

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/13_2019

УДК 551.72(571.5)

Плюснин А.В., Неделько О.В., Вилесов А.П., Черепкова А.А., Максимова Е.Н.
ООО «Тюменский нефтяной научный центр» (ООО «ТННЦ»), Тюмень, Россия,
avplyusnin@tnc.rosneft.ru, ovnedelko@tnc.rosneft.ru, apvilesov@tnc.rosneft.ru,
aacherepkova@tnc.rosneft.ru, enmaksimova@tnc.rosneft.ru

СЕКВЕНС-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕПСКОЙ И ТИРСКОЙ СВИТ ВЕНДА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ НЕПСКОГО СВОДА (НЕПСКО-БОТУОБИНСКАЯ АНТЕКЛИЗА, СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)

Для изучения строения осадочного чехла в интервале непской и тирской свит выполнено детальное литолого-седиментологическое изучение керна скважин. Обоснованы опорные секвенс-стратиграфические поверхности: границы секвенций, трансгрессивные границы, уровни максимального затопления. В интервале непской и тирской свит выделены четыре секвенции 3-го порядка, дана характеристика их системных трактов. Показано, что в кровле ВЧ-1 субэвральный перерыв с эвапоритами супралиторали соответствует естественной границе между непским и тирским этапами геологического развития.

***Ключевые слова:** литолого-седиментологическое изучение керна, секвенс-стратиграфическая модель, венд, непская свита, тирская свита, Непский свод, Непско-Ботуобинская антеклиза, Сибирская платформа.*

Введение

Непско-Ботуобинская антеклиза (НБА) является одним из ведущих районов разведки и добычи углеводородов Восточно-Сибирской нефтегазоносной провинции. В настоящее время изученность этого региона является весьма неравномерной и в целом относительно низкой. Основные проблемы открытия новых залежей в венде связаны с прогнозом распространения пород-коллекторов. Осложнения возникают не только на этапе геологоразведочных работ, но и на стадии эксплуатации месторождений, что может привести к значительному сокращению ресурсной базы. Для снижения рисков при проведении геологоразведочных работ необходимо понимать геологическое строение осадочного комплекса, особенности его формирования и фациальной изменчивости.

В данной работе объектом исследования являются отложения глинисто-терригенного комплекса непской свиты и карбонатные отложения тирской свиты венда центральной части НБА (рис. 1). Для изучения формирования вендского палеобассейна седиментации, как сложного комплекса взаимосвязанных геологических тел и процессов, применена методика построения секвенс-стратиграфической модели. Обоснованная модель может служить важным инструментом при прогнозе коллекторов, флюидоупоров и ловушек углеводородов.

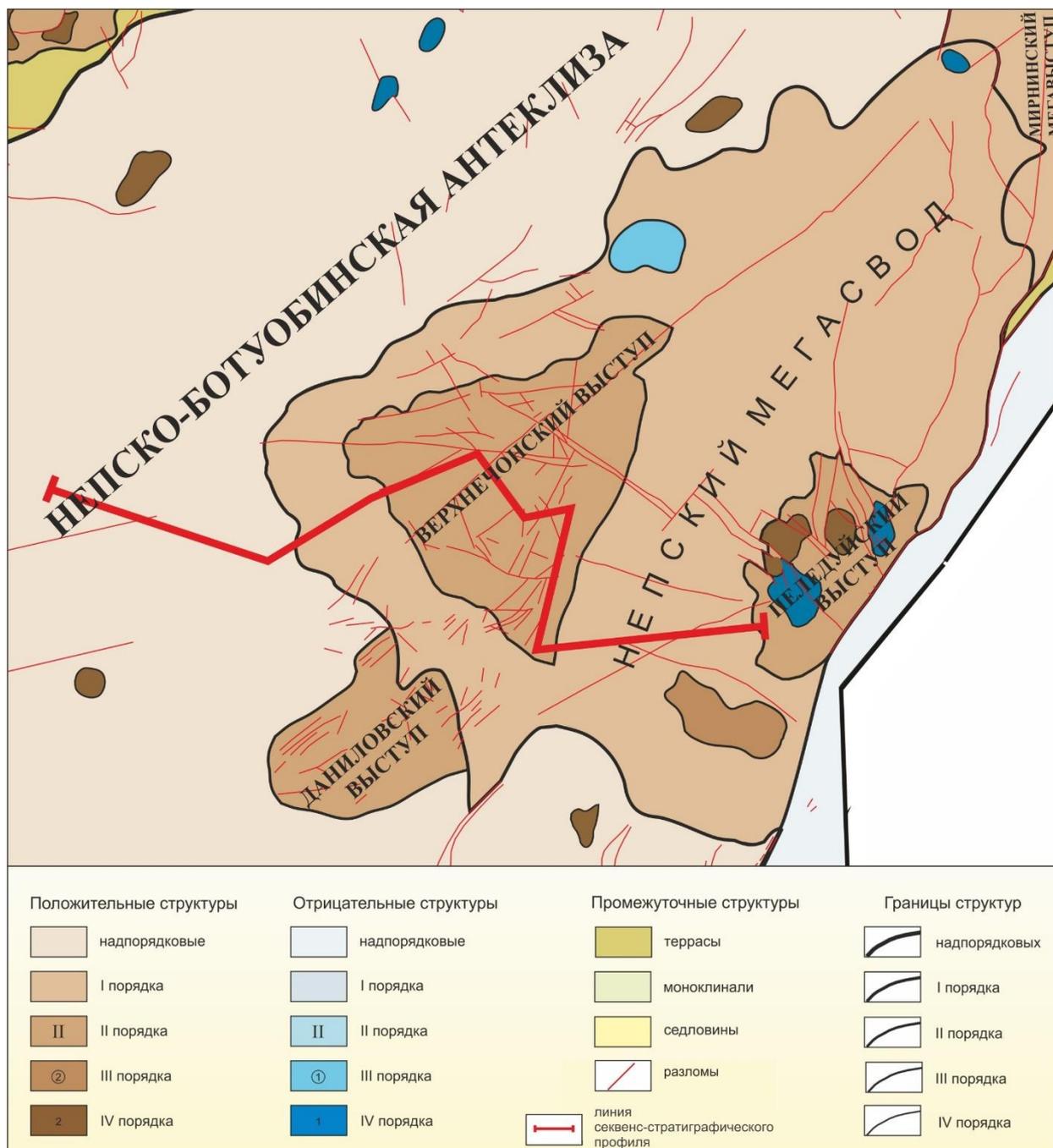


Рис. 1. Тектоническая карта венд-кембрийского структурного яруса Непско-Ботубинской антеклизы

В тектоническом плане территория исследования приурочена к положительной структуре I-го порядка – Непскому своду (см. рис. 1). В соответствии с утверждённой стратиграфической схемой [Решения..., 1989] изучаемый район приурочен к Приленско-Непской фациальной зоне, разрез венда разделен на непскую, тирскую, катангскую, собинскую и тэтэрскую свиты (рис. 2). К «терригенному» венду приурочены глинисто-терригенные отложения непской свиты, которые перекрыты карбонатными отложениями нижней части верхнего отдела венда – тирской свитой. Непская свита с несогласием залегает на поверхности кристаллического фундамента и разделена на нижнюю и верхнюю подсвиты.

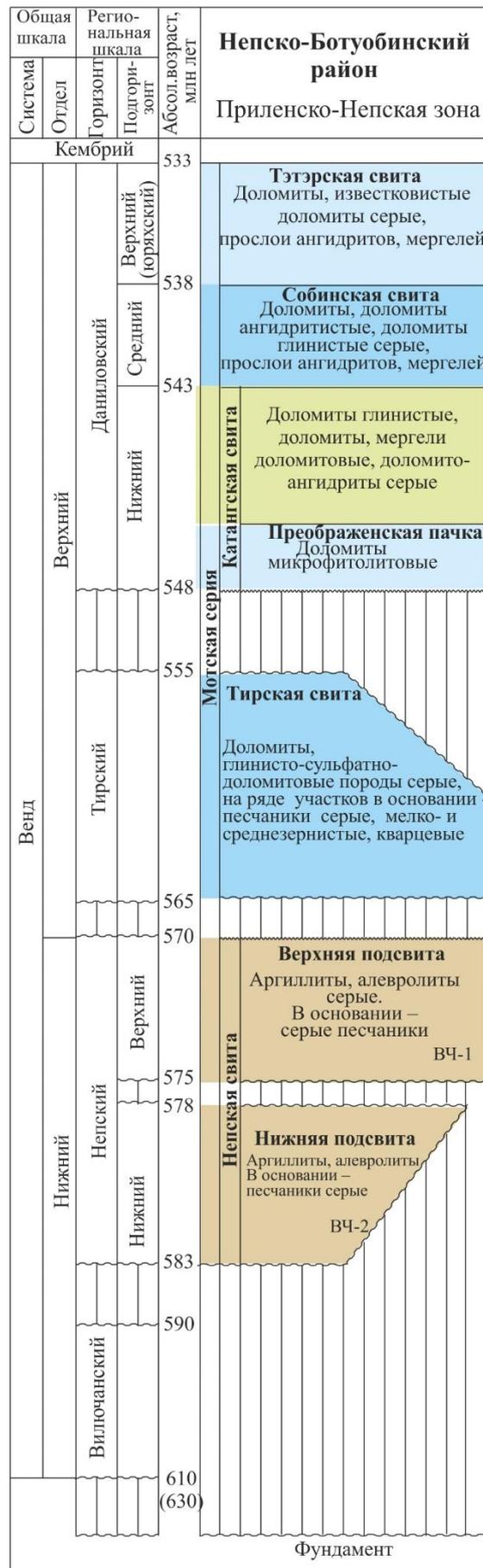


Рис. 2. Выкопировка из региональной стратиграфической схемы венда Тунгусского региона Сибирской платформы [Мельников, 2009]

В основании нижней подсвиты выделяется алевро-гравийно-песчаная пачка – пласт ВЧ- 2. Выше по разрезу она перекрывается алевро-аргиллитовой пачкой. Подсвета полностью выклинивается в северо-западном направлении. Ее мощность изменяется от 0 до 116 м. Уменьшение мощности и выклинивание нижней подсвиты обусловлено срезанием отложений сверху во время средненепского перерыва в осадконакоплении.

Верхняя подсвета непской свиты залегает на нижней со стратиграфическим несогласием, являющимся следствием перерыва в осадконакоплении. На северо-западе НБА на некоторых участках, где нижненепская подсвета отсутствует, верхненепская подсвета залегает на породах фундамента. В нижней части она сложена песчаниками (пачка ВЧ-1), а в верхней – преимущественно аргиллитами. Мощность подсвиты варьирует от 0 до 80 м.

Мощность всей непской свиты изменяется от 0 до 160 м. Увеличение мощности свиты происходит в юго-восточном направлении, к Предпатомскому прогибу.

Тирская свита залегает на глинистых отложениях верхненепской подсвиты и представлена доломитами, глинистыми доломитами с прослоями алевролитов и ангидритов. В основании свиты выделяется стратиграфическое несогласие. Мощность свиты изменяется от 0 м на северо-западе до 110 м на юго-востоке [Рифей и венд..., 2005].

Материалы и методы

На первом этапе производился литолого-седиментологический анализ кернa, включающий выделение высокочастотных циклитов, парасеквенций и опорных секвенс-стратиграфических поверхностей. На втором этапе выполнена корреляция секвентных границ, уточнены системные тракты и секвенции, разработан региональный секвенс-стратиграфический профиль.

Основой для работы послужили многолетние литолого-седиментологические и циклостратиграфические исследования кернa скважин Верхнечонского лицензионного участка (ЛУ). Для иллюстрации результатов использованы данные по одной из разведочных скважин (скв. 3X), пробуренной на Верхнечонском ЛУ в 2017 г. с практически 100% выносом кернa (58,4 м) из интервала непской и тирской свит, а также с отбором кернa из кристаллического фундамента.

Для построения регионального секвенс-стратиграфического профиля обобщены и проанализированы региональные работы [Мельников, Ефимов, Килина, 1978; Шемин, 2007; Зверев, Лебедев, Хохлов, 2012; Лебедев, 2015] и корреляционные схемы [Кокоулин, Ковтун, Рудавская, 1982; Решения четвертого..., 1984; Конторович, Сурков, Трофимук, 1986; Мельников, 2009; Лебедев, Моисеев, 2012] с привлечением геолого-геофизической информации по скважинам [Конторович и др. 2003]. При построении профиля авторы руководствовались методологическими основами секвенс-стратиграфического анализа,

изложенными в работах [Posamentier, Allen, 1999; Ковалевский, Маргулис, 2000; Жемчугова, 2014].

Результаты

В результате седиментологического анализа керна и секвенс-стратиграфических исследований выделены следующие секвенции, сменяющие друг друга снизу-вверх (табл. 1):

- 1) SQ1, соответствующая нижненепской подсвите;
- 2) SQ2, соответствующая нижней части верхненепской подсвиты;
- 3) SQ3, включающая верхнюю часть нижненепской посвиты и нижнюю часть тирской;
- 4) SQ4, соответствующая верхней части тирской свиты.

Выделенные последовательности представляют собой секвенции 3-го порядка. Они входят в состав секвенции второго порядка, соответствующей по объему непско-тирскому комплексу.

Ниже приведена характеристика данных секвенций, их осадочных систем (системных трактов) и секвенс-стратиграфических границ на примере разреза скв. 3X.

Вынос керна из непской свиты в скв. 3X составил 54,46 м. Литологически она представлена гравийно-глинисто-песчаными породами. По мощности в разрезе преобладают песчаники 58%, доля алевролитов в разрезе – 24%, аргиллитов – 16% (рис. 3). В составе непской свиты выделено две секвенции – SQ1, SQ2 (рис. 4, 5), разделенные секвентной границей Sb2 (рис. 6B). Секвентная граница Sb1 установлена в подошве непской свиты, и, соответственно, SQ1.

Характеристика секвентной границы Sb1

Глубина границы 2311,5 м определена по керну, увязанному с ГИС (см. рис. 4). Она представляет собой резкий контакт пород фундамента и отложений аллювиального фэна, формирующих в SQ1 системный тракт низкого стояния (LST). Секвентная граница Sb1 (подошва LST) отчетливо проявляется в керне и ГИС (рост ГК). Древние породы фундамента несут следы эрозии (рис. 6A). Выделение аллювиальных конусов выноса (фэнов) в подошве непской свиты на Верхнечонском ЛУ обосновано в работе [Зверев, Лебедев, Хохлов, 2012].

Характеристика SQ1 (осадочная последовательность нижненепской подсвиты)

В составе SQ1 выделены три системных тракта – LST, трансгрессивный тракт (TST) и тракт высокого стояния относительного уровня моря (HST).

LST представлен отложениями аллювиального фэна, которые включают в себя фации проксимальной, медиальной и дистальной частей фэна (пролювий).

Таблица 1

**Секвенции, системные тракты и соответствующие им фациальные комплексы
в разрезе скв. 3X Верхнечонского лицензионного участка**

Система	Отдел	Горизонт	Свита	Подсвита	Подсвита/ предлагаемое деление	Пачки	Секвенции и их границы	Системный тракт	Фациальные комплексы	Мощность системного тракта	Мощность секвенса		
Венд	Верхний	Даниловский	Каганская				SQ5	HST	себха, карбонатная литораль, мелководный шельф	2,43 (указанная в работе)			
								TST	мелководный шельф				
		Тирский	Тирская				SQ4	HST	супралитораль, карбонатная литораль, лагуна			1,90	2,13
								TST	мелководный шельф			0,23	
	Нижний	Непский	Непская	верхняя	верхняя		ВЧ-1	SQ3	HST	супралитораль, карбонатная литораль, мелководный шельф	8,05	10,82	
									TST	мелководный шельф с терригенно-глинистой седиментацией	2,82		
								SQ2	HST	себха, терригенная литораль	3,19		17,21
									TST	литораль, флювиальные с приливным влиянием	5,51		
		LST	флювиальные	8,51									
		нижняя	нижняя		нижняя			ВЧ-2	SQ1	HST	Терригенная литораль, прибрежно-морские терригенные отложения	7,99	29,09
										TST	терригенная литораль	7,20	
										LST	Проловий	13,90	
Sb1													

Фация проксимальной части аллювиального фэна представлена гравистыми разнозернистыми песчаниками, плохо отсортированными, с прослоями мелкогалечных гравелитов и конгломератов. Породы с неявно выраженной субгоризонтальной слоистостью, возможно, очень пологой косой. Цемент глинистый поровый и пленочный, кварцевый регенерационный; широко распространены вторичные галитовые, карбонатные и сульфатные цементы по порам. По седиментологическому планшету видно, что в элементарных циклитах проксимальной части фэна происходит уменьшение размеров зерен снизу вверх: от гравелитов до средне-мелкозернистых песчаников.

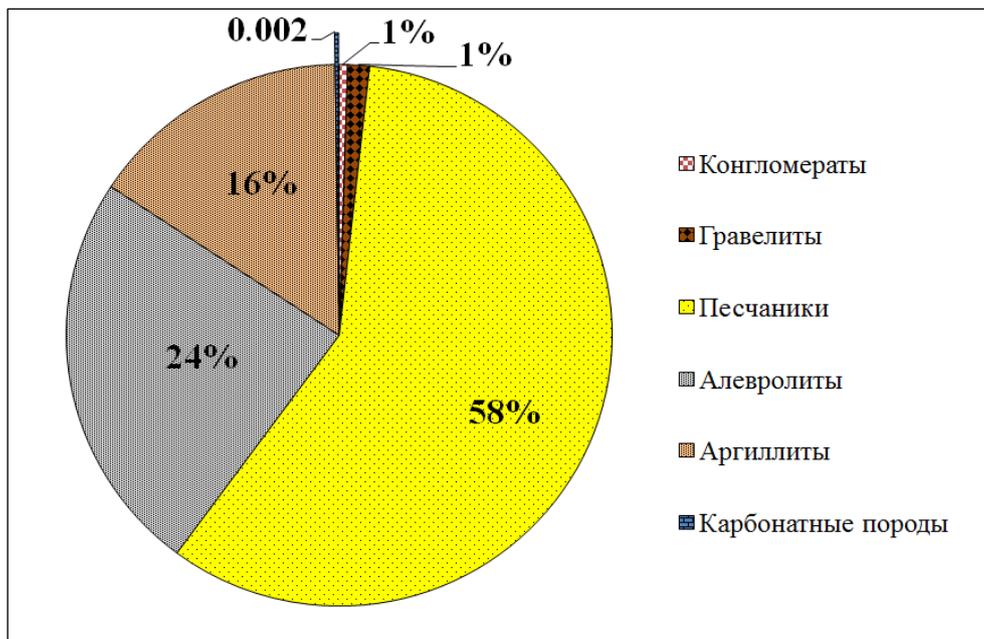


Рис. 3. Диаграмма литологического состава пород в разрезе непской свиты скв. 3Х Верхнечонского лицензионного участка

Фация медианной части аллювиального фэна представлена разнозернистыми песчаниками с включением кварцевой гальки, с единичными тонкими прослоями гравелитов, с неравномерной сульфатной, слабой карбонатной и галитовой цементацией, с нечетко выраженной слоистостью. Элементарные циклы построены на уменьшение зернистости снизу вверх: от крупно-грубозернистых до мелкозернистых песчаников.

Фация дистальной части аллювиального фэна представлена чередованием глинистых алевролитов с разнозернистыми песчаниками; отмечаются прослои мелкозернистых, среднезернистых и грубо-средне-крупнозернистых песчаников. Породы тонкослоистые. Цементация неравномерная, сульфатная и слабая карбонатная. Элементарные циклы построены на увеличении зернистости снизу вверх: от мелкозернистых алевролитов до грубо-крупнозернистых песчаников.

Таким образом, в начале непского времени изучаемая территория представляла собой денудационную сушу с расчлененным рельефом и пологим уклоном в юго-восточном направлении. Для грубообломочных отложений LST SQ1 характерны высокоамплитудные колебания гамма-каротажа, что свидетельствует о неравномерной примеси радиоактивных акцессорных минералов. Можно сделать вывод, что источником сноса при формировании базального горизонта являлись кислые магматические породы локальных выступов фундамента.

Усл. обозначения к рис. 4.

1 – элювиальный горизонт, 2 – себха, 3 – проксимальная часть аллювиального фена, 4 – медианная часть аллювиального фена, 5 – дистальная часть аллювиального фена, 6 – флювиальный канал, 7 – флювиальный канал с приливным влиянием, 8 – приливно-отливный канал, 9 – пляж, 10 – лагуна, 11 – верхняя литораль, 12 – нижняя литораль, 13 – смешанная приливно-отливная отмель, 14 – илистая приливно-отливная отмель, 15 – транзитная зона, 16 – нижняя предфронтальная зона пляжа, 17 – органогенная постройка, 18 – мелководная сублитораль с активной придонной гидродинамикой, 19 – мелководная сублитораль с активной придонной гидродинамикой, 20 – относительно глубокая сублитораль, 21 – плотные породы, 22 – плотные породы, но проницаемые породы, 23 – плотные породы с редкими кавернами, 24 – плотные породы, но проницаемые породы с редкими трещинами, 25 – микropоровый коллектор, 26 – поровый коллектор, 27 – пятнисто-поровый коллектор.

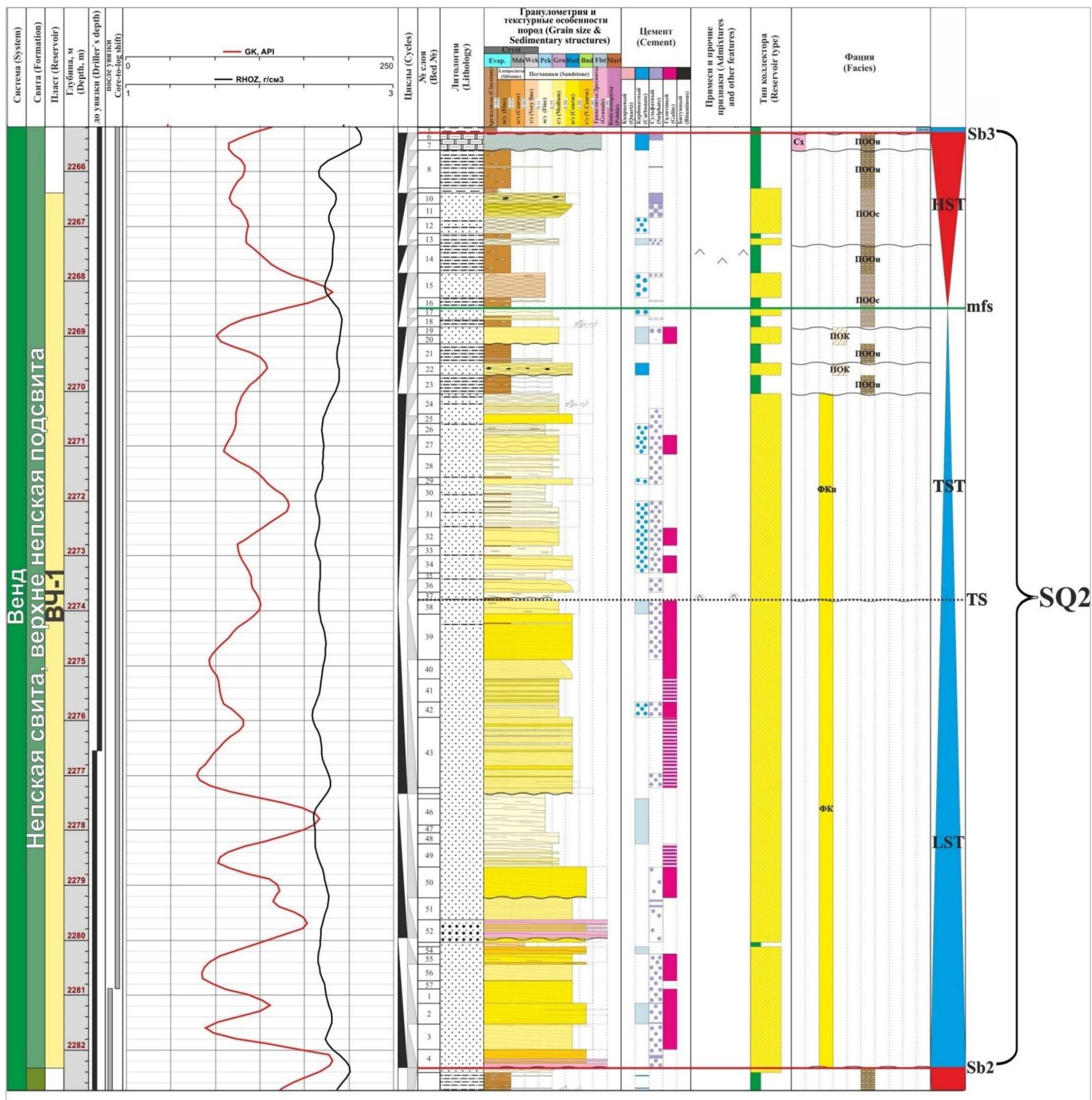


Рис. 5. Разрез секвенции SQ2 (верхненепская подсвита)

Усл. обозначения см. на рис. 4.

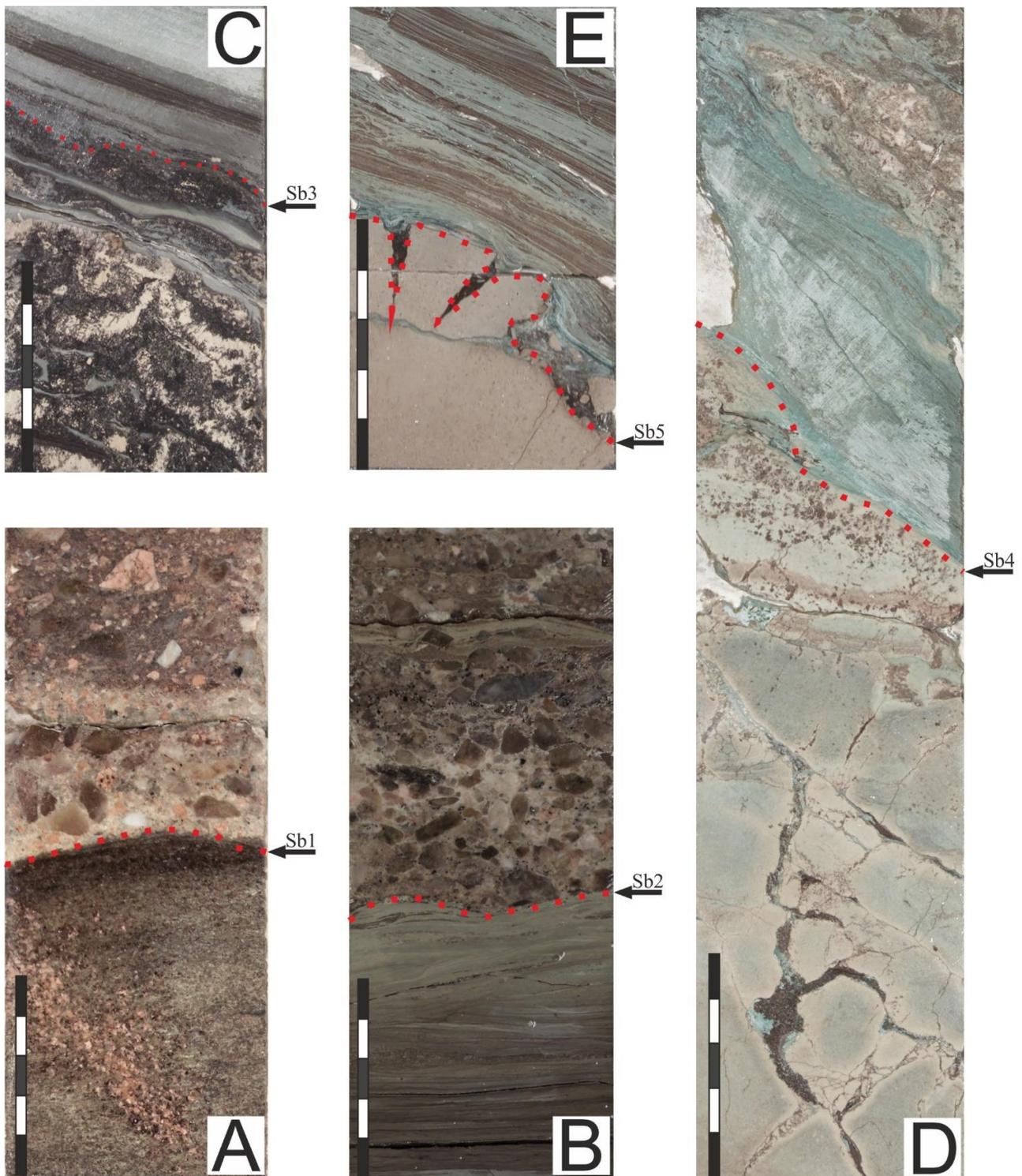


Рис. 6. Фото ядра скв. 3Х Верхнечонского лицензионного участка с выделенными секвенс-стратиграфическими поверхностями

А - секвенс-стратиграфическая поверхность Sb1. Эрозионный контакт гравелитов пачки ВЧ-2 нижненепской подсвиты (вверху) с породами кристаллического фундамента (внизу); В - секвенс-стратиграфическая поверхность Sb2. Резкий эрозионный контакт гравелитов пачки ВЧ-1 верхненепской подсвиты (вверху) и глинистых отложений литорали нижненепской подсвиты (внизу); С - секвенс-стратиграфическая поверхность Sb3. Налегание аргиллитов sublиторали (вверху) на сульфатизированные доломиты супралиторали (внизу); D - секвенс-стратиграфическая поверхность Sb4. Граница глинистых доломитов sublиторали (вверху) и брекчированных доломитов элювиального горизонта (внизу); E - секвенс-стратиграфическая поверхность Sb5. Налегание глинистых доломитов катангской свиты на брекчированные доломиты тирской свиты. Границы показаны красной пунктирной линией. Длина масштабной линейки – 5 см.

Базальные отложения пласта ВЧ-2 (LST SQ1) представлены пролювиальными осадками, устьевым конусом выноса эрозионной долины. Осаждение терригенного материала происходило в гидродинамических обстановках свободного растекания потока. Конусы выноса отдельных потоков обычно сливались между собой и образовывали обширные волнистые равнины, наращивающие склон области сноса. Осадочный материал плохо отсортирован, характерна резкая смена по эрозионным границам грубых разностей более тонкими. Относительно тонкий материал нередко выступает как заполнитель (матрикс) в грубообломочных разностях. От вершины конуса выноса к его периферии наблюдается в различной степени выраженная дифференциация обломочного материала. В это время осадконакопление контролировалось существующим первоначальным рельефом.

Выше LST следует *TST* SQ1. В подошве TST проведена трансгрессивная поверхность (TS) на глубине 2297,56 м, которая фиксирует начало трансгрессии, выражающейся в смещении береговой линии в сторону суши. Трансгрессия привела к формированию побережья с приливно-отливной терригенной седиментацией.

TST сложен комплексом приливно-отливных осадков, который включает следующие фации: 1) приливно-отливный канал; 2) смешанная приливно-отливная отмель.

Фация приливно-отливного канала представлена песчаниками мелко-среднезернистыми и средне-мелкозернистыми, в редких случаях средне-крупнозернистыми, с тонкими глинистыми прожилками и редкими тонкими прослоями глинистых алевролитов. Слоистость мелкая косая разнонаправленная. Встречаются интракласты глинистого алевролита, ориентированные по слоистости.

Фация смешанной приливно-отливной отмели представлена песчаниками мелко-среднезернистыми с тонкой линзовидной слоистостью и частыми слабоволнистыми глинистыми прожилками, с единичным тонким прослоем глинистого алевролита. Цементация пятнистая карбонатная и неравномерная сульфатная.

Приливно-отливные терригенные равнины рассечены извилистой сетью приливно-отливных каналов. Накопление песчаников каналов происходило в изменчивых гидродинамических условиях при ритмичной смене направления потока во время периодических приливно-отливных колебаний уровня моря. Перемещение обломочного материала по приливно-отливным каналам обусловило сортировку песчаников и их высокую зрелость. Глинистый материал встречается в виде интракластов, представляющих собой фрагменты глинисто-алевритистых корочек илистого и илисто-песчаного мелководья.

HST в SQ1 представлен мелководно-морскими осадками (внизу) и отложениями илистой приливно-отливной отмели (в верхней части). В подошве HST (на глубине 2290,33 м), диагностирована поверхность максимального затопления (mfs). К ней приурочена смена

фаций приливно-отливной равнины TST осадками транзитной зоны берегового склона; mfs в SQ1 отчетливо выделяется методами ГИС по росту значений ГК и снижению НГК.

Фация транзитной зоны представлена микро-тонкослоистыми, реже линзовидно-слоистыми, глинистыми алевролитами, прослоями, переходящими в аргиллиты. Пачка глинистых алевролитов не имеет выраженной цикличности, является аградационной.

Фация илистой приливно-отливной отмели представлена алевролитами мелкозернистыми глинистыми, прослоями, переходящими в аргиллиты, тонко-линзовидно-слоистыми, нередко с деформационными текстурами, с редкими тонкими прослоями и линзами тонко-мелкозернистых песчаников. В элементарных циклах небольшой мощности наблюдается увеличение зернистости снизу вверх: от глинистых алевролитов до мелкозернистых песчаников.

На этапе максимально высокого уровня моря на изучаемой территории установились мелководные морские обстановки, которые по мере проградации прибрежных седиментационных систем сменились илистой приливно-отливной равниной.

Таким образом, SQ1, соответствующий по объему нижненепской подсвите, представлен снизу вверх следующим фациальным рядом: аллювиальный фэн → приливно-отливная терригенная равнина → отложения морского мелководья → приливно-отливная илестая равнина. В пакетах парасеквенций LST и TST от подошвы к кровле наблюдается переход от гравелитов аллювиального фэна до песчаников приливно-отливной терригенной равнины. К нижнему системному тракту приурочен продуктивный пласт ВЧ-2. Пачка глинистых мелководно-морских отложений с аградационным строением и регрессивный пакет парасеквенций илестой приливно-отливной равнины выполняют роль покрышки для нижележащей пачки ВЧ-2. На границе ниже- и верхненепской свит по керну фиксируется эрозионный контакт. Следовательно, в скв. 3X представлен сокращенный разрез HST SQ1.

Характеристика секвентной границы Sb2

Граница установлена на глубине 2282,3 м. В керне наблюдается эрозионное налегание гравелито-песчаников флювиального канала на песчано-глинистые отложения приливно-отливной равнины (см. рис. 6В). По терминологии М.В. Лебедева такую границу следует называть фациальным несогласием [Лебедев, 2006]. Также эта граница соответствует внутринепскому стратиграфическому перерыву. Таким образом, она является и границей секвенций, и регрессивной поверхностью. Отчетливо прослеживается по ГИС: естественная радиоактивность снижается, происходит падение значений НГК.

Характеристика SQ2 (осадочная последовательность нижней части верхненепской подсвиты)

Отложения фации флювиальных каналов сплетающейся русловой системы формируют LST.

Фация флювиальных каналов представлена песчаниками разнозернистыми, сложенными зернами грубой, крупной и средней псаммитовой размерности с различным соотношением, прослоями с примесью гравия и включением мелкой гальки, с нечетко выраженной пологонаклонной однонаправленной косой и субгоризонтальной слоистостью. В элементарных циклитах наблюдается уменьшение зернистости снизу вверх: от гравелитов до мелкозернистых песчаников.

Трансгрессивная поверхность (TS), совпадающая с подошвой TST, диагностирована в разрезе скв. 3X на глубине 2273.80 м. Начиная с этой глубины и выше, в комплексе флювиальных песчаников появляются признаки приливо-отливного влияния (см. рис. 5). Выше по разрезу флювиальные отложения сменяются комплексом осадков приливо-отливной равнины (смешанной и илистой) с системой мелких приливо-отливных каналов.

Фация флювиальных каналов с приливым влиянием представлена песчаниками средне-мелкозернистыми и мелко-среднезернистыми с неравномерной примесью зерен крупной псаммитовой размерности и тонкой слоистостью. Текстуру подчеркивает смена гранулометрического состава песчаников и тонкие волнистые глинистые (алевритово-глинистые) прожилки.

Фация илистой приливо-отливной отмели представлена алевролитами мелкозернистыми глинистыми, иногда с неравномерной примесью песчаных зерен мелкой размерности, тонко- и микрослоистыми, линзовидно-слоистыми. В линзах отмечены мелкозернистые песчаники. Осадки нередко с деформационными текстурами, слабо пиритизированные.

Фация приливо-отливных каналов представлена песчаниками мелко-средне- и крупно-среднезернистыми, с разнонаправленной косой и слабо волнистой слоистостью, с тонкими глинистыми прожилками, с интракластами глинистого алевролита, ориентированными по наложению.

Фация смешанной приливо-отливной отмели представлена неравномерным чередованием глинистых линзовидно-слоистых алевролитов и песчаников мелко- и мелко-среднезернистых, с тонкой волнистой и линзовидно-волнистой слоистостью, с глинистыми прожилками, участками с деформационными текстурами. В элементарных циклитах наблюдается увеличение зернистости снизу вверх: от глинистых алевролитов до мелко-среднезернистых песчаников.

Приливно-отливные терригенные равнины рассечены сетью приливно-отливных каналов. Накопление песчаников каналов происходило в изменчивых гидродинамических условиях, при ритмичной смене направления потока во время суточных колебаний уровня моря.

Поверхность максимального затопления (mfs) в SQ2, соответствующая переходу к HST, диагностирована на глубине 2068.48 м. К этому уровню приурочен переход к седиментации в условиях преимущественно смешанной приливно-отливной отмели. HST сформирован отложениями переходного комплекса фаций. Граница максимального затопления отчетливо выделяется по ГИС (заметный рост ГК и падение НГК). В разрезе HST наблюдается неравномерное чередование осадков приливно-отливной отмели (смешанной и илистой), а в верхней части системного тракта - переход к условиям супралиторали (себхи).

Фация илистой приливно-отливной отмели представлена алевролитами мелкозернистыми глинистыми, тонко-средне-слоистыми, участками линзовидно-слоистыми (в линзах темно-серый мелкозернистый песчаник с сульфатной цементацией), с единичными тонкими прослоями мелкозернистого песчаника, с мелкими стяжениями пирита и рассеянными включениями ангидрита.

Фация смешанной приливно-отливной отмели представлена неравномерным чередованием глинистых алевролитов и песчаников средне-мелко- и мелко-среднезернистых (прослоями с примесью зерен крупной псаммитовой размерности), единично мелко-тонкозернистых, с тонкой волнистой и линзовидно-волнистой слоистостью, с частыми глинистыми прожилками, с редкими глинистыми интракластами. Участками породы со следами биотурбации.

Фация илистой приливно-отливной отмели, измененной в условиях аридной супралиторали (себхи) представлена доломитами сульфатизированными, со скрытокристаллической структурой, с терригенной примесью, желваково-слоистыми, с разноориентированными глинистыми интракластами и тонкими извилистыми слоями аргиллита изменчивой толщины.

В строении элементарных циклитов HST наблюдается увеличение зернистости снизу вверх (от глинистых алевролитов до мелкозернистых песчаников).

Приливно-отливные отмели могли образовывать обширные пространства побережья в районах с низкой энергией волн. Различают отложения надлиторальных и литоральных отмелей. Надлиторальные отмели расположены выше верхнего уровня среднего прилива. В аридном климате к ним приурочены себхи с подповерхностным формированием эвапоритовых минералов. Литоральные отмели представляют собой ровную, полого погружающуюся в сторону моря прибрежную область, пересеченную крупными и мелкими

приливо-отливными каналами. Неоднократное приливо-отливное воздействие на литоральную отмель приводило к формированию толщи переслаивающихся глин, алевроитов и песков с отчетливой полосчатой, волнистой и линзовидной слоистостью. При проградации приливо-отливных отмелей образуется разрез отложений с уменьшающейся вверх зернистостью, что отражает переход от литоральной песчаной отмели к надлиторальной себхе, что в разрезе скв. 3X (см. рис. 5).

Таким образом, второй секвенс (SQ2), соответствующий нижней части верхненепской подсветы, сформирован из следующего ряда фаций (снизу вверх): флювиальные каналы сплетающегося русла → флювиальные каналы с приливным влиянием → терригенная приливо-отливная равнина → илистая приливо-отливная равнина → себха. Пакет циклитов LST и TST представлен снизу вверх песчаниками флювиальных каналов и песчаниками флювиальных каналов с приливным влиянием. К этой пачке приурочен продуктивный пласт ВЧ-1, сложенный песчаниками с пористостью до 15-25%. Регрессивный пакет парасеквенций, сформированный прибрежно-морскими отложениями литорали и супралиторали, представлен песчано-глинистыми, алевроитово-глинистыми и сульфатно-карбонатными породами. По мнению ряда исследователей [Рифей и венд..., 2005], к кровле сульфатизированных доломитов приурочен стратиграфический перерыв. Этот перерыв прослежен авторами в целой серии скважин Верхнечонского ЛУ, в том числе и в разрезе скв. 3X.

Характеристика секвентной границы Sb3

Sb3, разделяющая SQ2 и SQ3, проведена на глубине 2265,28 м. Граница Sb3 соответствует стратиграфическому перерыву, несет признаки субэральской экспозиции и является одновременно трансгрессивной поверхностью. Она отчетливо устанавливается по керну (см. рис. 6С) и каротажным диаграммам (заметный рост ГК и падение НГК). По седиментологическому разрезу, что на Sb3 происходит резкая смена проградационного пакета парасеквенсов литорали и супралиторали на агградационный пакет парасеквенций сублиторали. Таким образом, граница является еще и фациальным несогласием. По мнению авторов, по этой поверхности должна проводиться граница непской и тирской свит.

Вынос керна из верхней части непской и тирской свит составил 12,95 м. По вещественному составу она представлена глинистыми, глинисто-карбонатными и карбонатными породами. По мощности в разрезе тирской свиты преобладают: доломиты - 63%, глинистые доломиты - 14%, доломитовая брекчия 23% (рис. 7). В тирской свите выделено две секвенции - SQ3 и SQ4 (рис. 8). Они разделяются секвентной границей Sb4. Ниже рассмотрено их строение.

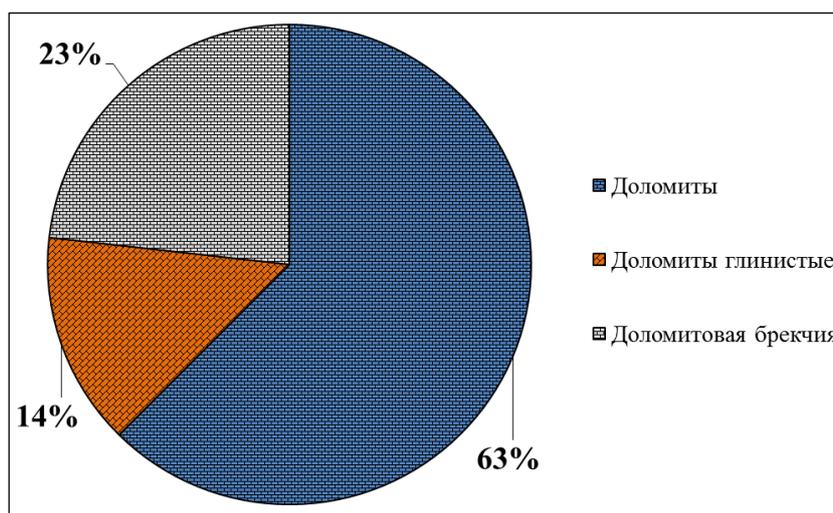


Рис. 7. Диаграмма толщин различных пород в разрезе тирской свиты скв. 3X по данным литологического описания керна

Характеристика SQ3 (верхняя часть непской - нижняя часть тирской свит)

LST в разрезе скв. 3X не представлен.

TST формируют отложения мелководно-морского шельфа, представленные фацией мелководной сублиторали со спокойной придонной гидродинамикой.

Выше по разрезу TST переходит в HST. Поверхность максимального затопления (mfs), совпадающая с подошвой HST, установлена на глубине 2062,55 м: на этом уровне происходит заметный рост ГК и смена аградационного пакета парасиквенсов на проградационный.

HST представлен фациями (регрессивный ряд): мелководная сублитораль со спокойной придонной гидродинамикой → нижняя предфронтальная зона пляжа → лагуна → нижняя литораль → верхняя литораль → элювиальный горизонт супралиторали и прибрежной равнины.

Фация мелководной сублиторали со спокойной придонной гидродинамикой сложена аргиллитами, алевритистыми аргиллитами (до перехода в алевролиты глинистые) с тонкими прослоями и линзами песчано-алевролитового материала. Породы микрослоистые и микролинзовидно-слоистые, с мелкими деформационными текстурами дегидратации, плотные, неравномерно слабо пиритизированные, неравномерно слабо сульфатизированы. Сульфатизация представлена в виде редких включений неправильной формы голубовато-серого и розовато-серого ангидрита. В некоторых разрезах Верхнечонского ЛУ в аргиллитах фации авторами отмечены слепки медузоидов.

Фация нижней предфронтальной зоны пляжа представлена алевролитами глинистыми, микрослоистыми и микролинзовидно-слоистыми, с деформационными текстурами и слабой биотурбацией, плотными, с включениями единичных стяжений пирита.

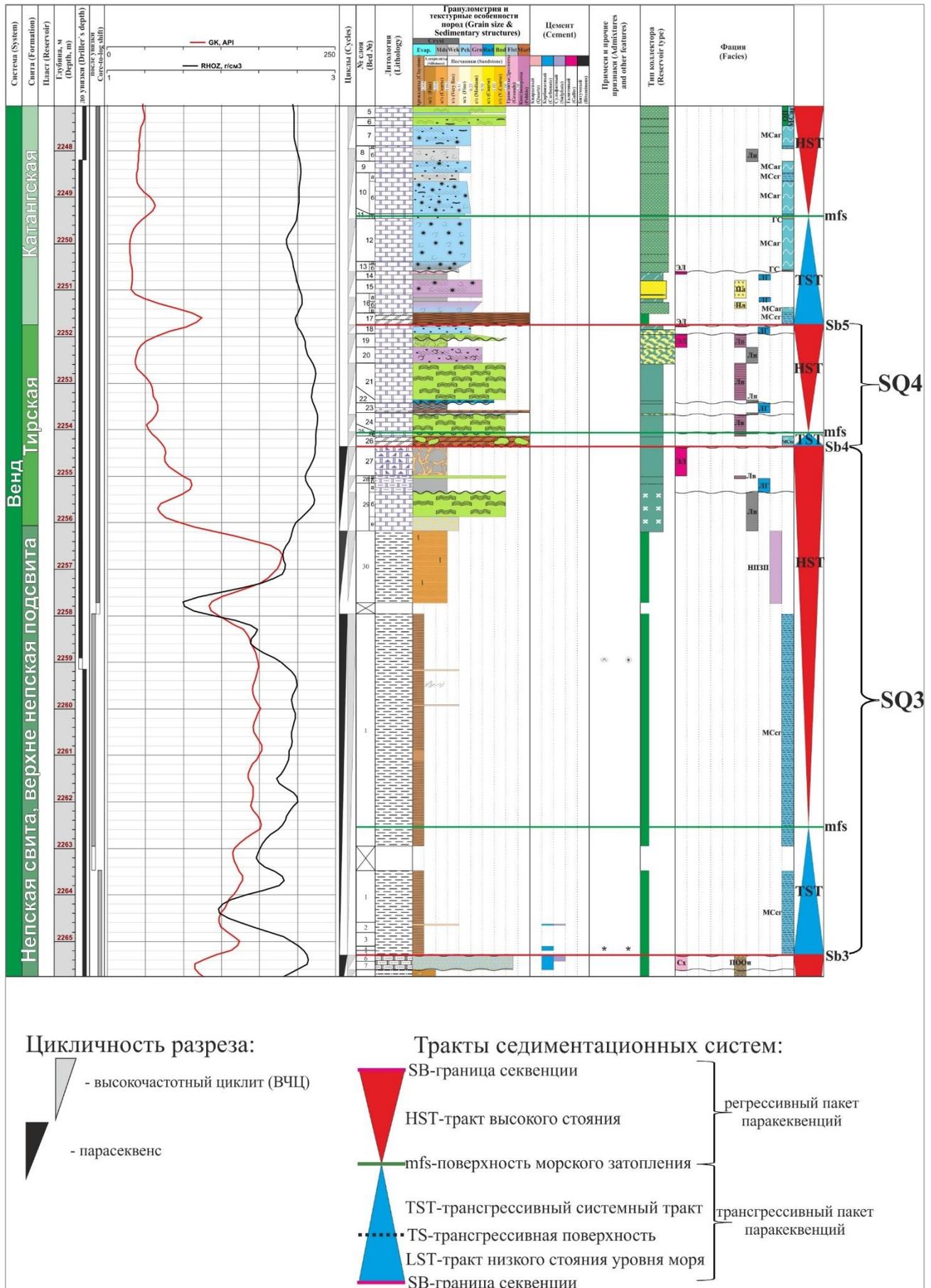


Рис. 8. Разрез третьей и четвертой секвенций (верхняя часть непиской свиты, тирская свита)

Фация лагуны: доломиты разнокристаллические, с первичной структурой мадстоун, с тонкой волнистой слоистостью, плотные, сульфатизированные, с галитом по межкристаллическим порам.

Фация нижней литорали представлена доломитами алеврито-песчаными, тонкослоистыми, плотными, с тонкими прожилками органического вещества fossilized микробиальных пленок.

Фация верхней литорали: доломиты пластово-строматолитовые (структура байндстоун), тонкокристаллические, с тонкой волнистой ламинарной слоистостью, с многочисленными прожилками глинистого материала, плотные.

Фация элювиального горизонта в кровле SQ3 представлена разнообломочной доломитовой брекчией. В угловатых обломках различных размеров – доломиты микрокристаллические, с первичной структурой мадстоун и строматолитовый байндстоун; межобломочное пространство заполнено среднезернистым песчаником с базальным доломитовым и глинисто-доломитовым цементом. Обломки различной формы хаотично расположены, размером от первых миллиметров до 10 и более сантиметров.

Таким образом, SQ3 со стратиграфическим перерывом и фациальным несогласием перекрывает супралиторальные сульфатно-карбонатные отложения HST SQ2. В строении секвенции преобладают глинистые отложения сублиторали, отражающие региональную трансгрессию. В HST наблюдается быстрый, но постепенный переход от аргиллитов сублиторальной зоны к строматолитовым доломитам литоральной и супралиторальной зон. Элементарные циклы построены на обмеление вверх. Венчает секвенцию пачка брекчированных доломитов элювиального горизонта, свидетельствующая о длительной субаэральной экспозиции и поверхностном карсте верхней части последовательности.

Следует подчеркнуть, что на этапе HST SQ3, в период максимально высокого относительного уровня моря, начинается формирование тирской карбонатной платформы.

Характеристика секвентной границы Sb4

Секвентная граница Sb4 проведена на глубине 2254,38 м в кровле брекчированных доломитов, на которые со стратиграфическим перерывом ложатся глинистые доломиты SQ4 (см. рис. 6D). Она одновременно является и трансгрессивной поверхностью, имеет эрозионный характер.

Характеристика SQ4 (верхней части тирской свиты)

В разрезе скв. 3X LST не представлен.

Системный TST формируют отложения мелководного шельфа - глинистые доломиты мелководной сублиторали со спокойной придонной гидродинамикой.

Фация мелководной сублиторали со спокойной придонной гидродинамикой.

Доломитовые мергели, тонко-микросталлические с желваками окремненных микробиальных доломитов, неправильно- и тонко-волнисто-слоистые, плотные, неравномерно окремненные, сульфатизированные.

Выше по разрезу TST переходит в HST. Поверхность максимального затопления (mfs) диагностирована на глубине 2016,25 м. Выше нее происходит переход к проградационному пакету высокочастотных циклитов. По ГИС наблюдается постепенное снижение ГК, увеличение НГК.

HST SQ4 представлен следующим фациальным рядом: лагуна → нижняя литораль → верхняя литораль → элювиальный горизонт.

Фация лагуны: доломиты, прослоями доломитовые мергели, микросталлические, микросталлические, плотные, с микротрещинами деформации уплотнения.

Фация нижней литорали представлена доломитами разномерными, неясно-слоистые, плотными, микротрещиноватыми.

Фация верхней литорали: доломиты пластово-строматолитовые (структура байндстоун), микросталлические, с тонкой ламинарной микробиальной слойчатостью, с частыми стилолитами, плотные.

Фация элювиального горизонта развита по отложениям верхней литорали, преобразованным в условиях субэриальной экспозиции. Доломиты тонко-микросталлические, брекчированные, неравномерно тонкопористые, с галитом по порам.

Таким образом, SQ4 с фациальным несогласием перекрывает карбонатные отложения HST SQ3. В строении секвенции SQ4 проявляются колебания относительного уровня моря, образовавшие серию регрессивных высокочастотных циклитов. В их основании лежат глинистые доломиты сублиторальной зоны/лагуны, которые выше переходят в микробиальные доломиты литоральной зоны. Завершается цикл пачкой брекчированных доломитов надлиторальной зоны. В это время снижение уровня моря обнажило литоральную зону с пластовыми строматолитовыми постройками. В результате выхода пород в условия субэриальной экспозиции поверхность карбонатных пород подверглась разрушительному воздействию атмосферных вод и колебаний температуры. Всего в разрезе HST SQ4 скв. 3X насчитано до 4 сокращенных высокочастотных циклитов. По мнению авторов, это является еще одним следствием сокращенной мощности тирского горизонта в изучаемом районе. По керну в разрезе наблюдаются прослои карбонатных брекчий с песчано-глинистым межбломочным заполнением, достигающие толщины более 0,5 м (см. рис. 6С).

Микробиальные постройки тирской свиты соответствуют отложениям ербогаченского продуктивного горизонта, мощность которого колеблется от 2 до 19 м, увеличиваясь в юго-восточном направлении [Бурова, Шибина, Корвет, 2017].

Анализируя строение SQ3 и SQ4, можно сделать вывод, что тирская карбонатная платформа формировалась на Верхнечонском ЛУ в условиях преимущественно перилиторального мелководья. В конце тирского времени платформа была обнажена и подверглась поверхностному и подповерхностному карсту. С границей тирского и даниловского горизонтов связан относительно длительный предданиловский перерыв продолжительностью, по оценке Н.В. Мельникова около 10-15 млн. лет [Мельников, 2009].

Характеристика секвентной границы Sb5

Граница Sb5 проведена на глубине 2251,74 м по кровле брекчированных доломитов верхней литорали, на которые налегают доломитовые мергели сублиторали (см. рис. 6D). Граница имеет эрозионный характер, представляет собой стратиграфический перерыв, и фаціальное несогласие и одновременно является трансгрессивной поверхностью следующей секвенции. По ГИС граница выделяется по резкому росту ГК и падению НГК.

Рассмотрение секвенс-стратиграфического профиля

Секвенс-стратиграфический профиль, выполненный на основе исследований керна и анализа ГИС, представляет собой двумерную литолого-генетическую модель непской и тирской свит Непского свода. Для учета рельефа поверхности фундамента построена карта изопакит нижне-непских отложений (рис. 9). Для построения профиля выбраны разрезы опорных скважин, вскрывших фундамент, с относительно полным комплектом геолого-геофизической информации. Профиль имеет ориентировку с северо-запада на юго-восток и проходит через скважины: Санарская-1X, Пр-1X, Пр-137X, ВЧ-2X, ВЧ-3X, ВЧ-3060X, Куландинская-190X, Алинская-3042X. Протяжённость профиля составила порядка 294 км. Выравнивание производилось на подошву преображенского продуктивного горизонта катангской свиты (рис. 10, 11).

Непская свита расчленена на две секвенции SQ1 и SQ2, каждая из которых представляет собой естественно-историческое геологическое тело, сформировавшееся в течение одного крупного трансгрессивно-регрессивного седиментационного цикла. Ниже приведено краткое описание выделенных секвенций.

Секвенция SQ1 (нижне-непская подсвита) отражает первый этап формирования непской свиты. Она выделена в восточной части района исследований: скв. ВЧ-3X, ВЧ-3060X, Куландинская-190X и Алинская-3042X (см. рис. 10). Отложения LST со стратиграфическим перерывом залегают на породах фундамента, включая кору выветривания. Они представлены грубообломочными отложениями аллювиальных конусов выноса, которые на юго-востоке переходят в русловые песчаные отложения. TST представлен глинисто-песчаными отложениями прибрежной приливно-отливной равнины, переходящими в юго-восточном направлении в песчано-глинистые прибрежно-морские отложения. HST имеет

проградационное строение и представлен глинистыми отложениями сублиторали и песчано-алевритово-глинистыми отложениями литорали, переходящими в юго-восточном направлении в преимущественно глинистые и алевритово-глинистые отложения сублиторали.

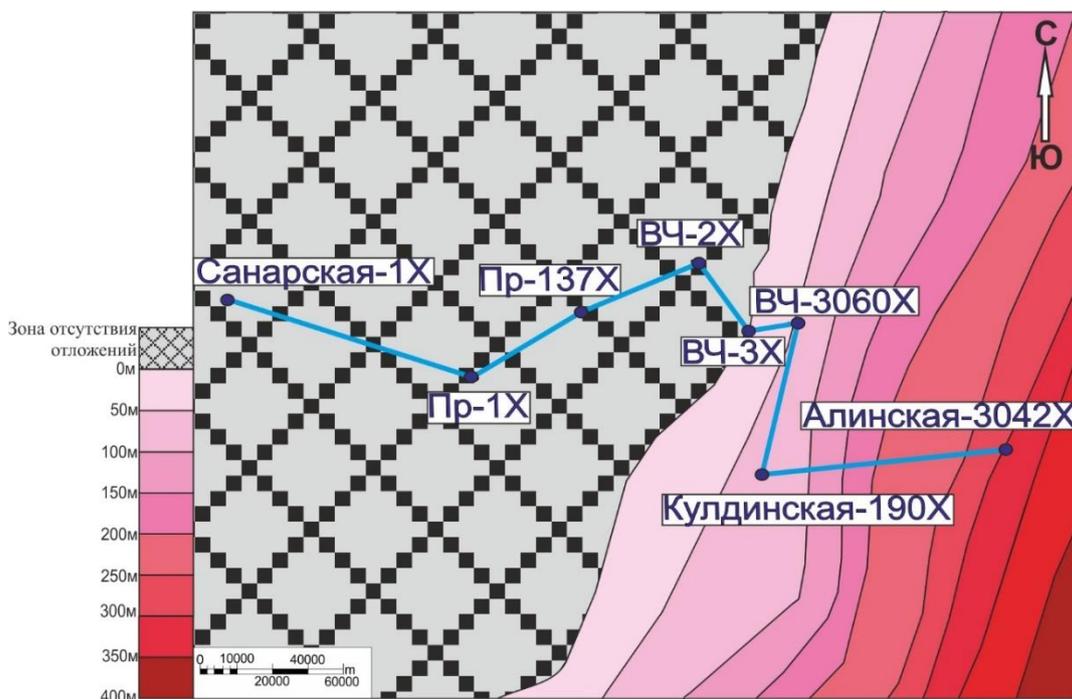


Рис. 9. Карта изопакит нижненепской подсвиты

Подосва **SQ1** соответствует хорошо выраженной поверхности стратиграфического несогласия, которая отчетливо устанавливается по керну и каротажным диаграммам.

Секвенция SQ2 (нижняя часть верхненепской свиты) отражает второй этап формирования непской свиты и распространена в районе всех скважин. Подосва SQ2 является эрозионной поверхностью и поверхностью стратиграфического несогласия. Она отчетливо устанавливается по керну и каротажным диаграммам по резкому эрозионному налеганию русловых песчаников LST SQ2 на глинистые приливно-отливные отложения HST SQ1. Последовательность LST и TST имеет выраженное ретроградационное строение. На большей части изученной территории отложения этих системных трактов представлены песчаными и алевритово-песчаными отложениями сплетающихся русловых систем прибрежной равнины. В юго-восточном направлении наблюдается их фациальное замещение на смешанные отложения прибрежной равнины.

Фациальный ряд HST имеет проградационное строение и формирует следующую латеральную последовательность от континента к бассейну: глинисто-песчаные прибрежно-морские отложения (осадки литорали) → песчано-алевритово-глинистые и песчано-глинистые мелководно-морские отложения (отложения сублиторали).

В кровле HST SQ2 присутствует неравномерно изменяющаяся по мощности (от 0,2 до

1,0 м) и составу эвапоритовая пачка – сульфатизированные доломиты, сульфатизированные песчаники, желваковые песчанистые ангидриты. Пачка сформировалась в подповерхностных условиях аридной супралиторали (себхи) и представляет собой кровлю секвенции с выраженной субаэральной поверхностью.

Таким образом, секвенции SQ1 и SQ2 соответствуют ранненепскому этапу и первой половине позднепесчаного этапа геологического развития территории. Данные секвенции включают в свой состав так называемый «терригенный венд». На этапе LST SQ1 формируются аллювиальные конусы выноса, а на LST SQ2 – песчаные комплексы сплетающихся русел. На этапах TST и HST происходит постепенное повышение относительного уровня моря и формирование глинисто-терригенных прибрежных и прибрежно-морских отложений. На профилях отражено снизу вверх уменьшение толщины секвенций и системных трактов, что свидетельствует о постепенном сокращении пространства аккомодации (см. рис. 10).

Ранее, из-за отсутствия качественного кернового материала и детального седиментологического анализа, считалось, что верхненепская подсвета, включающая пачку ВЧ-1 и перекрывающую ее глинистую пачку, является единой непрерывной седиментационной последовательностью, так как от подошвы верхненепской подсветы к кровле глинистой пачки происходит постепенное уменьшение зернистости. Выделение маломощных эвапоритов себхи в кровле ВЧ-1 заставляет по-новому взглянуть на этот интервал разреза. Поверхность сульфатизированных пород представляет собой типичную границу секвенции второго типа, образование которой связано с относительно быстрым повышением уровня моря (трансгрессией). Эта граница хорошо выделяется по керну и прослеживается по данным ГИС (резкое повышение ГК). Именно по ней, по мнению авторов, следует проводить границу между непским и тирским этапами. Граница характеризуется резким контактом супралиторальных и мелководно морских фаций, имеет эрозионный характер (см. рис. 3С).

Верхняя часть непской свиты и тирская свита выделены в две секвенции – SQ3 и SQ4.

Секвенция SQ3 распространена в районе всех скважин. Её мощность увеличивается в юго-восточном направлении. Отложения LST присутствуют на востоке, в районе скв. Алинская-3042Х. Они представлены песчаными отложениями конусов выноса. Фациальный ряд TST выделен в районе всех скважин. Он имеет аградационное строение и формирует следующую последовательность фаций с запада на восток: песчано-глинистые отложения лагуны → глинистые отложения шельфа → глинистые относительно глубоководные отложения. Фациальный ряд HST имеет проградационное строение и формирует следующую латеральную последовательность: карбонатно-глинистые отложения литорали → глинистые отложения шельфа.

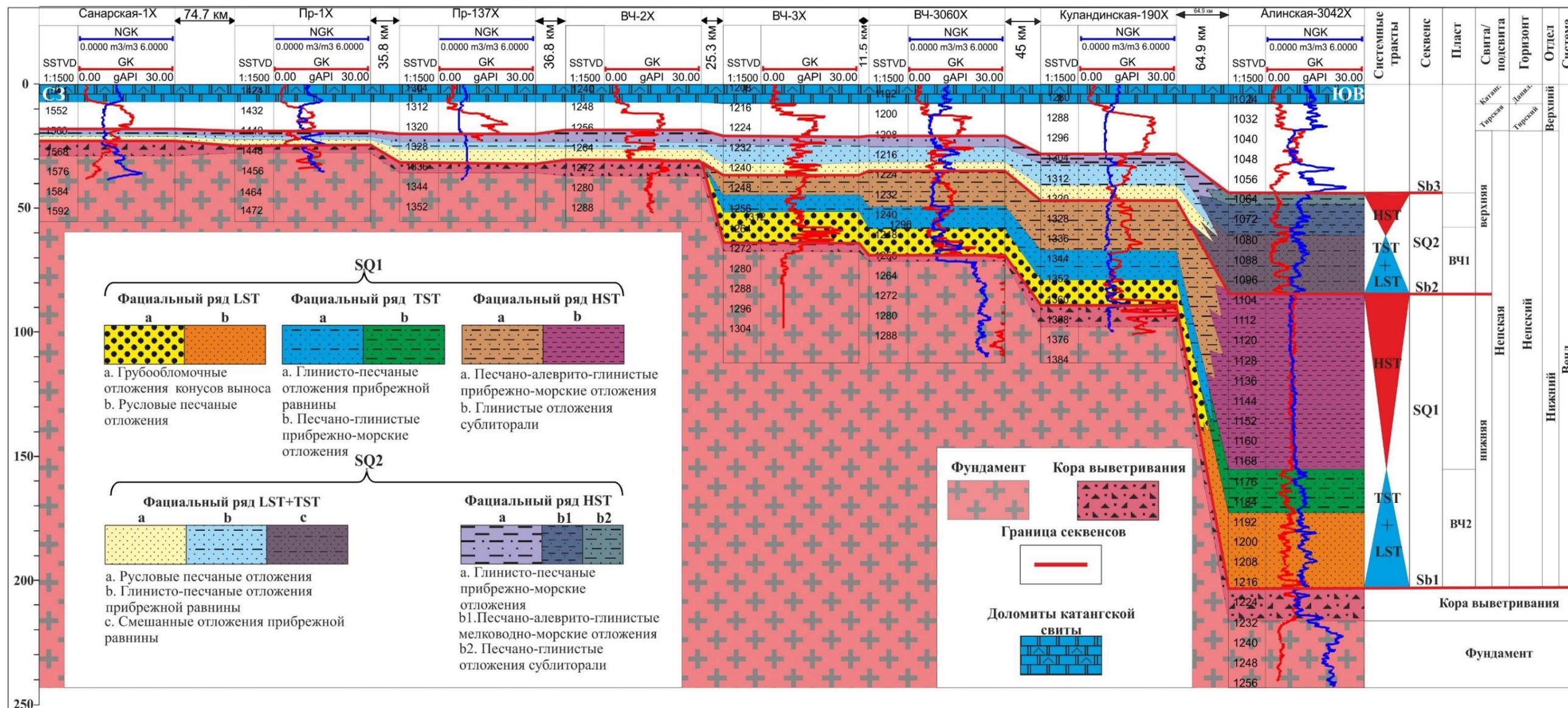


Рис. 10. Секвенс-стратиграфический профиль SQ1 и SQ2 через Непский свод

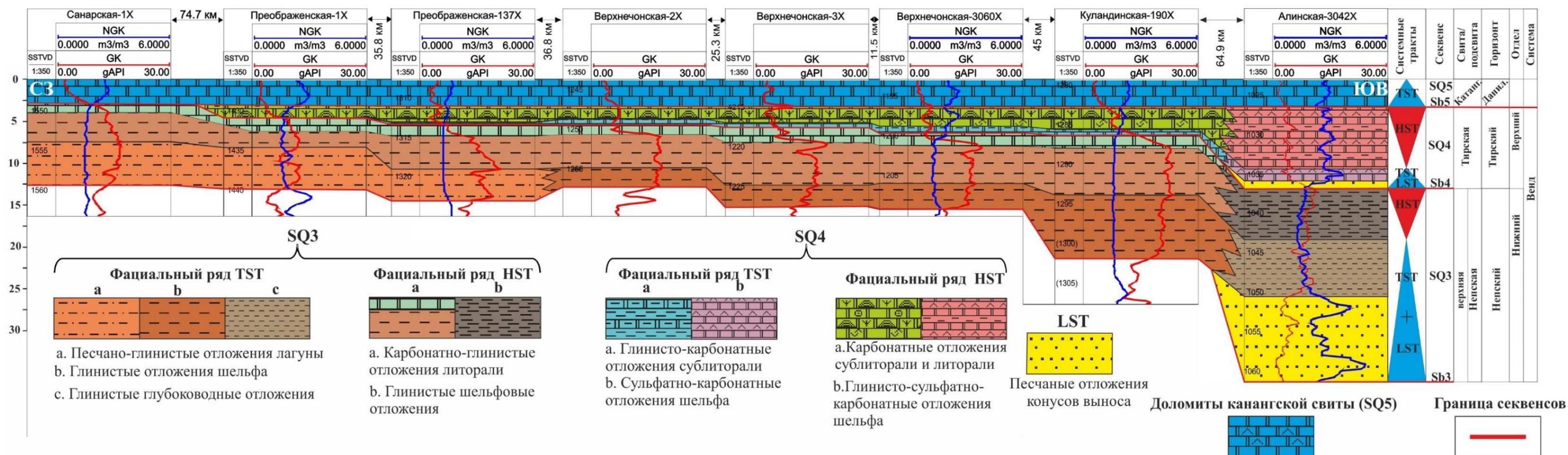


Рис. 11. Секвенс-стратиграфический профиль SQ3-SQ5 через Непский свод

Подошва SQ3 на большей части территории является трансгрессивной поверхностью и несет следы эрозии и стратиграфического перерыва, которая отчетливо устанавливается по керну и каротажным диаграммам.

Таким образом, SQ3 соответствует позднепеско-раннетирскому этапу развития территории. На стадии LST формируются аллювиальные конусы выноса. На этапе TST происходило быстрое повышение уровня моря. В это время на большей части территории накапливались глинистые отложения сублиторали, которые слагают региональную покрывку над продуктивным пластом ВЧ-1. На этапе HST происходит проградация карбонатных и глинисто-карбонатных отложений литорали (формируется тирская карбонатная платформа). В пластовых строматолитах литорали отмечается примесь разнообразного терригенного материала. На завершающем этапе карбонатные отложения литорали выходят в условия субэральской экспозиции. В керне наблюдается пачка брекчированных доломитов различной мощности.

Секвенция SQ4, по мнению авторов, отражает позднепесчаный этап развития региона. По профилю видно, что SQ4, выклинивается между скважинами Санарская-1X и Пр-1X.

LST выделен в районе скв. Алинская-3042X и представлен отложениями песчаных конусов выноса. В остальных скважинах тракт не отмечен, и граница между секвенциями является одновременно трансгрессивной поверхностью. На этапе TST происходило повышение уровня моря. В это время в центральной части территории в мелководно-морских условиях накапливались глинисто-карбонатные породы, а на юго-востоке – сульфатно-карбонатные отложения шельфа. На этапе HST в условиях мелководной сублиторали и литорали формировались многочисленные пластово-строматолитовые биостромы. Они подвергались неоднократным осушениям и поверхностному карсту в условиях субэральской экспозиции, что проявляется в разрезе прослоями карбонатных брекчий (элювиальные горизонты в кровле перилиторальных парасиквенсов). В юго-восточном направлении наблюдается фациальное замещение доломитов литорали на глинисто-сульфатно-карбонатные отложения шельфа.

Подошва SQ4 имеет эрозионный характер и хорошо устанавливается по керну и каротажным диаграммам.

В кровле SQ4 прослеживается субэральский перерыв (доломитовые брекчии с глинисто-карбонатным межобломочным заполнителем), который соответствует поверхности непесчаной секвенции 2-го порядка.

Секвенция SQ5 соответствует начальному этапу накопления карбонатных отложений катангской свиты. Разнозернистые доломиты литорали выделены в TST. Выше по разрезу они сменяются пластовыми микробиальными постройками сублиторали стадии HST. Подошва

SQ5 имеет трансгрессивный характер залегания, отчетливо выделяется по керну и ГИС.

Таким образом, секвенс-стратиграфический анализ в интервалах SQ1 и SQ2 наглядно отражает строение и этапы формирования отложений «терригенного» венда, соответствующие нижненепской подсвите и нижней части верхненепской подвиты. На начальных этапах осадконакопление контролировалось рельефом древнего кристаллического фундамента. Источником терригенного материала, который поступал из северо-западных районов НБА и локальных выступов, служили породы фундамента.

Секвенс-стратиграфический профиль в интервале SQ3 и SQ4 демонстрирует развитие бассейна осадконакопления в поздненепское и тирское время. В тирское время наблюдается тенденция к уменьшению объемов поступающего терригенно-глинистого материала в бассейн седиментации, что предопределило появление на стадии HST SQ3 микробиальных построек мелководной сублиторали и литорали.

Заключение

Выполненные седиментологические и секвенс-стратиграфические исследования керна с учетом региональных материалов позволили установить следующее:

- В интервале непской и тирской свит выделено 4 секвенции третьего порядка - SQ1, SQ2, SQ3 и SQ4. По керну обоснованы системные тракты и опорные поверхности – границы секвенций, трансгрессивные границы, уровни максимального затопления. Эти поверхности продемонстрированы на примере разреза типовой скважины;

- Секвенция SQ1 выделена в интервале нижненепской подвиты. Гравелито-песчаные отложения пачки ВЧ-2, формирующие LST этой секвенции, представлены комплексами аллювиальных конусов выноса;

- Секвенция SQ2 выделена в интервале нижней части верхненепской подвиты. Ее LST – песчаные отложения пачки ВЧ-1, – сформированы в условиях сплетающихся русловых систем и с эрозией залегают на подстилающих отложениях SQ1 (секвентная граница Sb2, соответствующая внутринепскому перерыву в осадконакоплении);

- В кровле SQ2 установлена маломощная пачка эвапоритов (сульфатизированные доломиты и песчаники, желваковые ангидриты), сформированная в условиях супралиторали. Трансгрессивно перекрывающие эту пачку глинистые сублиторальные отложения верхней части верхненепской подвиты входят в состав следующей секвенции – SQ3;

- По выделенной между секвенциями SQ2 и SQ3 границе Sb3, по мнению авторов, следует проводить раздел между непским и тирским этапами формирования бассейна. Граница имеет выраженные признаки перерыва и субаэральной экспозиции, разделяет различные осадочные системы двух секвенций и контрастные фации (т.е. является и

фациальной границей);

- Снижение поступления в бассейн седиментации терригенно-глинистого материала в тирское время предопределило развитие обстановок с карбонатными микробиальными постройками;

- В кровле секвенции SQ3 выделены карбонатные элювиальные брекчии, свидетельствующие о перерыве в осадконакоплении и развитии процессов поверхностного карста;

- Секвенция SQ4 по объему соответствует верхней части тирского горизонта. В верхней части секвенции установлены перилиторальные маломощные карбонатные парасиквенсы с элювиальными брекчиями. На границе с отложениями катангской свиты повсеместно прослеживается перерыв в осадконакоплении.

Таким образом, применение методики секвенс-стратиграфического и седиментологического анализов для изучения эволюции палеобассейна седиментации позволило выделить и обосновать этапы формирования отложений непского и тирского горизонтов, что может служить важным инструментом при прогнозе распространения пород-коллекторов.

Литература

Бурова И.А., Шибина Т.Д., Корвет Н.А. Литолого-генетический аспект формирования отложений тирской свиты на территории Непского свода // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2017. - Т.12. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/2/7_2017.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/7_2017

Жемчугова В.А. Практическое применение резервуарной седиментологии при моделировании углеводородных систем. - Москва: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2014. - 342 с.

Зверев К.В., Лебедев М.В., Хохлов Г.А. Принципиальная фациально-стратиграфическая модель терригенных отложений венда Верхнечонского месторождения (Сибирская платформа) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 2012. - №9. - С. 31-42.

Ковалевский О.П., Маргулис Л.С. Дополнение 1. Секвенс-стратиграфические подразделения // Дополнения к стратиграфическому кодексу России. – Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2000. - С. 59-66.

Кокоулин М.Л., Ковтун А.С., Рудаевская В.А. Корреляция нефтегазоносных отложений позднего докембрия и раннего кембрия северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы // Корреляция доусольских отложений центральных районов Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции: тезисы III семинара. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1982. - С.18-

20.

Конторович А.Э., Беляев С.Ю., Конторович А.А., Красавчиков В.О., Мандельбаум М.М., Моисеев С.А., Сафронов А.Ф., Ситников В.С., Хоменко А.В. Тектоника венд-силурийского структурного яруса осадочного чехла Лено–Тунгусской нефтегазоносной провинции (Сибирская платформа) // Геология и геофизика. - 2004. - № 45(1). - С. 100-109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2008.10.005>

Конторович А.Э., Сурков В.С., Трофимук А.А. Непско-Ботуобинская антеклизы - новая перспективная область добычи нефти и газа на востоке СССР. - Новосибирск: Наука, 1986. - 246 с.

Лебедев М.В. Уточнение формулировки закона Головкинского-Вальтера // Отечественная геология. - 2015. - № 3. - С. 62-69.

Лебедев М.В. Фациальные несогласия в осадочных бассейнах // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 2006. - № 10. - С. 62-68.

Лебедев М.В., Моисеев С.А. Результаты детальной корреляции терригенных отложений венда северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 2012. - № 8. - С. 4-13.

Мельников Н.В. Венд-кембрийский солеродный бассейн Сибирской платформы (Стратиграфия, история развития). – Новосибирск: СО РАН, 2009. - 148 с.

Мельников Н.В., Ефимов А.О., Килина Л.И. Детальная корреляция разрезов венда и кембрия юга Сибирской платформы. // Геология и нефтегазоносность Восточной Сибири. – Новосибирск, 1978. - С. 3-26.

Решения четвертого Межведомственного регионального стратиграфического совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. - 64 с.

Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления / Н.В. Мельников Якшин М.С., Шишкин Б.Б. и др. - Новосибирск: Гео, 2005. - 428 с.

Шемин Г.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина). - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. - 467 с.

Posamentier H.W., Allen G.P. Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications. SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology. - 1999. - № 7. - P. 210.

Plyusnin A.V., Nedelko O.V., Vilesov A.P., Cherepkova A.A., Maksimova E.N.

Tyumen Oil Research Center (TNNC), Tyumen, Russia, avplyusnin@tnc.rosneft.ru,
ovnedelko@tnc.rosneft.ru, apvilesov@tnc.rosneft.ru, aacherepkova@tnc.rosneft.ru,
enmaksimova@tnc.rosneft.ru

SEQUENCE STRATIGRAPHIC MODEL OF NEPA AND TIRA VENDIAN FORMATIONS LOCATED IN THE CENTRAL PART OF THE NEPA ARCH (THE NEPA-BOTUOBA ANTECLISE, SIBERIAN PLATFORM)

Petrofacial and sedimentological core description of Nepa and Tira Formations composition is made for research of sedimentary cover structure. The key sequence stratigraphic surfaces are produced: sequence borders, transgressive borders, and the high sea level surface. In the time interval of Nepa and Tira Formations four sequences of the third order are observed. The system tract characteristics of the identified sequences are given. It's noticed, that at the top of Vch-1 productive unit a subaerish gap with supralittoral evaporates was identified, that conforms to the geological border between Nepa and Tira geological development stages.

Keywords: *Petrofacial and sedimentological core description, sequence stratigraphic model, Vendian, Nepa Formation, Tira Formation, Nepa Arch, Nepa-Botuoba anteklise, Siberian Platform.*

References

Burova I.A., Shibina T.D., Korvet N.A. *Litologo-geneticheskiy aspekt formirovaniya otlozheniy tirskey svity na territorii Nepskey svoda* [Tyra Formation (Nepa Arch) - lithological and genetic aspects]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2017, vol. 12, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/7_2017.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/7_2017

Kokoulin M.L., Kovtun A.S., Rudavskaya V.A. *Korrelyatsiya neftegazonosnykh otlozheniy pozdnego dokembriya i rannego kembriya severo-vostochnoy chasti Nepsko-Botuobinskoy anteklizy* [Correlation of oil-and-gas accumulations of the late Precambrian and early Cambrian of a northeast part of the Nepa-Botuoba Anteklise]. *Korrelyatsiya dousol'skikh otlozheniy tsentral'nykh rayonov Leno-Tungusskoy neftegazonosnoy provintsii: tezisy III seminarâ, Yakutsk: YaF CO AN SSSR*, 1982, pp. 18–20.

Kontorovich A.E., Belyaev S.Yu., Kontorovich A.A., Krasavchikov V.O., Mandel'baum M.M., Moiseev S.A., Safronov A.F., Sitnikov V.S., Khomenko A.V. *Tektonika vend-siluriyskogo strukturnogo yarusa osadochnogo chekhla Leno-Tungusskoy neftegazonosnoy provintsii (Sibirskaya platforma)* [Tectonics of Vendian-Silurian structural stage of the Lena-Tunguska oil-and-gas Province ssedimentary cover (Siberian platform)]. *Geologiya i geofizika*, 2004, no. 45(1), pp. 100-109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2008.10.005>

Kontorovich A.E., Surkov V.S., Trofimuk A.A. *Nepsko-Botuobinskaya antekliza – novaya perspektivnaya oblast' dobychi nefi i gaza na vostokey SSSR* [Nepa-Botuoba Anteklise – a new perspective oil and gas accumulations area in the Eastern part of USSR]. *Novosibirsk: Nauka*, 1986, 246 p.

Kowalewski O.P., Margulies L.S. *Dopolnenie 1. Sekvens-stratigraficheskie podrazdeleniya* [Addition 1. Sequence-stratigrafical divisions]. *Dopolneniya k stratigraficheskomu kodeksu Rossii*. St. Petersburg: VSEGEI, 2000, pp. 59-66.

Lebedev M.V. *Fatsial'nye nesoglasiya v osadochnykh basseynakh* [Facial unconformity in sedimentary basins]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2006, no. 10, pp. 62-68.

Lebedev M.V. *Utochnenie formulirovki zakona Golovkinskogo-Val'tera* [Explication of the Golovkinsky-Walter law]. *Otechestvennaya geologiya*, 2015, no. 3, pp. 62-69.

Lebedev M.V., Moiseev S.A. *Rezultaty detal'noy korrelyatsii terrigennykh otlozheniy venda severo-vostoka Nepsko-Botuobinskoy anteklizy* [Results of detailed correlation of Vendian

terrigenous rocks of the northeastern part of the Nepa-Botuoba anteklise]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2012, no. 8, pp. 4-13.

Mel'nikov N.V. *Vend-kembriyskiy solerodnyy basseyn Sibirskoy platformy (Stratigrafiya, istoriya razvitiya)* [Vendian-Cambrian salt bearing basin of the Siberian platform (Stratigraphy, development history)]. Novosibirsk: SO RAN, 2009, 148 p.

Mel'nikov N.V., Efimov A.O., Kilina L.I. *Detal'naya korrelyatsiya razrezov venda i kembriya yuga Sibirskoy platformy* [Detailed correlation of Vendian and Cambrian sections of the South of the Siberian platform]. *Geologiya i neftegazonosnost' Vostochnoy Sibiri*, Novosibirsk, 1978, pp. 3-26.

Posamentier H.W., Allen G.P. Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications. *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 1999, no. 7, 210 p.

Resheniya chetvertogo Mezhvedomstvennogo regional'nogo stratigraficheskogo soveshchaniya po utochneniyu i dopolneniyu stratigraficheskikh skhem venda i kembriya vnutrennikh rayonov Sibirskoy platformy [Decisions of the fourth Interdepartmental regional stratigrafical meeting on specification and addition stratigrafical data schemes of Vendian and Cambrian Siberian platform internal regions]. Novosibirsk: CNIIGGiMS, 1989, 64 p.

Rifey i vend Sibirskoy platformy i ee skladchatogo obramleniya [Rifean-Vendian Siberian platform and its folded frame]. N.V. Mel'nikov, M.S. Yakshin, B.B. Shishkin. Novosibirsk: Geo, 2005, 428 p.

Shemin G.G. *Geologiya i perspektivy neftegazonosnosti venda i nizhnego kembriya tsentral'nykh rayonov Sibirskoy platformy (Nepsko-Botuobinskaya, Baykitskaya anteklizy i Katangskaya sedlovina)* [Geology and oil and gas potential prospects of Vendian and Lower Cambrian areas in central regions of the Siberian platform (Nepa-Botuoba, Baikit Antecclises and Katanga saddle)]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2007, 467 p.

Zhemchugova V.A. *Prakticheskoe primeneniye rezervuarnoy sedimentologii pri modelirovanii uglevodorodnykh sistem* [Practical application of a reservoir sedimentology when modeling hydrocarbon systems]. Moscow: RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2014, 342 p.

Zverev K.V., Lebedev M.V., Khokhlov G.A. *Printsipial'naya fatsial'no-stratigraficheskaya model' terrigennykh otlozheniy venda Verkhnechonskogo mestorozhdeniya (Sibirskaya platforma)* [Basic facial-stratigrafic model of Verkhne-Chonska Vendian terrigenous rocks (The Siberian platform)]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2012, no. 9, pp. 31-42.