и терригенных отложениях (а). Угол наклона платформы и преобладающее накопление осадка в карбонатных отложениях (б).
21. Рисунок 2.5. А. Типы органогенных построек, Б. Общая схема строения биогенного рифового комплекса отложений.
22. Рисунок 2.6. Строение современного рифа.
23. Рисунок 2.7. Идеализированная последовательность поясов стандартных фаций по Дж.Л. Уилсону (1980).
24. Рисунок 2.8. Статические модели осадконакопления карбонатных рампов.
25. Рисунок 2.9. Статические модели осадконакопления окаймлённых карбонатных платформ.
26. Рисунок 2.10. Технологическая цепочка построения модели природного резервуара.
27. Рисунок 3.1. Схематическая палеогеографическая реконструкция Сибирского континента в раннем кембрии.
28. Рисунок 3.2. Обзорная схема района исследования – центральной и восточной частей Непского свода.

29. Рисунок 3.3. Типы вторичных доломитов по первичной седиментационной структуре известняков.
30. Рисунок 3.4. Типы вторичных доломитов по первичной седиментационной структуре известняков.
31. Рисунок 3.5. Типы отложений.
32. Рисунок 3.6. Дифференциация отложений осинского горизонта Непского свода.
33. Рисунок 3.7. Седиментационная модель осинского горизонта с диагностическими признаками.
34. Рисунок 3.8. Характерные типы разреза для отложений осинского горизонта Непского свода.
35. Рисунок 3.9. Изменение толщины осинского горизонта в пределах Непского свода.
36. Рисунок 3.10. Каротажные фации отложений осинского горизонта Непского свода.
37. Рисунок 3.11. Схема распространения отложений осинского горизонта с различным типом разреза, а также изменений толщин горизонта, в частях Непского свода.
38. Рисунок 3.12. Межскважинная корреляция выделенных в отложениях осинского горизонта циклитов.
39. Рисунок 3.13. Межскважинная корреляция выделенных в отложениях осинского горизонта циклитов.
40. Рисунок 3.14. Каротажные фации отложений осинского горизонта Непского свода.
41. Рисунок 3.15. Литолого-фациальный профиль с демонстрацией выделенных циклитов в отложения осинского горизонта.
42. Рисунок 3.16. Схема седиментационной зональности распространения отложений осинского горизонта в пределах Непского свода.

43. Рисунок 3.17. Фрагмент профиля Батолит. Седиментационная зональность распространения отложений осинского горизонта в пределах Непского свода.
44. Рисунок 3.18. Седиментационная модель осадконакопления отложений осинского горизонта Непского свода.
45. Рисунок 4.1. Палетки с графиками определения литологии и оценки пористости по сочетанию двух методов АК-НГК (DT-NGK(W)).
46. Рисунок 4.2. Интерпретационный кроссплот определения литологии и оценки пористости по сочетанию двух методов АК-НГК (DT-NGK(W)).
47. Рисунок 4.3. Интерпретационный кроссплот по сочетанию двух методов АК-ГК (DT-GK).
48. Рисунок 4.4. Интерпретационный кроссплот по сочетанию метода ГК (GK) и коэффициента пористости (КП, КР).
49. Рисунок 4.5. Петрофизическая модель первого типа разреза осинского горизонта.
50. Рисунок 4.6. Петрофизическая модель второго типа разреза осинского горизонта.
51. Рисунок 4.7. Петрофизическая модель третьего типа разреза осинского горизонта.
52. Рисунок 4.8. Петрофизическая модель четвёртого типа разреза осинского горизонта.
53. Рисунок 4.9. Схема распространения эффективных толщин отложений осинского горизонта Непского свода.
54. Рисунок 4.10. Характеристика пустотного пространства (межкристаллические пустоты), фотографии шлифов.
55. Рисунок 4.11. Характеристика пустотного пространства (пустоты выщелачивания), фотографии шлифов.
56. Рисунок 4.12. Характеристика постседиментационных процессов, фотографии шлифов.

57. Рисунок 4.13. Характеристика трещинообразования, фотографии шлифов.

58. Рисунок 4.14. Схема изменения средневзвешенного коэффициента пористости в отложениях осинского горизонта в центральной и восточной частях Непского свода.

59. Рисунок 4.15. Схема изменения качества коллекторов в отложениях осинского горизонта в центральной и восточной частях Непского свода.

60. Рисунок 4.16. Принципиальная схема качества коллекторов отложений осинского горизонта в пределах Непского свода.



## Список литературы

### *Опубликованная:*

1. Альбом палеток и номограмм для интерпретации промыслового геофизических данных. - М.: Недра, 1984.
2. Атлас структурных компонентов карбонатных пород / Н.К. Фортунатова, О.А. Карцева и др. - М.: ВНИГНИ, 2005.
3. Багринцева К.И. Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов нефти и газа. - М.: ВНИГНИ, 1999.
4. Барышев Л.А., Барышев А.С. Многопараметрическая физико-геологическая модель Верхнечонского ГКНМ // Геология нефти и газа, 2008, № 4. С.
5. Белонин М.Д., Маргулис Л.С. / Нефтегазовый потенциал и перспективы освоения углеводородных ресурсов Востока России. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2006, Т.1.
6. Бондаренко Л.Г., Кемкин И.В. Пространственно-временные связи раннекембрийских бассейнов Сибири и Дальнего Востока по данным распространения тумуловых археоциат // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле № 1, 2009. Вып. № 13. С. 12-28.
7. Бурова И.А. Литологическая характеристика осинского горизонта и распространение пород-коллекторов по площади Центрально-Талаканского поднятия. // Методы оценки сложных коллекторов. - Л.: ВНИГРИ, 1988. С. 57-64.
8. Бурова И.А. Факторы, влияющие на распространение пород-коллекторов осинского горизонта в пределах Талаканского поднятия // Развитие теории и методики создания геолого-петрографических моделей нефтегазоносных объектов различного генезиса с целью локального прогноза. Л.: ВНИГРИ, 1990. С. 125-130.
9. Влияние вторичных преобразований на формирование коллекторских свойств осинского горизонта Непско-Ботуобинской антеклизы / О.В. Постникова, И.А. Китаева, М.О. Репина, О.В. Омельченко // Территория Нефтегаз, 2012. № 11. С. 24-27.
10. Вожов В.И., Чернова Л.С. Вторичное минералообразование в венд-нижнекембрийских отложениях Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология нефти и газа, 1999. № 11. 1999.
11. Воробьев С.В. Граничные значения геофизических параметров пород-коллекторов Ботуобинского горизонта северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология нефти и газа, 1999. № 12. С. 57-60.
12. Геология нефти и газа Западной Сибири / А.Э. Конторович, И.И. Нестеров и др. - М.: Недра, 1975.

13. Древние карбонатные толщи Восточной Сибири и их нефтегазоносность / В.Г. Кузнецов, Л.Н. Илюхин, О.В. Постникова, В.В. Бакина, А.Б. Горина, С.А. Дмитриевский, Н.М. Скобелева, Г.И. Тихомирова, В. Сухы, Л.Н. Фомичева М.: Научный мир, 2000.
14. Ежова А.В. Литология: учебник. Т.: Изд-во Томского политехнического университета. 2009.
15. Жемчугова В.А., Федотов С.Л. Прогнозирование природных резервуаров в разрезе верхнекаменноугольно-нижнепермской карбонатной толщи Тимано-Печорской провинции //Геология горючих ископаемых европейского северо-востока России. Сыктывкар: Тр. Ин-та геологии КНЦ УрО РАН, 1998. № 92. С. 63-67.
16. Жемчугова В.А. Природные резервуары в карбонатных формациях Печорского нефтегазоносного бассейна.- М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2002, Кн. 2.
17. Жемчугова В.А. Практическое применение резервуарной седиментологии при моделировании углеводородных систем / М.: Учебное пособие (в печати), место издания изд-во РГУНГ, 2013.
18. Жемчугова В.А., Жуков А.П., Эпов К.А. Прогнозирование структуры и свойств природных резервуаров на основе комплексной интерпретации сейсмических и скважинных геолого-геофизических данных // Технологии сейсморазведки. 2006, № 2. С. 69-78.
19. Ивакин Б.Н., Карус Е.В., Кузнецов О.Л.. Акустический метод исследования скважин. М.: Недра, 1978.
20. Коваленко С. Н. Палеогеография Иркутской области / И.: Учебно-методическое пособие. Изд-во ГОУ ВПО «Вост.-Сиб. гос. академия образования», 2010.
21. Клятышева Л.Р. Зональность коллекторов и углеводорода накопления в венд-нижнекембрийском мегакомплексе Непского-Ботуобинской антеклизы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. Т.5. 2010, № 3.
22. Крашенинников Г.Ф. Учение о фациях / М.: Учеб. пособие., «Высшая школа», 1971.
23. Ларкин В.Н., Вальчак В.И. / Прогнозирование новых зон нефтегазоаккумуляции на юго-западе Восточной Сибири. // Геология нефти и газа. 2007, № 1.
24. Лучинина В.А. Палеоальгология при переходе от циано-бактериальной (строматолитовой) к водорослевой экосистеме на примере кембрийских отложений Сибирской платформы // Рифогенные формации и рифы в эволюции биосферы. Серия Гео-биологические системы в прошлом. М.: ПИН РАН, 2011. С. 26–37.

25. Мельников Н.В. Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы (Стратиграфия, история развития) / Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009.
26. Модель седиментации франско-турнейских отложений на северо-востоке Европейской платформы: (В связи с формированием рифовых резервуаров). / Н. В. Беляева, А. Л. Корзун и др. // Отв. ред. Ю. К. Бурлин. СПб. Наука. 1998.
27. Методические рекомендации по проведению исследований и интерпретации данных нейтронного каротажа с серийной аппаратурой РК. / Сост. Я.Н. Васин, Ю.В. Тюкаев. М.: ВНИИЯГГ, 1979.
28. Муромцев В.С. «Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа.», Л.: Недра, 1984.
29. Непско-Ботуобинская антеклиза – новая перспективная область добычи нефти и газа на Востоке СССР / А.С. Анциферов, В.Е. Бакин, В.Н. Воробьев и др. Под редакцией А.Э. Конторовича и др.; АН СССР Сиб. Отд-ние. Ин-т геологии и геофизики СНИИГГиМС. Н.: Наука. Сиб. отд-ние, 1986.
30. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. / Конторович А.Э., Сурков В.С., Трофимук А.Л., Шемин Г.Г. и др. // Вып.7. Непско-Ботуобинский регион. Н.: 1994.
31. Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция / Под ред. Ю.Г.Леонова, Ю.А.Воложа/ М.: Научный мир, 2004.
32. Палеогеография СССР. / Объяснительная записка к Атласу литолого-палеогеографических карт СССР. // Докембрий, кембрий, ордовикский и силурийский периоды. Ред. Б. М. Келлер, Н. Н. Предтеченский. М.: Недра. 1974, Т. 1.
33. Перспективы создания новой нефтегазодобычи в Восточной Сибири / Варламов А.И., Ефимов А.С., Герт А.А., Старосельцев В.С., Сурков В.С. // Геология нефти и газа. 2007, № 2. С. 11 - 16.
34. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы: Пер. с англ. Недра, 1981.
35. Преображенский Б.В. Современные рифы. М.: Наука, 1986.
36. Прогноз строения природных резервуаров и величины эффективных толщин юга Сибирской платформы / В.Г. Кузнецов, Л.Н. Илюхин, О.В. Постникова, Н.М. Скобелева // Геология нефти и газа. 1992, № 4. С. 19-21.
37. Практическое применение классификаций известняков при разработке залежей высоковязких нефтей в карбонатных коллекторах / М.А. Петров, И.А. Филиппова, Н.Ю. Ильин, Р.Ф. Вафин // Международная научно-практическая конференция «Казанская геологическая школа и ее роль в развитии геологической науки в России». 2009.
38. Природные резервуары рифей-венд-кембрийского осадочного бассейна юга Сибирской платформы: особенности строения и закономерности размещения / О.В.

- Постникова, Л.Н. Фомичева, Л.В. Соловьёва, В.В. Пошибаева, Е.С. Коновальцева (РГУНГ им. И.М. Губкина) // Геология нефти и газа. 2010.
39. Пустыльников А.М., Чернова Л.С. Магнетитоносный горизонт – новый тип флюидоупоров в отложениях венда-нижнего кембрия Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология нефти и газа. 1991, № 6. С. 17-20.
40. Решения четвёртого Межведомственного регионального стратиграфического совещания по уточнению схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989.
41. Сафронов А.Ф. Зоны нефтегазонакопления на северо-востоке Непско-Ботуобинской антеклизы. // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006, № 7. С.18-24.
42. Седиментологическое моделирование карбонатных комплексов. / Под ред. Фортунатова Н.К. // М.: ВНИГНИ. 2000.
43. Сейсмогеологическая модель строения терригенных отложений венда центральных районов Непско-Ботуобинской антеклизы / В.А. Конторович, С.А. Моисеев, М.Ю. Скузоватов, А.С. Следина // Геология нефти и газа. 2009, № 1.
44. Смехов Е. М., Дорофеева Т. В. Вторичная пористость горных пород-коллекторов нефти и газа. Л.: Недра. 1987.
45. Современные и ископаемые рифы. Термины и определения:Справочник / И.Т. Журавлева, В.Н. Космынин, В.Г. Кузнецов и др. М.: Недра, 1990.
46. Старосельцев В.С., Умперович Н.В., Шемин Г.Г. Перспективы освоения ресурсов нефти и газа подсолевых отложений Непско-Ботуобинской НГО в 1991-1995г.г. / Строение и нефтегазоносность карбонатных резервуаров Сибирской платформы.- Сб. науч.тр.-Новосибирск. СНИГГиМС. 1991. С.42-58.
47. Стахеева А.В., Пибина Т.Д. Влияние вторичных процессов на коллекторские свойства нижнекембрийских карбонатных пород юга Сибирской платформы. //Влияние вторичных изменений пород осадочных комплексов на их нефтегазоносность. Л.: ВНИГРИ. 1982. С.85-94.
48. Тектоническая карта венд-нижнепалеозойского структурного яруса Лено-Тунгусской провинции Сибирской платформы /под ред. А.Э. Конторович, С.Ю. Беляев, А.А. Конторович, В.С. Старосельцев, М.М. Мандельбаум, А.В. Мигурский, С.А. Моисеев, А.Ф. Сафронов, В.С. Ситников, Ю.А. Филиппов, А.В. Хоменко, Ю.Г. Еремин, О.В. Быкова // Геология и геофизика. Н.: СО РАН. 2009, т. 50, № 8. С. 851-862.
49. Технология седиментационно-емкостного моделирования природных резервуаров нефти и газа / Н.К. Фортунатова и др. // Нефть и Капитал. 2001, №11.

50. Тимошина И.Д. Геохимия органического вещества нефтепроизводящих пород и нефтей верхнего докембрия юга Восточной Сибири. Н.: Изд-во СО РАН, филиал "Гео", 2005.
51. Условия кристаллизации соли в поровом пространстве коллекторов Непского свода / Кальвин И.А., Моисеев В.А., Буторов В.В. //Геология нефти и газа, № 6. М., 1990. С. 23-25.
52. Уилсон. Дж. Л. Карбонатные фации в геологической истории. М.: Недра, 1980.
53. Фортунатова Н.К. Седиментологические основы изучения карбонатных толщ. Учебное пособие. М.: МГГА. 1997.
54. Шемин Г.Г. Ерёминско-Чонская нефтяная залежь Непско-Ботуобинской антеклизы – возможный объект по подготовке запасов углеводородного сырья //Геология нефти и газа. 2000, № 5. С. 19-29.
55. Шемин Г.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина). Н.: СНИИГГиМС. 2007.

***Фондовая:***

56. Анализ параметров месторождений нефти и газа и расчёт объёмов геологоразведочных работ для программы ГРП на территории Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) / Талаканское НГКМ, Верхнечонское НГКМ, Чаяндинское НГКМ/ Отчёт, отв. исп. В.Н. Ларкин. - ВНИГНИ, 2005.
57. Белихова С.В. Особенности размещения залежей нефти и газа в верхне-вендско-кембрийских карбонатных отложениях Непско-Ботуобинской антеклизы. Диссертация на соискание учёной степени к. г.-м. н.- ВНИГНИ, 1992.
58. Выделить поисковые объекты и подготовить прирост локализованных ресурсов категории Д1 в Талакан-Верхнечонской зоне нефтегазоаккумуляции, оценка стоимости запасов и ресурсов основных перспективных объектов углеводородного сырья Восточной Сибири. Отчёт, отв. исп.-ли: А.И. Ларичев, Н.В. Мельников, А.А. Герт - СНИИГГиМС, 2004.
59. Гейн Ф.Ф. Методика прогнозирования нефтегазоносности терригенных коллекторов венд-нижнего кембрия в северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы по данным сейсморазведки. Диссертация на соискание учёной степени к. г.-м. н. – ВНИГНИ, 1986.

60. Завершение построения блоковых моделей крупнейших месторождений нефти и газа Непско-Ботуобинской и Байкитской антеклиз, выделение зон нефтегазонакопления, оценка сопутствующих компонентов. Отчёт, отв. исп. В.Б. Арчегов. - ВНИГРИ, 1997.
61. Обобщение результатов региональных геолого-геофизических работ на нефть и газ по Сибирской платформе, разработка рекомендаций по повышению их эффективности и составление плана региональных работ на 1986-1990 гг. Отчёт, отв. исп. Г.Г. Шемин. - СНИИГГИМС, 1986.
62. Оценка перспектив развития ресурсной базы углеводородов в Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции на основе комплексной интерпретации геолого-геофизических материалов по рифейским, вендским и кембрийским нефтегазоносным отложениям. Отчёт, отв. исп.-ль Фортунатова Н.К.- ВНИГНИ, 2007-2010.
63. Carbonate Seismology. Ibrahim Palaz (Amoco Production Company Houston, Texas, U.S.A.), Kurt J. Marfurt (Amoco EPTG, Tulsa, Oklahoma, U.S.A.) / Ibrahim Palaz Kurt J. Marfurt, Leon A. Thornsens.: Geophysical Developments Series, 2009. - Т. No. 6 Society of Exploration Geophysicists.
64. *Dunham, R.J.* Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In Ham, W.E. Classification of carbonate rocks. American Association of Petroleum Geologists Memoir. 1. 1962. 108-
65. *Golonka, J., 2007.* Phanerozoic paleoenvironment and paleolithofacies maps: Late Paleozoic. Kwartalnik AGH Geologia, 33, 145-209.
66. Fitchen W. M.. Carbonate Sequence Stratigraphy and its Application to Hydrocarbon Exploration and Reservoir Development, Exxon Production Research Company, Houston, Texas, U.S.A., 2009.
67. Fulthorpe C.S., Schlanger S.O.. In situ acoustic properties of pelagic carbonate sediments on the Ontong Java Plateau. J. Geophys. Res., 94, 1989, p. 4025-4032.
68. James N.P., Bourque P.A. Reefs and mounds / R.G. Walker, N.P. James (eds.) // Facies Models - Response to Sea-Level Change. - Geological Association of Canada, 1992. P. 323–347.
69. Kendall, C. G., W.Schlager, Carbonates and relative sea - level, Mar. Geol., 44, p. 181–12, 1981.
70. Kelly L. Batten<sup>1</sup>, Guy M. Narbonne, Noël P. James. Department of Geological Sciences, Queen's University, Kingston, Ont., Canada. Precambrian Research 133 (2004), p. 249–269.
71. Schlager W. Sedimentology and sequence stratigraphy of reefs and carbonate platforms. Published by The American Assotiation of Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma, USA, 1992, 71 p.

72. Schlager, W. The paradox of drowned reefs and carbonate platforms: Geological Society of America Bulletin, v. 92, p. 197–211.
73. Wilson, J.L., 1975, Carbonate facies in geologic history: Springer-Verlag, 471 p.