

УДК 552.5:551.72/.732.2/3(571.53)

Шибина Т.Д., Кляровская А.В., Коханова А.Н.ФГУП «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, ins@vnigri.ru

ЛИТОЛОГИЯ ВЕРХНЕРИФЕЙСКО-НИЖНЕСРЕДНЕКЕМБРИЙСКОГО ТЕРРИГЕННО-КАРБОНАТНОГО КОМПЛЕКСА ПРЕДПАТОМСКОГО ПРОГИБА

Рассматриваются петрографические и литогенетические особенности рифейско-нижнесреднекембрийских отложений Предпатомского прогиба. Объектами изучения в Предпатомском прогибе являются отложения, вскрытые в обнажениях Нохтуйского (р. Лена) и Больше-Патомского (р. Большой Патом) разрезов.

Особое внимание уделено вторичному преобразованию и оценке коллекторских свойств изучаемых пород. Показано, что постседиментационные преобразования не привели к существенному увеличению эффективной пористости. Полезная емкость рассматриваемых отложений обеспечивается трещиноватостью и в меньшей степени выщелачиванием пород. Устанавливается корреляционная связь между отложениями Нохтуйского и Больше-Патомского разрезов по составу пород и их строению. Динамика изменения литологических показателей в венд-кембрийское время отражается в ритмике формирования осадочных карбонатных толщ.

***Ключевые слова:** петрографический состав, литогенетический тип, рифей, венд, кембрий, условия осадконакопления, постседиментационные преобразования, коллектор, Предпатомский прогиб.*

Верхнерифейско-нижнесреднекембрийские отложения Предпатомского прогиба, вскрытые в обнажениях рек Лена и Большой Патом (рис. 1), представлены в основном карбонатными породами, среди которых встречены маломощные прослои терригенных пород.

Авторам был предоставлен построенный Сергеем Владимировичем Головиным разрез обнажений с привязкой каменного материала, отобранного в полевых условиях. Данный материал явился ценным и необходимым для проведения дальнейших литологических исследований.

По макроописанию пород геологических обнажений построены сводные литологические разрезы осадочного чехла Предпатомского прогиба в возрастном объеме от верхнего рифея до нижне-среднего кембрия (С.В. Головин, Т.Д. Шибина, А.В. Кляровская, А.Н. Коханова).

Проведено петрографическое описание пород, которые в дальнейшем сопоставлялись с литологией толщ, выделенных в полевых условиях.

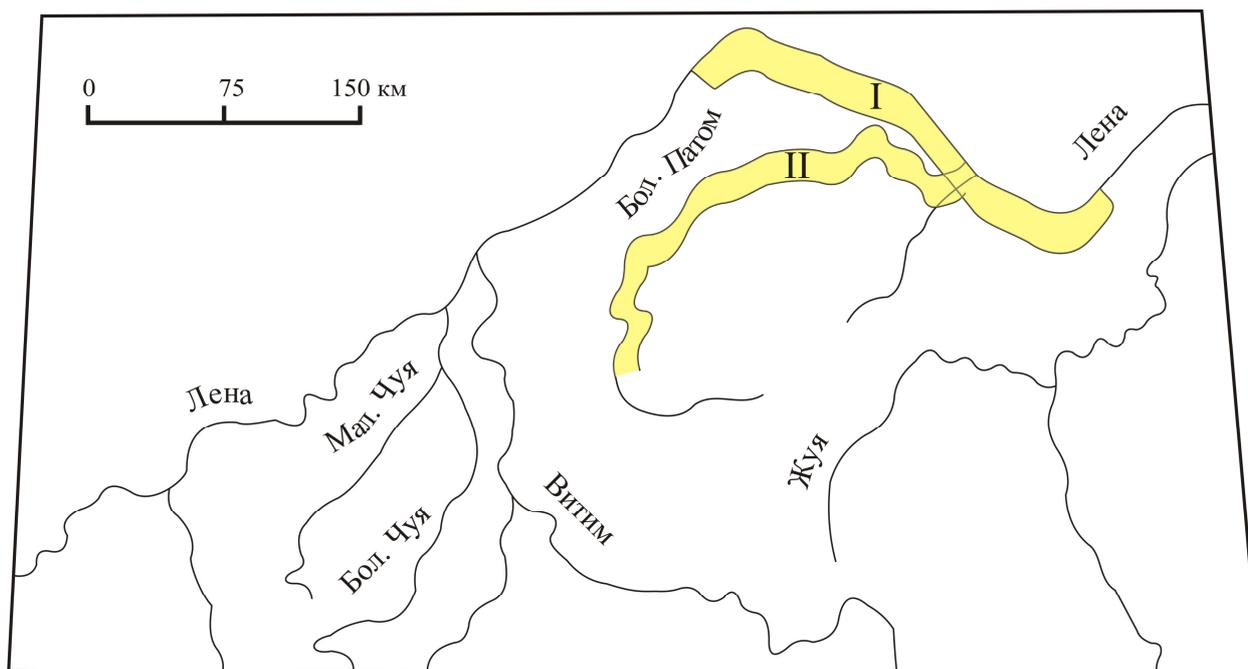


Рис. 1. Обзорная схема района работ

Оконтурены отложения верхнего рифея – нижнего-среднего кембрия в районах, где проводились полевые исследования. I – Нохтуйский разрез; II – Больше-Патомский разрез.

Петрографическая характеристика пород позволила определить их первичный состав и структуру, а также вторичные в них изменения. По описанию шлифов составлена сводная петрографическая характеристика разрезов, увязанная с литологией пород по обнажениям опорных разрезов Предпатомского прогиба по данным В.В. Хоментовского и С.В. Головина [Хоментовский и др., 1972].

Результаты исследований отложений Предпатомского прогиба основаны на комплексе петрографических определений 200 больших шлифов и лабораторных палинологических анализов более 150 образцов пород. Породы по разрезу объединялись в более крупные группы (лито-ассоциации), которые представляют собой сообщество аналогичных друг другу по минеральному составу пород, образованных в одинаковых условиях одной и той же фации. Внутри множества пород и минеральных парагенезисов, различающихся процентным соотношением слагающих компонентов, выделены самостоятельные литогенетические типы.

Литологический и палеонтологический анализы позволили авторам внутри органогенно-фитогенной формации выделить свои литогенетические типы, опираясь, прежде всего, на количественные соотношения биоформенных компонентов породы и различия условий образования осадка.

Исследования ископаемых организмов в породах проведены в лаборатории палинологии ФГУП «ВНИГРИ» О.В. Аркадьевой и С.М. Гильдиным. Использование данных микрофитологического анализа позволило им провести распределение отдельных сообществ

микрофоссилий и микрофитолитов в то или иное геологическое время. На основе литературных данных и оригинальных исследований удалось уточнить возраст и границы ряда свит и отнести изучаемые породы к ранее выделенным биостратиграфическим подразделениям согласно стратиграфической схемы расчленения рифей-кембрийских отложений юго-востока Сибирской платформы, разработанной коллективом авторов (рис. 2).

Современные представления по биостратиграфии рифея и венда Уринского антиклинория и Патомского нагорья изложены в работах В.В.Хоментовского, Т.А. Дольник, В.Г. Пятилетова, А.М. Станевича, З.Х. Файзулиной, Н.Г. Воробьевой, Е.Ю. Голубковой, Е.Г. Раевской, В.Н. Сергеева и работах других исследователей [Воробьева, Сергеев, Чюмаков, 2008; Голубкова, Раевская, Кузнецов, 2010].

Руководствуясь данной стратиграфической схемой построены разрезы с использованием литологических и палеонтологических данных.

Систематизация большого петрографического материала проведена на основе классификации карбонатных пород ВНИГРИ; литогенетические типы выделены на основе седиментологического моделирования карбонатных осадочных комплексов [Фортунатова, 2000].

Как отмечалось выше, объектами литолого-петрографического изучения пород в Предпатомском прогибе являются отложения, вскрытые в обнажениях Нохтуйского (р. Лена) и Больше-Патомского (р. Большой Патом) разрезов.

I. Нохтуйский разрез

По результатам петрографического изучения пород нижневендских-нижне-среднекембрийских отложений в Нохтуйском разрезе выделены следующие литогенетические типы пород. Описание их проведено снизу вверх по разрезу (рис. 3).

1. Известняки (доломиты) оолитовые с массивной, пятнистой текстурой (рис. 4, 4а).

Породы сложены оолитами известковыми (доломитовыми). Среди них встречены обломки карбонатных пород, микрофитолиты, онколиты, миндалины, оконтуренные тонкой темной пелитоморфной оболочкой, вокруг которых отмечаются крустификационные кальцитовые каемки. В цементе, редко внутри форменных элементов, встречается обломочный кварц размером 0,05-0,2 мм (до 1-2 %).

Встречается группа оолитов, покрытая последовательно нарастающими кальцитовыми оболочками, возможно имеющими водорослевое происхождение (онколиты группы *Osagia*).

| ОСШ | | | РСШ | ПОДЗОНА | | | |
|----------------|---------------|--------------|------------------|--------------------|--------------|--------------|--|
| Эрагема | Система | Отдел | Горизонт | Челончено-Жуинская | Уринская | | |
| Палеозойская | Кембрий | нижний | | Чарская | | | |
| | | | | Олекминская | | | |
| | | средний | | Толбачанская | | | |
| | | | | Эльгянская | | | |
| | | | | Нохтуйская | | | |
| Протерозойская | Венд | Верхний | Юдомский | Тинновская | | | |
| | | | | Жербинская | | | |
| | | Нижний | Жуинский | Ченчинская | | | |
| | | | | Никольская | | | |
| | | | Дальнетайгинский | | Валюхтинская | Каланчевская | |
| | | | | | Уринская | | |
| | Баракунская | | | | | | |
| | Джемкуканская | | | | | | |
| | Рифей | верхний | Баллаганахский | Мариинская | | | |
| | | | | Бугарихтинская | | | |
| | | | | Хайвергинская | | | |
| | | | | Харлухтахская | | | |
| средний | | Медвежевская | | | | | |
| | | нижний | | Пурпольский | Пурпольская | | |

Рис. 2. Стратиграфическая схема рифей-нижне-среднекембрийских отложений Патомского нагорья

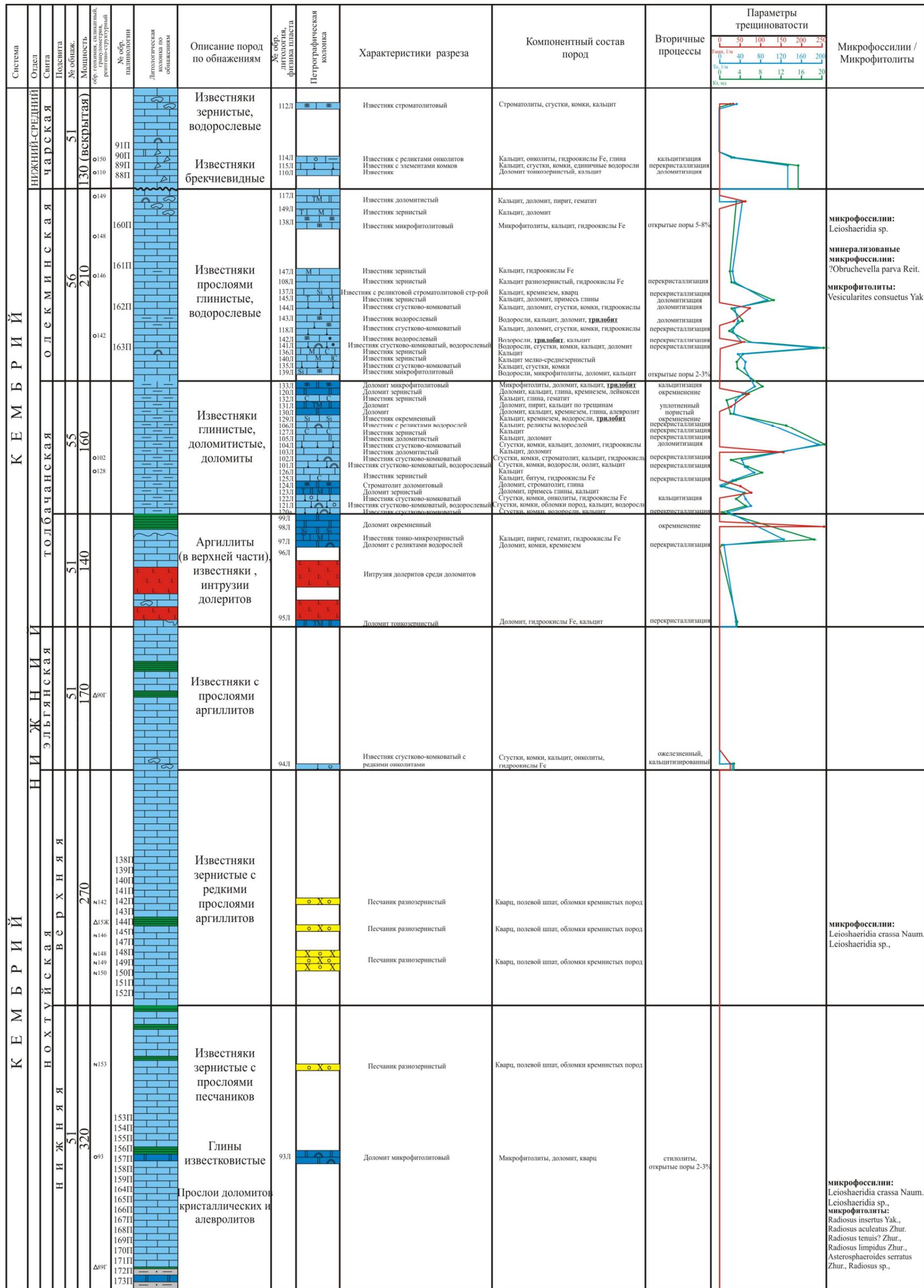


Рис. 3а. Сводный литолого-стратиграфический разрез нижневендско-нижнекембрийских отложений реки Лена

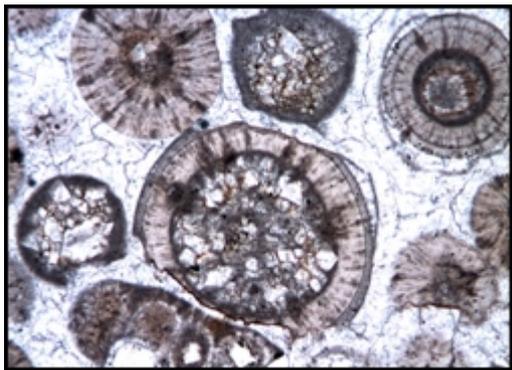


Рис. 4. Известняк оолитовый с мелко-среднезернистым кальцитовым цементом

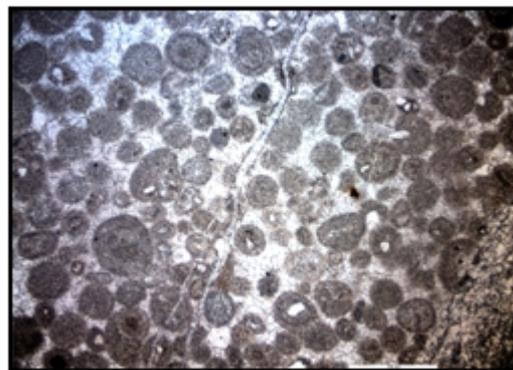


Рис. 4а. Известняк мелкооолитовый с минеральными трещинами, выполненными кремнеземом и кальцитом

Данные литотипы отмечаются в отдельных прослоях нижнего венда (никольская, ченчинская свиты) и верхнем венде (жербинской и тинновской свитах), наиболее распространены в никольской, ченчинской свитах нижнего венда.

Оолитовые известняки в никольской свите с примесью обломочного кварца, с перекристаллизованным средне-крупнозернистым кальцитовым цементом базального, контактового типа. Структура оолитовая. Текстура массивная с элементами пятнистой. Центральная часть оолитов сложена тонко-мелкозернистым карбонатным материалом, редко более крупными зёрнами. Оолиты хорошо отсортированы. Крупнозернистый кальцит, иногда в виде монокристалла, развивается по оолитам, уничтожая концентрическое и радиально-лучистое строение оолитов, но в основном кальцитизацией затронута цементирующая часть породы.

В залегающей выше ченчинской свите, в нижней её части, в оолитовых известняках ядра оолитов представлены обломками водорослевых пород, обломками строматолитов, обломками мелкозернистых известняков. В верхней части разреза оолитовые известняки доломитизированные, переходящие в доломиты оолитовые

В жербинской свите в прослоях встречаются известковые оолиты с хорошо сохранившимися концентрически-скорлуповатыми формами. В центре оолитов заключены пелитоморфные, мелкозернистые, редко среднезернистые кальцитовые зёрна. Местами оолиты представлены нацело перекристаллизованным кальцитом.

В тинновской свите известняки оолитовые, заметно перекристаллизованные, слабо доломитизированные.

Обстановки осадконакопления, характерные для формирования оолитовых карбонатов, это проградационные барово-отмельные системы мелководного, средне-мелководного шельфа.

2. *Известняки (доломиты) строматолитовые (рис. 5, 5а).*

Иногда неравномерно или нацело перекристаллизованные, прослоями переходящие в доломиты строматолитовые, нередко известняки разнокристаллические с реликтовым строением строматолита. Текстуры биогенно-слоистые, волнисто-слоистые. Встречаются строматолиты, алевритисто-песчанистые (15-20%), стилолитизированные.



Рис. 5. Известняк строматолитовый, неравномерно кальцитизированный, трещиноватый



Рис. 5а. Известняк строматолитовый, сгустково-комковатой структуры, со стилолитами, в центре вторичная пора выщелачивания

Отмечается чередование слоев различной структуры: колломорфной (скрыто-кристаллической), сгустково-комковатой с узорчатыми контурами, тонко-мелкозернистой, с редкими прослоями, состоящими из известковых онколитов.

Строматолитовые отложения встречаются в ченчинской свите нижнего венда, широко развиты в верхней части разреза тинновской свиты верхнего венда, наблюдаются в прослоях толбачанской, олекминской свит нижнего кембрия и в чарской свите нижнего-среднего кембрия.

Обстановки, характерные для развития этих древних биогермных водорослей – очень мелководный шельф, лагуны, прибрежно-морские (приливно-отливные), отмели среднего-мелководного шельфа.

3. *Известняки (доломиты), включающие образования комков сине-зеленых водорослей (цианобактерий), онколитов, проблематичных водорослей, микрофитолитов с фитоморфными структурами (рис. 6, 6а).*

Эта совокупность, сообщество низших одноклеточных сине-зеленых водорослей, не являющихся биогермостроителями, свободно плавает и перемещается по дну водоема. Микрофитолиты - это проблематичные карбонатные образования, являющиеся продуктами жизнедеятельности сине-зеленых водорослей (цианобактерий). Встречаются практически по всему Нохтуйскому разрезу, приурочены к строматолитам, широкое их развитие отмечается

в толбачанской, олекминской свитах нижнего кембрия, в ченчинской свите нижнего венда и в тинновской верхнего венда.

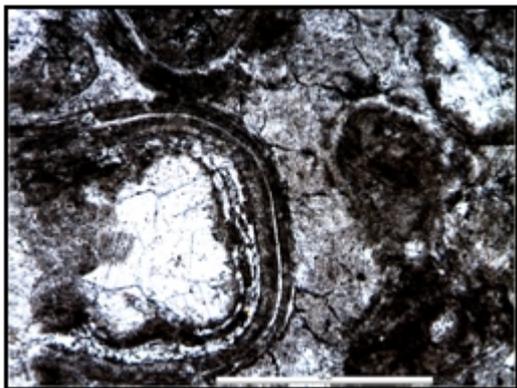


Рис. 6. Онколит *Osagia grandis* Z.Zhur.

Венд

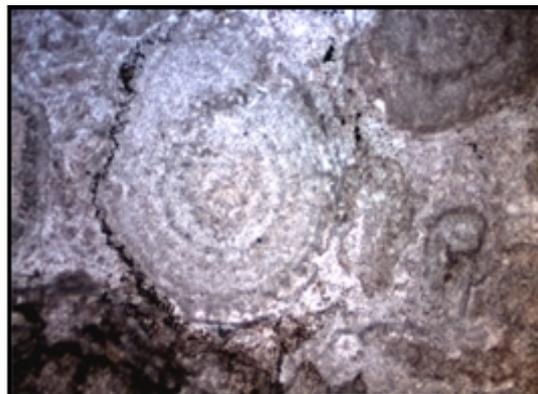


Рис. 6а. Онколит *Osagia columnata* Reittl.

По контуру онколита черное ОВ. Рифей. Большой Патом.

Обстановки осадконакопления – широко распространены в известняках приливно-отливных равнин и других участков мелководного моря. Крупные формы онколитов группы *Osagia* связаны с зонами сильных течений.

4. Известняки водорослевые с органогенным детритом (рис. 7, 7а).

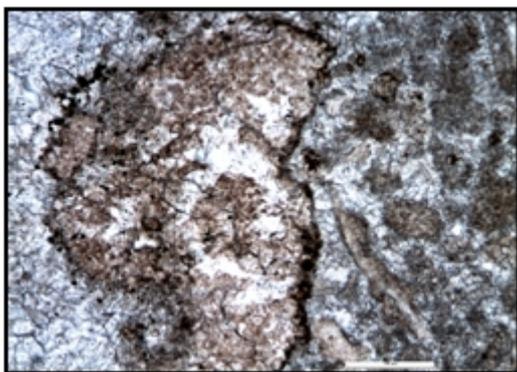


Рис. 7. Известняк с форменными элементами, с обломками трилобитов

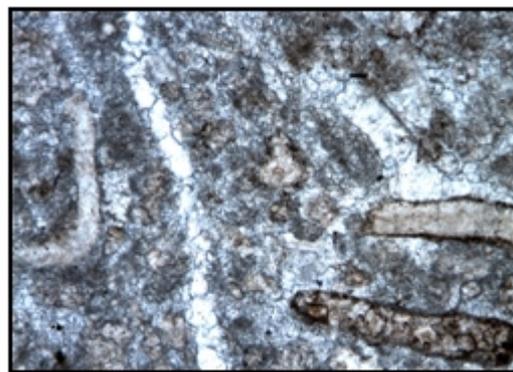


Рис. 7а. Известняк водорослевый с мелкими обломками трилобитов

Органогенный детрит представлен обломками панцирей трилобитов. Данный тип пород отмечается только в толбачанской и олекминской свитах нижнего кембрия. В породах, наряду с форменными элементами водорослевого происхождения, в заметном количестве встречаются остатки трилобитов, представленные средними и мелкими их фрагментами.

Обстановки осадконакопления, характерные для формирования таких пород - лагуны, отмели среднего-мелководного шельфа.

5. Обломочные карбонатные и терригенно-карбонатные породы (рис. 8, 8а).

Структуры обломочные. Текстуры массивные с элементами пятнистой. В породе отмечаются интракласты известняков и песчанного, реже гравийного материала. Вместе с интракластами присутствуют обломки строматолитов, микрофитолитов, встречаются редкие оолиты, трубчатые и сине-зеленые водоросли узорчатой формы. Такие породы встречены в подошвенной части тинновской свиты верхнего венда.



Рис. 8. Окремненная и кальцитизированная обломочная карбонатная порода, ожелезненная

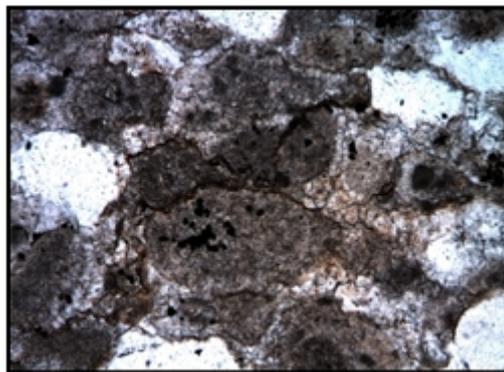


Рис. 8а. Обломочная терригенно-карбонатная порода

Обстановки осадконакопления – средний-мелководный шельф (межбаровые депрессии, барово-отмельные системы с каналами, по которым в водоем поступал обломочный материал).

6. Известняки зернистые (рис. 9, 9а).

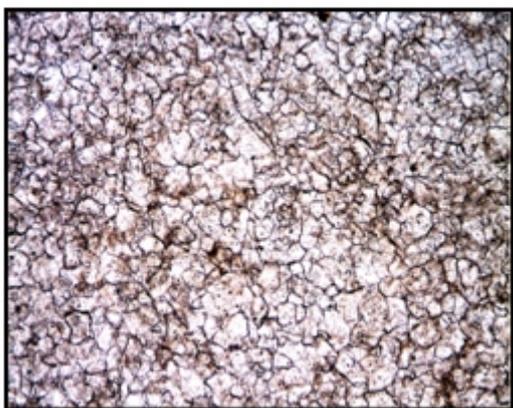


Рис. 9. Известняк мелко-среднезернистый
Структура зернистая. Текстура массивная, однородная.

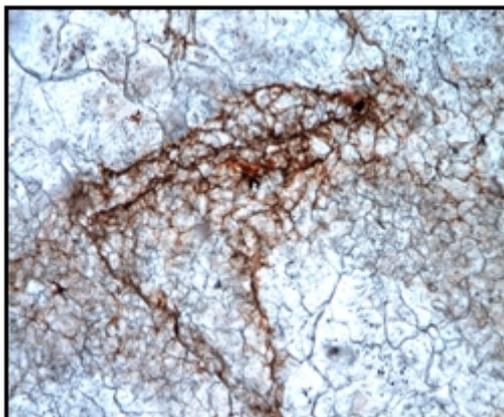


Рис. 9а. Известняк зернистый с трещинами стилолитоподобной формы, заполненные коричневым битумом

Породы от тонко, тонко-мелкозернистых (седиментационных) перекристаллизованные до средне-крупнозернистых, изредка мраморовидные. Структуры зернистые, равномернoзернистые. Текстуры массивные, однородные, слоистые, волнисто-слоистые,

иногда с элементами пятнистой. Встречаются стилолиты, примесь глинистого вещества, породы иногда доломитизированные, слабо окремнённые.

Обстановки осадконакопления – лагунные, верхней части берегового склона, пелитоморфные известняки – глубоководный шельф.

7. *Доломиты зернистые (рис. 10, 10а).*

Доломиты от тонкозернисто-агрегатного до мелко-среднезернистого, неясно волнисто-слоистые, массивные, иногда песчанистые, стилолитизированные, низко пористые. Встречаются доломиты с реликтами пелитоморфного известкового осадка. Доломиты иногда окремнённые.

Обстановки осадконакопления - лагунные, межбиогермные, прибрежно-морские (приливно-отливные), континентальные склоны.

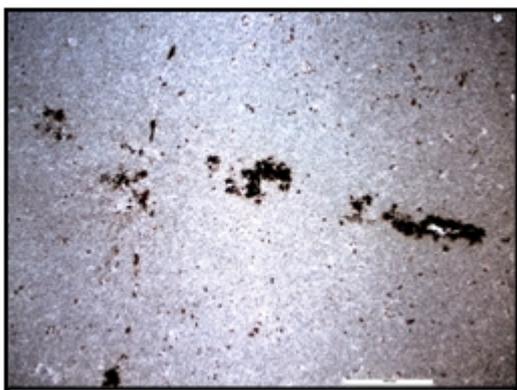


Рис. 10. Доломит тонкозернистый с трещинами и вкраплениями, выполненными гидроокислами железа

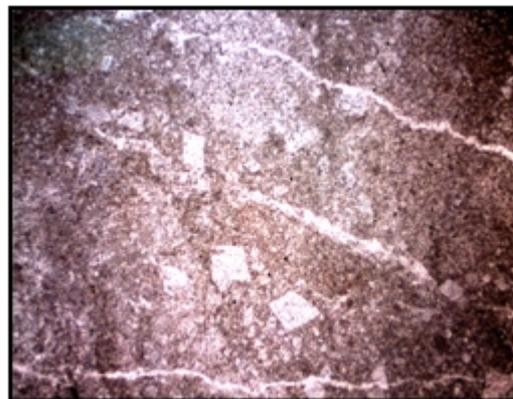


Рис. 10а. Доломит тонко-мелко-зернистый, с начальной стадией перекристаллизации, с минеральными и открытыми трещинами

Зернистые известняки и доломиты отмечаются по всему Нохтуйскому разрезу.

Сульфатные породы, включения ангидрита, среди изученных карбонатных пород не встречены.

8. *Гравелит глинистый оолитоидный с кремнистым цементом. Структура обломочная, гравийно-оолитовая (рис. 11).*

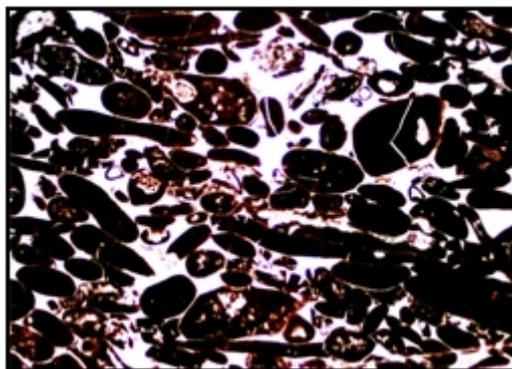


Рис. 11. Оолитоид глинистый (гравелит глинистый) с кремнистым цементом

Данный тип породы встречен в подошвенной части тинновской свиты, на границе с тербэсской пачкой жербинской свиты верхнего венда. Порода высокопористая, рыхлая. Глинистые уплощенные гальки, имеющие субпараллельную горизонтально ориентированную направленность сцементированны кремнистым агрегатом с порами выщелачивания. Возможно, в породе наблюдается неполное заполнение кремнезёмом межформенных пустот глинистых галек коричневого цвета, уплощенных и хорошо окатанных. Такие породы могли сформироваться в результате внутриформационного размыва отложений тербэсской пачки, сложенной однородной глинистой формацией.

В нохтуйскоом разрезе песчаники шлифами не охарактеризованы.

9. *Известняки (в Большие - Патомском разрезе – доломиты) микро-тонкозернистые, однородные, с выщелоченными кристаллами соли.*

Встречаются в верхней части разреза толбачанской свиты нижнего кембрия.

В породах наблюдаются редкие изолированные поры выщелачивания (<1,0%), таблитчатой (квадратной) формы с четкими ровными гранями и прямыми углами, по форме напоминающими выщелоченные кристаллы соли.

Структуры равномерно микро-тонкозернистые, текстуры массивные, неслоистые.

Обстановки их формирования – приливно-отливные равнины и прибрежные лагуны.

Все вышперечисленные типы пород имеют неравнозначное распространение по Нохтуйскому разрезу (рис. 12). В отложениях широко развиты известняки водорослевые. Подчиненное значение имеют известняки зернистые и доломиты, которые нередко в своем составе содержат реликты или теневые контуры водорослей (цианобактерий), строматолитов и других форменных элементов.

Во всех изученных породах наблюдаются дополнительные компоненты - примеси, среди которых распространены гидроокислы железа, гематита, терригенного кварца, пирита, органического вещества.

Породы в разной степени затронуты вторичными процессами: стилолитизацией, деформацией, метаморфизацией, кальцитизацией, доломитизацией, окремнением, перекристаллизацией (иногда интенсивной, затронувшей всю породу, в результате потерявшей свою первоначальную структуру) (табл. 1).

Наиболее распространенным процессом в отложениях является перекристаллизация, которая проходила с разрастанием и уплотнением зёрен породообразующих компонентов, обеспечивая иногда элементы крустификационной, гранобластовой структуры.

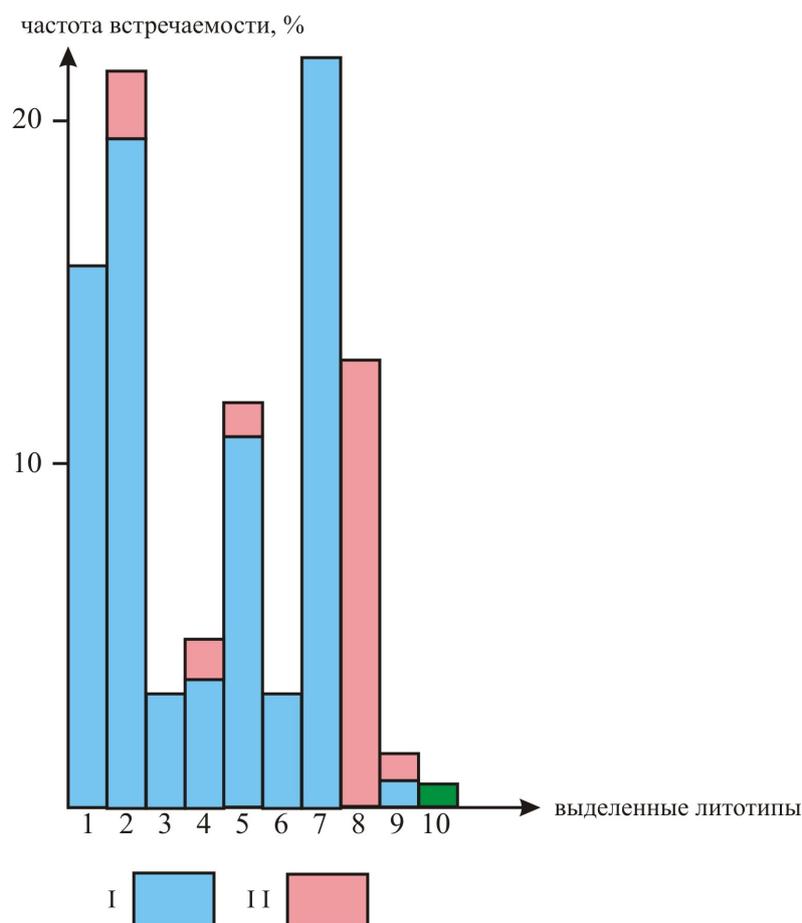


Рис. 12. Диаграмма распространения литотипов пород в венд-нижнесреднекембрийских отложениях Нохтуйского разреза по 85 шлифам

I - известняки; *II* - доля доломитов в выделенных группах пород; выделенные группы: 1 - известняки строматолитовые; 2 - известняки, доломиты микрофитолитовые, водорослевые, сгустково-комковатые; 3 - известняки онколитовые; 4 - известняки, доломиты с трилобитами; 5 - известняки, доломиты онколитовые; 6 - обломочные породы; 7 - известняки зернистые; 8 - доломиты зернистые; 9 - известняки, доломиты с примесью глинистого материала; 10 - гравелиты глинистого состава.

Перекристаллизация с уплотнением зёрен проявилась по всему разрезу и привела к значительному уничтожению пористости и поровой проницаемости карбонатных пород. К факторам, формирующим открытую пористость пород, следует отнести процесс выщелачивание. Незначительное выщелачивание происходило, по-видимому, в зоне активного водообмена, связанного с трещиноватостью пород.

В результате уплотнения изученных карбонатных пород, а также их деформации, связанной с тектоническими напряжениями, в них развиваются трещины различного генезиса и стилолитовые швы. Более ранние диагенетические трещины заполнены минеральным веществом, близким по химическому составу вмещающему осадку. Такие трещины в исследуемых породах имеют не четкие контуры, имеют малую раскрытость, по форме извилистые, прерывистые.

Таблица 1

Значения постседиментационных изменений в отложениях Нохтуйского разреза (по 85 шлифам)

| Постседиментационные процессы | Частота проявления процессов в изученных породах, % | Распределение постседиментационных изменений по литотипам пород, %* | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---|--|------------------------|---|----------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------------|------|
| | | Известняки строматолитовые | Известняки (доломиты), водорослевые микрофиголитовые | Известняки онколитовые | Известняки (доломиты), водорослевые с органическим детритом | Известняки оолитовые | Известняки (доломиты) обломочные | Известняки зернистые | Доломиты зернистые | Известняки (доломиты) слабглинистые | |
| Перекристаллизация | 22,6 | 1,67 | 6,69 | - | 1,67 | 3,34 | - | 6,69 | 2,5 | - | |
| Доломитизация | 9,6 | 1,74 | 2,61 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | - | 2,61 | - | - | |
| Кальцитизация | 3,5 | - | 0,87 | - | - | - | - | - | 1,74 | 0,87 | |
| Окварцевание, окремнение | 10,4 | 0,86 | 2,60 | - | 0,86 | 0,86 | 0,86 | - | 2,60 | 1,70 | |
| Ожелезнение | 13 | - | 4,58 | 1,52 | 1,52 | 1,53 | - | 2,29 | 0,76 | 0,76 | |
| Пиритизация | 2,6 | - | 0,52 | - | - | - | 1,04 | 1,04 | - | - | |
| Хлоритизация | 0,9 | - | 0,9 | - | - | - | - | - | - | - | |
| Деформация | 4,3 | 2,14 | - | - | - | 0,72 | 0,72 | - | - | 0,71 | |
| Стилолитизация | 14,8 | 5,22 | 3,48 | - | - | - | 0,87 | 4,35 | 0,87 | - | |
| Открытые поры | выщелачивание | 12 | 0,86 | 1,71 | 0,86 | 0,43 | 0,43 | 0,86 | 3,41 | 2,57 | 0,86 |
| | перекристаллизация | 3,4 | 1,24 | 0,6 | - | - | 0,6 | - | 0,6 | 0,30 | - |
| Битуминозность | 2,6 | - | 0,86 | - | - | - | - | 0,86 | 0,86 | - | |

* процент от частоты проявления процессов в изученных породах

Трещины более поздней генерации, имеющие катагенетическо-тектоническое и соскладчатое происхождение, образовались в литифицированной породе [Гмид и др., 2009]. Эти трещины прямолинейные, секут всю породу вкрест слоистости или располагаются по наслению, многочисленны и развиты повсеместно, иногда группируются в систему трещин. Трещины, как правило, непрерывные, иногда разрывают породу на блоки, полигоны, имеют четкие контуры, залечены более поздними минералами, принесенными магматическими или гидротермальными растворами, и открытые.

В шлифах для всех образцов подсчитаны параметры трещиноватости (плотность минеральных и открытых трещин, проницаемость открытых трещин). Оценка емкости пород и параметры трещиноватости определялись по методу больших шлифов ВНИГРИ. Данные характеристики параметров трещиноватости представлены в виде графических кривых на литологических колонках Нохтуйского и Больше-Патомского разрезов, и также представлены данные по открытой пористости.

По анализу состава пород в шлифах представлена схема изменения пород по Нохтуйскому разрезу (рис. 13). На рисунке наглядно виден мало изменяемый характер исследуемых пород по вещественному составу и затронувшим их вторичным преобразованиям. Это свидетельствует, что формирование пород происходило в пределах однородного морского бассейна в фациях, обусловленных различием конседиментационных структур, выраженных в рельефе морского дна, в морфологии надпорядковых структур, сформированных на протяжении всей тектонической истории Предпатомского прогиба.

К сделанному выводу о близости состава пород необходимо добавить наблюдение о ритмичности строения отложений данного разреза, что обусловлено повторяемостью геологических процессов формирования осадка в бассейне седиментации рассматриваемого участка.

Имеющаяся неоднородность присутствия пород в разрезе выражается в увеличении доли органогенных (водорослевых) и оолитовых известняков, формирующих биогермные тела и проградационные барово-отмельные системы и появлении в разрезе доломитов. На границе тербэсской и тинновсой свит венда отмечается возрастание доломитовых разностей вверх по разрезу, что свидетельствует о некоторой фациальной смене в схеме лито-фациальной зональности морского бассейна. На границе толбачанской и олекминской свит нижнего кембрия доломитовые разности в анализируемых породах исчезают и вверх по разрезу опять развиваются осадки биогермных и межбиогермных известняков.

| Стратиграфические подразделения | | Литотипы пород | | | | | | | | | | Постседиментационные изменения | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------|----------------|-----------------|--------------|-------------|---------------------------|---------------------|-----------|---------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------------|---------------------------|-----------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------|---------------|------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|
| | | известняки | | | | | Доломиты | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | оолитовые | строматолитовые | водорослевые | онколитовые | водорослевые с трилобитом | ступково-комковатые | зернистые | с примесью глинистого материала | оолитовые | строматолитовые | водорослевые | водорослевые с трилобитом | зернистые | с примесью глинистого материала | известняки, доломиты обломочные | перекристаллизация | доломитизация | кальцитизация | окремнение | ожелезнение | пиритизация | хлоритизация | деформация | стилолитизация | метаморфизация | открытая пористость | битуминозность |
| КЕМБРИЙ | ниж-сред | чарская | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | нижний | олекминская | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | толбачанская | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | эльгянская | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | нохтуйская | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ВЕНД | верхней | тинновская | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | тэрбэсская | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | нижний | жербинская | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ченчинская | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | никольская | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Рис. 13. Специфика изменения пород по Нохтуйскому разрезу

Цветом на рисунке обозначены: голубым – известняки; розовым – доломиты; зеленым – известняки, доломиты обломочные; черным – постседиментационные изменения.

Интенсивность и характер изменения широкого спектра постседиментационных преобразований пород во времени имеют также равномерно повторяющуюся направленность и управляются процессами, носящими ритмичный характер. Среди этих процессов нужно выделить наиболее масштабные: перекристаллизацию, доломитизацию и процесс окремнения, который значительно чаще и шире (до 40 %) отмечается в породах толбачанской, олекминской свит нижнего кембрия.

II. Больше-Патомский разрез

Петрографическое изучение пород верхнерифейских - нижнекембрийских отложений по р. Большой Патом показало, что в отложениях основную роль играют те же органогенные (водорослевые) известняки и доломиты с подчиненными прослоями зернистых (рис. 14). По сравнению с Нохтуйским разрезом отложения отличаются большей мощностью разреза, за счет наращивания отложениями верхнего рифея (хайвергинская, бугарихтинская, мариинская свиты) и нижнего венда (джемкуканская-валюхтинская свиты).

В разрезах свит от верхнего рифея до нижнего кембрия отмечаются те же литогенетические типы пород, отражающие определенные этапы седиментогенеза. Породы, обладающие сходным обликом с породами отложений Нохтуйского разреза, определяют единство исторического развития изучаемого Предпатомского бассейна. По Больше-Патомскому разрезу выделены те же типы пород:

1. *Известняки (доломиты) оолитовые;*
2. *Известняки (доломиты) строматолитовые;*
3. *Известняки (доломиты), включающие образования комков сине-зеленых водорослей, онколитов, проблематичных водорослей, микрофитолитов с фитоморфными структурами;*
4. *Известняки обломочные;*
5. *Известняки зернистые;*
6. *Доломиты зернистые.*

Привязка выделенных вышеперечисленных типов пород к стратиграфическим комплексам отражена на литологических колонках, построенных по описанию каменного материала естественных геологических обнажений в возрастном диапазоне от верхнего рифея до нижнего кембрия.

Среди изученных стратиграфических комплексов Больше-Патомского и Нохтуйского разрезов не установлено ни одного комплекса, в котором бы имелось полное описание всего объема осадочной толщи. Отдельные отложения свит, как например, ченчинская (нижний венд), тинновская (верхний венд), толбачанская и олекминская (нижний кембрий) по р. Лене и эльгянская (нижний кембрий) по р. Большой Патом достаточно широко освещены в петрографических шлифах. Разрезы других свит не дают полного представления о литологическом составе и строении отложений, описание шлифов носит фрагментарный характер, некоторые из свит мощностью до 300-400 м охарактеризованы только двумя-тремя шлифами.

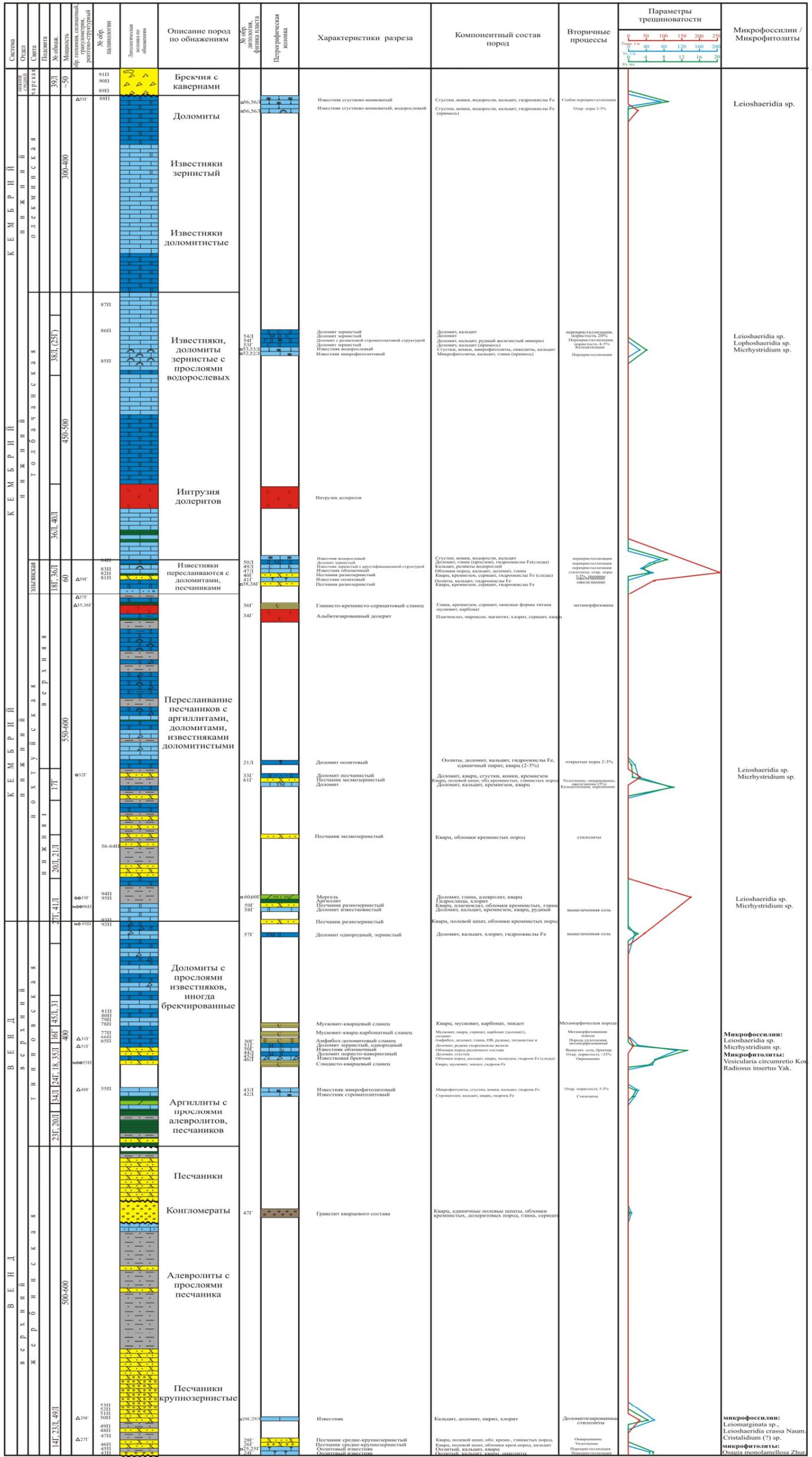


Рис. 14а. Сводный литолого-стратиграфический разрез верхнерифейско-нижнекембрийских отложений среднего и нижнего течения р. Большой Патом

Условные обозначения см. на рис. 3.

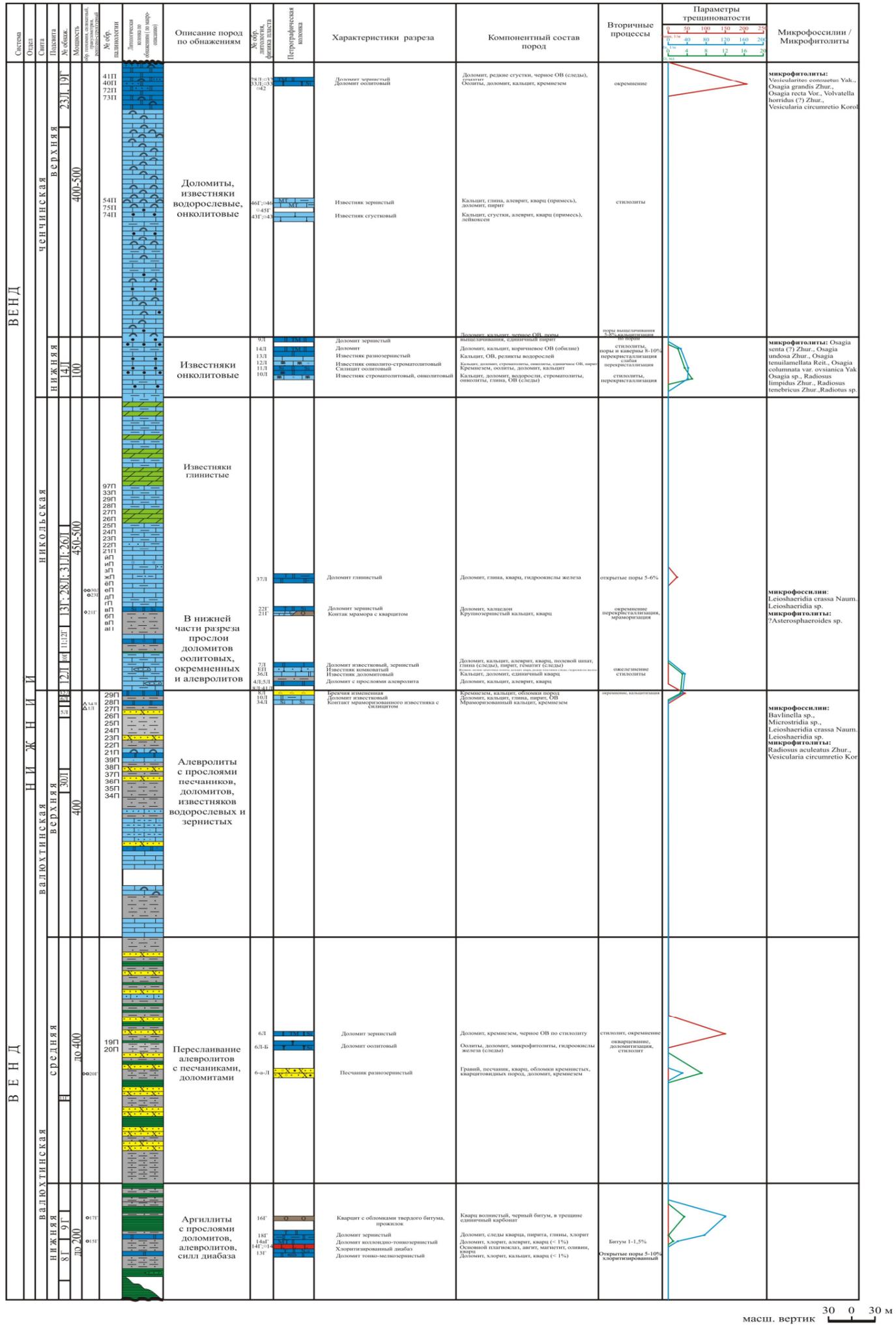


Рис. 146. Сводный литолого-стратиграфический разрез верхнерифейско-нижнекембрийских отложений среднего и нижнего течения р. Большой Патом (продолжение)

Разрез баракунской свиты верхней подсвиты нижнего венда по р. Большой Патом петрографическими шлифами вообще не освещён, поэтому характеристика разрезов лишь приблизительно отражает литологический состав отложений свит и их изменений.

Больше-Патомский разрез характеризуется более разнообразными литологическими типами пород по сравнению с Нохтуйским, поскольку как было отмечено выше, он отличается большей стратиграфической мощностью, но меньшей охарактеризованностью шлифами. Наряду с перечисленными выше породами, характерными для обоих разрезов, здесь встречаются породы, не вскрытые или не отобранные по р. Лене в полевых условиях.

Среди широко распространенных карбонатных пород в данном разрезе встречены дополнительно следующие типы пород.

В верхнем рифее встречены:

- *Алевриты мелкозернистые* аркозового состава с серицит-хлорит-доломитовым цементом базального, порового типа. Структуры алевропелитовые, текстуры сланцеватые.

- *Метаморфизованные песчаники разнозернистые* (от мелкой - до крупнозернистой фракций с единичными зернами гравийной размерности) кварцевого состава. Песчаники с кальцитовым, редко с рудным (гематитовым) цементом порового, пленочного типа. Структура псаммитовая, текстура ориентированная, сланцеватая (рис. 15). В джемкуканской свите верхнего рифея отмечен песчаник разнозернистый (от мелкой - до крупнозернистой фракций) кварцевого состава с цементом выполнения черным битумом (рис. 15а). Структура псаммитовая, текстура массивная. Цемент (~35-40 %) битумный базального, плёночного, порового типа. Битум сильно метаморфизованный, типа керита. Встречаются зерна кварца, вокруг которых образуются черные битумные каёмки. Каёмки битума перекрыты более поздней каемкой новообразованного кварца. Иногда отмечается срастание зёрен кварца по сутуровидным швам. Порода характеризуется высокой битуминозностью.



Рис. 15. Метаморфизованный песчаник кварцевого состава разнозернистый с гематитовым цементом

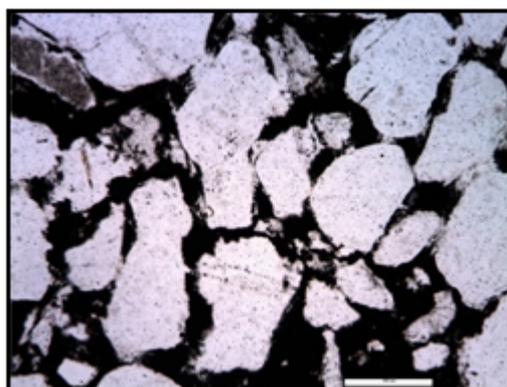


Рис. 15а. Песчаник с цементом выполнения черным твердым битумом

Обстановки осадконакопления для данных терригенных пород не поддаются расчленению.

- *Долериты с офитовой структурой* (рис. 16).



Рис. 16. Жильный долерит с офитовой структурой

Магматические жильные, интрузивные породы, внедряющиеся в осадочный чехол, встречены в бугарихтинской свите верхнего рифея, выше по разрезу в валюхтинской свите нижнего венда и в верхнеохтуйской свите нижнего кембрия.

Породы полнокристаллические. Состоят из основного плагиоклаза лабрадора с идиоморфной призматической, длиннопризматической формой и авгита с ксеноморфными очертаниями. Подчиненное значение в породе имеют рудный минерал-магнетит, зёрна калиевого полевого шпата и кварца, заполняющие интерстиции между крупными породообразующими кристаллами плагиоклаза и авгита.

В валюхтинской свите долериты внедряются в доломитовую пачку. Долериты отличаются более крупными размерами кристаллов породообразующих минералов, которые в той или иной степени подверглись изменению. Порода состоит из основного плагиоклаза лабрадора, авгита, магнетита, реже оливина, кварца. Основной плагиоклаз подвергся альбитизации, авгит хлоритизации, иногда по нему развивается амфибол, единичные зёрна оливина переходят в бастит. В породе наблюдается проявление графического срастания зёрен черного рудного минерала с хлоритизированным пироксеном и реже срастание зёрен кварца с полевым шпатом. Доломиты в зоне контакта с хлоритизированным долеритом также хлоритизированы. Среди них отмечается метаморфически преобразованный-

- *Грубозернистый кварцит* с волокнистой структурой, со структурой смятия, с обломками затвердевшего битума. Трещиноватый. Текстура плейчатая, сланцеватая.

В прикровлевой части верхневалюхтинской свиты и нижней части никольской свиты нижнего венда отмечаются также метаморфически преобразованные породы, представляющие собой:

- Контакт мраморизованного известняка с кремнистой породой (и мрамора с кварцитом) с гранобластовыми структурами.

Выделенные метаморфические породы встречены также в разрезе рифея и нижнего венда. Проявление метаморфизации и деформации пород вызваны внедрением жильных магматических тел в осадочный чехол.

Выше по разрезу в жербинской свите верхнего венда встречаются прослои *песчаников и гравелитов*:

- *Песчаники* от мелко до средне-крупнозернистых, олигомиктово-кварцевого, кварцевого состава с доломитовым, глинисто-железистым, серицитовым цементом порового типа, трещиноватые. Структуры псаммитовые. Текстуры массивные (рис. 17, 17а).

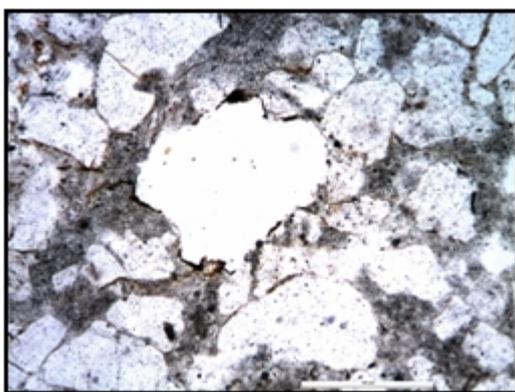


Рис. 17. Песчаник кварцевый с кремнисто-серицитовым цементом с порой выщелачивания



Рис. 17а. Песчаник кварцевого состава с кальцитовым цементом контактового-порового типа

- *Гравелиты* кварцевого состава с регенерационно-кварцевым, железистым цементом порового, плёночного типа. Структура гравийная. Текстура массивная (рис. 18).

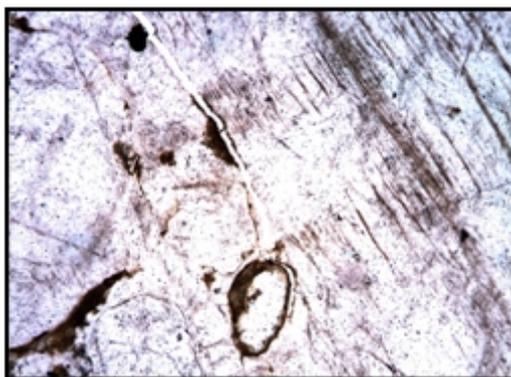


Рис. 18. Гравелит кварцевого состава с примазками железистого агрегата

В залегающей выше тинновской свите, в её средней части разреза встречаются: *мусковито-кварцевые, мусковито-кварц-карбонатные сланцы и метаморфизованные породы амфиболо-карбонатного состава, с выделениями черного глинисто-органического*

вещества и рудных титанистых, железистых минералов, с полосчато-сланцеватой текстурой.

Среди слюдисто-кварцевых сланцев отмечаются прослои известковых брекчий и встречается доломит пористо-кавернозный с вторично губчатой текстурой и открытой пористостью до 20-25 %. В разрезах Предпатомского прогиба высокопористый доломит встречен единично. Развитие метаморфических пород, брекчий, выщелаченного доломита и процесса окремнения в данном интервале тинновской свиты свидетельствует о преобразовании пород под действием факторов локального метаморфизма, включающих в себя как динамические, катакластические преобразования, так и контактово-метасоматические изменения, осуществляемые прогревом пород магматическими интрузивными телами и гидротермальными жилами [Заварицкий, 1969].

Выше по разрезу в кровле верхне-нохтуйской свиты нижнего кембрия породы также прорваны долеритами. Здесь наблюдаются жильные породы, представленные альбитизированными долеритами, перекрывающиеся глинисто-кремнисто-серицитовыми сланцами. Внедрение интрузии в осадочный разрез на контакте сформировало развитие метаморфически преобразованных пород.

Наряду с изучением вещественного состава пород и его коллекторского потенциала, в шлифах визуально определялось органическое вещество и битумы. Они установлены в интервалах тинновской свиты верхнего венда и толбачанской свиты нижнего кембрия, как показано на рис. 13. Однако разница в содержании битумов в этих интервалах крайне невелика и составляет не более 0,5-1,0 %. Битум здесь коричневого, темно-коричневого цвета наблюдается в виде межзерновых прожилок (см. рис. 9а), а также следов миграции на стенках открытых трещин (см. рис. 19а) и открытых пор.

В расположенном рядом Больше-Патомском разрезе битум встречается в верхнем рифее (хайвергинская, бугарихтинская свиты), в нижнем венде (джемкуканская, баракунская, ченчинская свиты). Характерной чертой битума в этих отложениях является его более высокая катагенетическая преобразованность. Битум черного цвета твердый, иногда в метаморфизованных породах оскольчатый. Битумопроявление наблюдается по стилолитам в виде каемок по контурам биогенных форменных элементов (см. рис. 6а) и контурам песчаных, гравийных зёрен в терригенных породах. В песчанике джемкуканской свиты битум выполняет межзерновые пустоты (см. рис. 15а).

Сравнивая состав и характер битумопроявления в обнажениях рек Лены и Большой Патом можно сделать вывод о несовпадении времени его образования в этих районах и степени его преобразованности.

Можно с уверенностью заключить, что отмеченное в разрезах битумопроявление характеризует лишь следы миграции в изученных отложениях, носит остаточный характер. Масштабы постседиментационного битумопроявления незначительны.

Изложенные выше характеристики битумов свидетельствуют о сложности оценки нефтематеринских свойств изученных пород. Некоторый оптимизм внушает один из исследованных образцов, где в толще аргиллитов с прослоями алевролитов и внизу разреза с редкими прослоями известняков и доломитов (средне-баракунская свита) встречена порода, представленная доломитом строматолитовым, интенсивно обогащенная черным органическим веществом. Порода отнесена к органно-минеральной. Можно допустить, что толща аргиллитов в своем составе имеет повышенное содержание органического вещества, но говорить о масштабах его накопления в средне-баракунской свите, способного генерировать углеводороды, у нас пока нет оснований.

В заключении можно сказать, сравнение Нохтуйского и Больше-Патомского разрезов показало близость литологического состава слагающих их отложений. Некоторое различие отмечается в мощности отложений внутри выделенных свит, что можно объяснить мощностью накопления осадка в разных частях конседиментационных структур (сводовых, склоновых, прогибах, береговых и др.). Чётко прослеживается общность в литологических типах пород, залегающих в верхней части тинновской свиты. В Больше-Патомском разрезе, как и в Нохтуйском, в ней залегают доломиты зернистые с выщелоченными кристаллами соли.

По разрезу выделены литогенетические типы пород, предельно кратко даны условия их образования. Магматические и метаморфические породы, встреченные в разрезе р. Большой Патом, свидетельствуют о возможности их развития и присутствия и в Нохтуйском разрезе р. Лена в границах тех же свит при условии более детального отбора из них каменного материала и его изучения.

На базе исследования шлифового материала авторами детально были проанализированы минеральный состав пород и постседиментационные преобразования, а также изучены их коллекторские свойства. Открытая пористость пород низкая, в редких шлифах она достигает 5-8 % - 10-12 %. Породы как по всему Нохтуйскому, так и по Больше-Патомскому разрезу сильно трещиноватые, трещинная проницаемость колеблется в пределах

от 0,7 до 22,8 мд. Они формируют сложную микроструктуру пустотного пространства. Породы относительно плотные с низкой проницаемостью по матрице. Практически все породы изученных разрезов вследствие растрескивания при дислоцировании в результате тектонических напряжений содержат открытые и минеральные трещины тектонического происхождения (рис. 19, 19а).

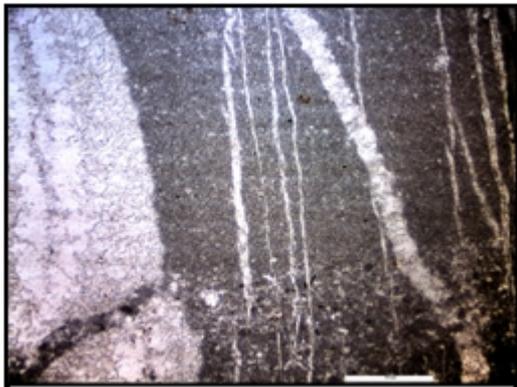


Рис. 19. Система минеральных трещин, выполненных кремнеземом и карбонатом



Рис. 19а. Темно-коричневый битум на стенках открытой трещины

Трещиноватость оказывает решающее влияние на формирование пустотного пространства карбонатных резервуаров. Литолого-петрографическое изучение фильтрационно-емкостных свойств карбонатных пород позволило охарактеризовать следующие типы коллекторов в исследованных породах. Породы Предпатомского прогиба повсеместно выделяются, главным образом, в группу трещинных коллекторов, и только наличие открытых пор и микрокаверн образуют группу коллекторов порово-трещинного типа. В изученных нами породах последняя группа редка, а проницаемая часть породы, в целом, в отложениях обеспечивается макро- и микротрещинами.

Можно заключить, что анализ результатов детальных петрографических исследований позволил определить вещественный состав пород Предпатомского прогиба, определить степень их вторичных изменений, проявившихся, главным образом, в перекристаллизации, реже доломитизации, кальцитизации, окремнении, слабом ожелезнении, уплотнении. Процесс выщелачивания по всему изучаемому разрезу проявился в очень небольших объемах. Открытые поры прослеживаются в отдельных водорослевых, чаще в зернистых известняках и доломитах, составляя в редких случаях до 5-8 %, преимущественно 2-3 %.

В результате уплотнения изученных пород в них развиваются трещины. Они отмечаются в различных типах карбонатных пород. Широко развиты эпигенетические минеральные и открытые трещины. Трещиноватость пород носит «региональный» характер и развитие их связано с тектонической активностью рассматриваемой структуры.

Рассчитанные параметры трещиноватости показывают переслаивание пород с различной плотностью трещин, однако наличие в разрезе небольших по мощности слаботрещиноватых прослоев, которые иногда будут даже запечатаны, создают благоприятные условия для фильтрационной способности пород. Наличие пород с вторичной трещиноватостью может обеспечивать фильтрацию флюида по разрезу.

Применение петрографического метода к изучению отложений Предпатомского прогиба позволило более детально определить особенности состава и строения слагающих его пород, выявить внутренние неоднородности и установить взаимосвязь в развитии сходных образований как по разрезу, так и на сопредельных площадях рассматриваемого прогиба (Нохтуйский и Больше-Патомский разрезы). Полученные петрографические данные могут дополнить успешность наиболее достоверной оценки прогноза нефти и газа на разведанных площадях Предпатомского прогиба.

По результатам проведенных исследований может быть создана основа, которая позволит проводить литологическую корреляцию, связанную с подготовкой объектов для глубокого бурения на изученных площадях Предпатомского прогиба и граничащих с ним структур.

Литература

Воробьева Н.Г., Сергеев В.Н., Чюмаков Н.М. Новые находки ранневендских микрофоссилий в уринской свите: пересмотр возраста патомского комплекса Средней Сибири // Доклады академии наук, 2008. - Т. 419. - №6. - С. 782-787.

Гмид Л.П., Белоновская Л.Г., Шибина Т.Д., Окнова Н.С., Ивановская А.В. Методическое руководство по литолого-петрографическому и петрохимическому изучению осадочных пород-коллекторов. - СПб, 2009. - С. 157.

Голубкова Е.Ю., Раевская Е.Г., Кузнецов А.Б. Нижневендские комплексы микрофоссилий Восточной Сибири в решении стратиграфических проблем региона // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2010. - Т. 18. - № 4. - С. 3-27.

Заварицкий В.А. Петрография. Кн. II. Осадочные и метаморфические горные породы. – Л., 1969. - С. 157.

Фортунова Н.К. Седиментологическое моделирование карбонатных осадочных комплексов. – Москва: НИИ-Природа, 2000. - С. 248.

Хоментовский В.В., Шенфиль В.Ю., Якишин М.С., Бутаков Е.П. Опорные разрезы отложений докембрия и кембрия Сибирской платформы. – М.: издательство «Наука», 1972. - С. 355.

Shibina T.D., Klyarovskaya A.V., Kokhanova A.N.

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), Saint Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru

PRE-PATOM TROUGH - LITHOLOGY OF THE UPPER RIPHEAN – LOWER AND MIDDLE CAMBRIAN TERRIGENOUS-CARBONATE COMPLEX

The petrographic and lithogenetic peculiarities of the Riphean and Lower-Middle Cambrian deposits of the Pre-Patom trough are analyzed. The objects of study in the Pre-Patom trough are deposits in outcrops of the Nokhtuysk (Lena River) and Bolshe-Patom (Bolshoy Patom River).

Particular attention is paid to the diagenetic transformation and evaluation of reservoir properties of the studied rocks. Diagenesis did not lead to a significant increase of effective porosity. The correlation between composition and structure of Nokhtuysk and Bolshe-Patom sequences is set. The dynamics of changes in lithological parameters in the Vendian-Cambrian period are reflected in the sequence of sedimentary carbonate strata.

Key words: *petrographic composition, lithogenetic type, Riphean, Vendian, Cambrian, sedimentation conditions, post-sedimentation transformation, reservoir, Pre-Patom trough.*

References

Fortunatova N.K. *Sedimentologicheskoe modelirovanie karbonatnykh osadochnykh kompleksov* [Sedimentological modeling of carbonate sedimentary complexes]. Moscow: NIA-Priroda, 2000, pp. 248.

Gmid L.P., Belonovskaya L.G., Shibina T.D., Oknova N.S., Ivanovskaya A.V. *Metodicheskoe rukovodstvo po litologo-petrograficheskomu i petrokhimicheskomu izucheniyu osadochnykh porod-kollektorov* [Methodological guidance on lithological, petrographic and petrochemical studies of sedimentary reservoir rocks]. Saint Petersburg, 2009, pp. 157.

Golubkova E.Yu., Raevskaya E.G., Kuznetsov A.B. *Nizhnevendskie komplekсы mikrofosiliy Vostochnoy Sibiri v reshenii stratigraficheskikh problem regiona* [Lower Vendian complexes of microfossils in Eastern Siberia: handle of stratigraphic issues of the region]. Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya, 2010, vol. 18, no. 4, pp. 3-27.

Khomentovskiy V.V., Shenfil' V.Yu., Yakshin M.S., Butakov E.P. *Opornye razrezy otlozheniy dokembriya i kembriya Sibirskoy platformy* [Key sequences of the Cambrian and Pre-Cambrian deposits of Siberian platform]. Moscow: Nauka, 1972, pp. 355.

Vorob'eva N.G., Sergeev V.N., Chyumakov N.M. *Novye nakhodki rannevendskikh mikrofosiliy v urinskoy svite: peresmotr vozrasta patomskogo kompleksa Sredney Sibiri* [Discoveries of the Lower-Vendian microfossils in Urinsk suite: clarifying of age of Patom complex in Central Siberia]. Doklady akademii nauk, 2008, vol. 419, no. 6, pp. 782-787.

Zavaritskiy V.A. Petrografiya. Kn. II. *Osadochnye i metamorficheskie gornye porody* [Sedimentary and metamorphic rocks]. Leningrad, 1969, pp. 157.