

Цикличность, обстановки осадконакопления и влияние постседиментационных процессов на строение и формирование природного резервуара ванаварской свиты венда на основе кернового материала скважин Ново-Юдоконского месторождения

Е.Е. Карнюшина, Н.И. Коробова, Н.С. Шевчук*, А.В. Ступакова, Р.С. Сауткин, Е.Д. Сивкова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Ранневендский нефтегазоносный комплекс является одним из основных на Сибирской платформе и является доминантным в пределах ряда крупных тектонических элементов (Непско-Ботубинская антеклиз, Присяно-Енисейская синеклиза, Курейская синеклиза и др.). Нефтегазоносность комплекса определяется как условиями его формирования, так и постседиментационными процессами, в значительной степени связанными с этапами формирования и переформирования залежей углеводородов. Все эти особенности образования природного резервуара в отложениях ванаварской свиты рассмотрены при детальном литолого-фациальном анализе кернового материала Ново-Юдоконского месторождения и сопредельных территорий.

Ключевые слова: природный резервуар, ванаварская свита, обстановки осадконакопления, постседиментационные процессы, древний водонефтяной контакт

Для цитирования: Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И., Шевчук Н.С., Ступакова А.В., Сауткин Р.С., Сивкова Е.Д. (2022). Цикличность, обстановки осадконакопления и влияние постседиментационных процессов на строение и формирование природного резервуара ванаварской свиты венда на основе кернового материала скважин Ново-Юдоконского месторождения. *Георесурсы*, 24(2), с. 75–92. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2022.2.10>

Предисловие

При анализе строения отложений использовались подходы и методы анализа седиментационной цикличности, которые долгие годы развивал Николай Брониславович Вассоевич, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых МГУ имени М.В. Ломоносова с 1963 по 1981 гг.

Анализ седиментационной цикличности продолжают развивать и совершенствовать научные сотрудники (Е.Е. Карнюшина, А.И. Конюхов, Н.И. Коробова, А.В. Ступакова и др.) и выпускники кафедры, которые реализуют методические подходы в научной сфере и на производстве. Благодаря комплексированию анализа седиментационной цикличности с другими геолого-геофизическими методами, установлено строение Ново-Юдоконского месторождения, а также механизмы формирования (переформирования) залежей в древних отложениях Восточной Сибири (Ступакова и др., 2019).

Методические подходы, разработанные Николаем Брониславовичем Вассоевичем и дополненные его последователями, подразумевают выделение циклитов при литологическом описании разрезов скважин. Масштаб выделения циклитов зависит от конкретных геологических

задач. При локальном прогнозе используются масштабы от 1:50 до 1:10. Масштаб циклитов оценивается по их относительной толщине в разрезе изучаемых отложений. Выбор масштаба зависит от целей и задач исследования конкретного геологического объекта. При описании керна параметрических скважин и изучении керна для доразведки нефтегазовых месторождений используются масштабы 1:20 и более крупные.

В ходе данной работы анализировались циклиты разного ранга, в том числе элементарные, т.е. наименьшие по мощности (от нескольких сантиметров) закономерные сочетания слоев, которые можно выделить визуально (циклиты 1-го порядка). Схожие по строению элементарные циклиты, имеющие определенное изменение облика, объединялись в циклопачки (циклиты 2-го порядка), а последние, в свою очередь, в толщи, которые по существу являются циклитами более высокого ранга (циклиты 3-го порядка) (Вассоевич, 1948, 1990).

Проведенные исследования петрографических шлифов позволили выявить роль постседиментационных изменений, как новый поисковый критерий существования древних месторождений (древний водонефтяной контакт – палео-ВНК), подтверждающий механизмы формирования и переформирования залежей на склонах крупных современных антиклинальных структур.

Введение

Восточный склон Байкитской антеклизы, Катангская седловина и Непско-Ботубинская антеклиз являются

* Ответственный автор: Надежда Сергеевна Шевчук
e-mail: n.shevchuk@oilmsu.ru

© 2022 Коллектив авторов

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

одними из наиболее перспективных районов с точки зрения нефтегазоносности терригенных отложений вендской системы на юге Восточной Сибири. Здесь в терригенных отложениях непского горизонта венда открыты Собинское, Пайгинское, Верхнечонское, Инглиянское и Ново-Юдоконское газоконденсатные месторождения.

Отложения ванаварской свиты Ново-Юдоконского месторождения представлены неравномерным чередованием песчаных и алевролитов-песчаных пород, в том числе ритмитов, а также алевролитов и аргиллитов с редкими прослоями грубообломочных пород, встреченных преимущественно в ее основании. Здесь под термином «ритмит» понимаются породы, состоящие из тонкого переслаивания различных их типов, когда мощности слоев не превышают нескольких миллиметров (Япаскурт, 2001).

Мощность ванаварской свиты составляет 76–78 м. Для пород-коллекторов этой свиты характерны резкие изменения коллекторских свойств. Пористость колеблется в широких пределах от 7 до 20 % (в среднем 13 %). Широкий разброс значений коэффициента пористости, в первую очередь, связан с седиментационными, а также постседиментационными процессами.

В связи с сильной изменчивостью фильтрационно-емкостных свойств отложений ванаварской свиты, в работе рассмотрены различные аспекты формирования природного резервуара, в том числе его состав, строение, условия формирования, а также процессы литогенеза, приведшие к формированию пород-коллекторов в его составе.

Основой данной работы послужило детальное литологическое описание кернового материала (более 300 м) скважин Ново-Юдоконского месторождения, на основании которого выполнен литофациальный анализ и анализ седиментационной цикличности. Постседиментационные процессы изучались в петрографических шлифах, общее количество которых составило более 200.

Район исследования

Район исследования располагается в зоне сочленения нескольких тектонических элементов: восточный склон Байkitской антеклизы, южное окончание Курейской синеклизы, северо-западная часть Катангской седловины (рис. 1). Объектом исследования являлись терригенные отложения ванаварской свиты непского горизонта нижнего отдела вендской системы. Отложения с резким угловым

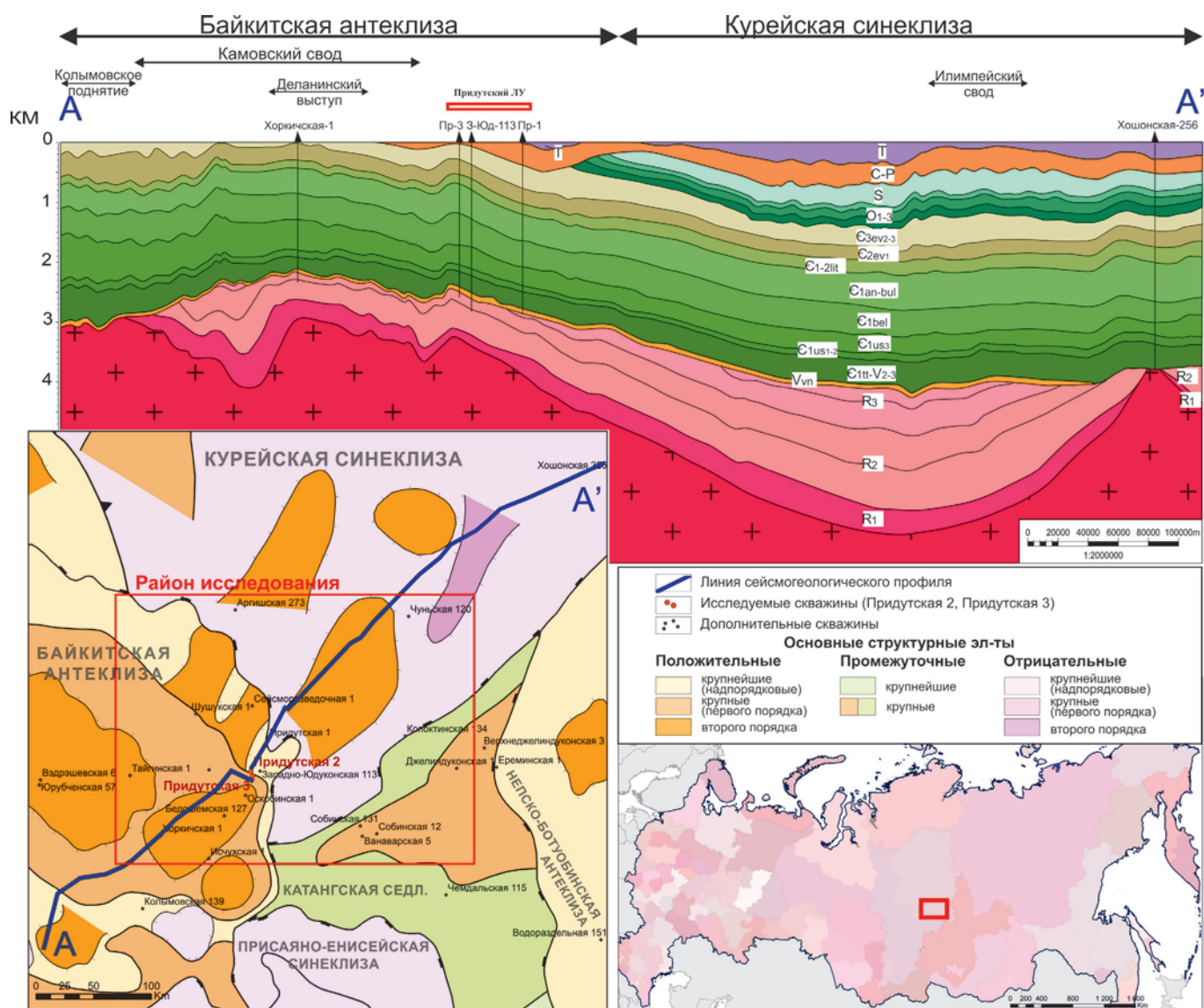


Рис. 1. Сейсмогеологический разрез с расположением района исследования на тектонической карте (по Старосельцеву, 2015; с изменениями)

несогласием залегают на породах рифейского комплекса и образованиях кристаллического фундамента. В пределах района исследования мощность ванаварской свиты варьирует от 50 до 90 м (Сивкова и др., 2018), выклиниваясь в сторону Байкитского поднятия, где в это время находилась суша. Отложения перекрываются глинисто-сульфатно-карбонатными породами тирского (оскобинская свита и аналоги) или даниловского горизонта (катангская свита и аналоги).

Методика

Для идентификации генезиса геологических тел, в связи с задачей прогноза нефтегазоносности ванаварской свиты, вскрытой скважинами в пределах Ново-Юдоконского месторождения, выполнено полевое литологическое описание керна, анализ седиментационной цикличности отложений и отбор коллекционных образцов.

Полученные в ходе литологического изучения керна данные представлены на одномерных моделях – литологических колонках скважин.

Оценка представленных на колонках результатов литологического описания керна (состав пород, текстурные и структурные особенности, цвет, включения)

и результатов анализа седиментационной цикличности ванаварской свиты, вскрытой скважинами Придутская-2 и Придутская-3, позволили авторам выявить в разрезах этих скважин три толщи, которые различаются составом и строением. Выделение в объеме каждой из толщ вертикальных рядов литофаций, соответствующих объему циклопачек, и их интерпретация с позиции генезиса отложений дает представления о латеральной зональности свиты и обстановках ее седиментации.

Условия осадконакопления ванаварской свиты в пределах изучаемого участка, помимо результатов изучения керна скважин, основывались на представлениях о палеогеографии венда Сибирской платформы (Мельников и др., 2005; Мельников, 2009; Кузнецов, 2000; Фролов и др., 2014). Седиментация отложений ванаварской свиты происходила преимущественно в пределах прибрежной равнины, в том числе приливно-отливной, а также на мелководье. Следует отметить, что в ранневанаварское время накопление отложений осуществлялось в континентальных обстановках, на склонах поднятий и у их подножий, а разгрузка временных потоков нередко происходила непосредственно в пределах приливно-отливной равнины иногда и мелководья. Приведенные в работе

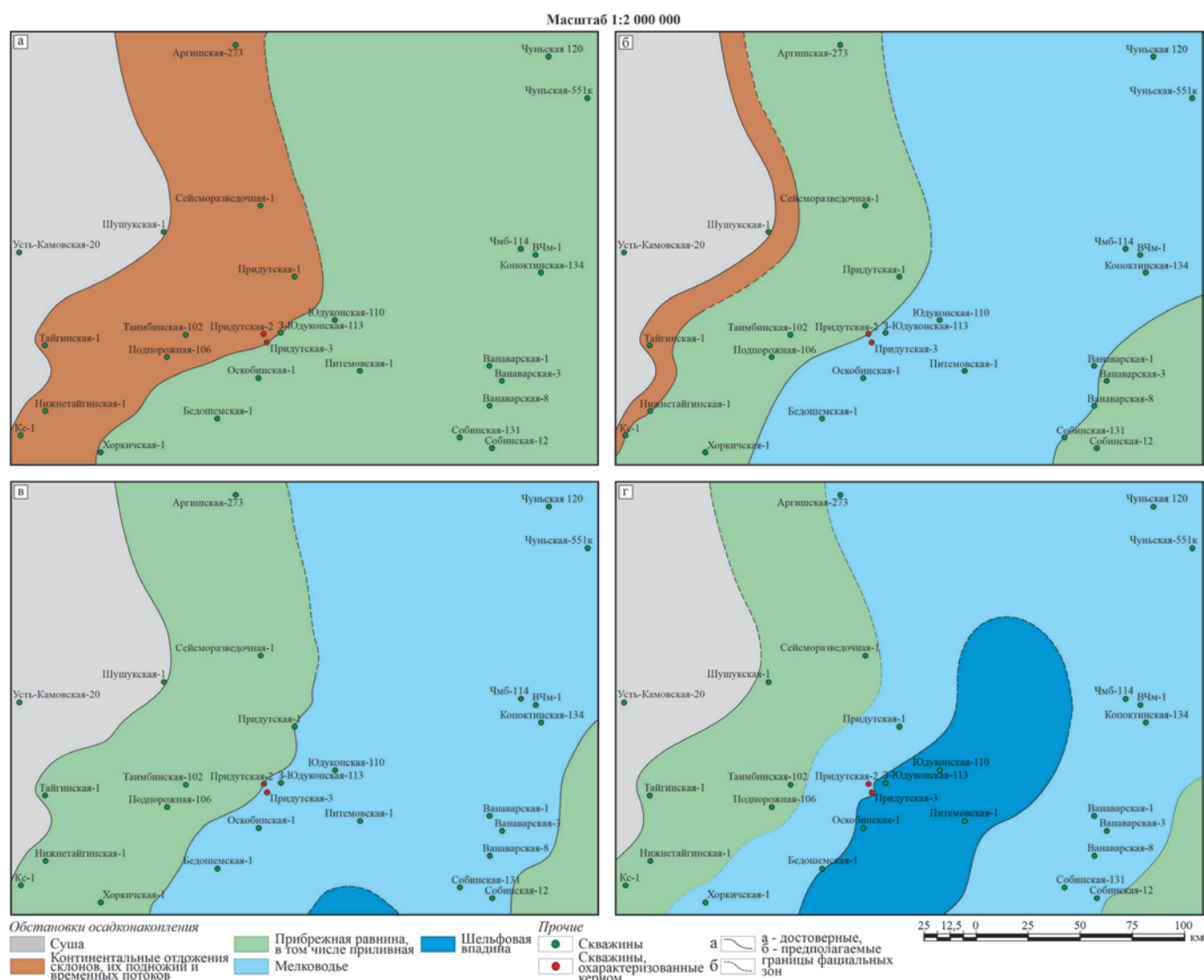


Рис. 2. Схемы обстановок седиментации: а – нижняя часть 1-ого трансгрессивного цикла седиментации; б – верхняя часть 1-ого трансгрессивного цикла седиментации; в – регрессивный цикл седиментации; г – 2-ой трансгрессивный цикл седиментации

принципиальные схемы обстановок осадконакопления ванаварской свиты непского горизонта на разные этапы ее формирования в целом отражают трансгрессивный характер седиментации, что проявляется в постепенном углублении осадочного бассейна и формировании шельфовой впадины в его пределах (рис. 2). При выделении границ фациальных зон использовались материалы из предыдущих работ авторов (Frolov et al., 2015).

Литофации и обстановки осадконакопления

Нижняя трансгрессивная толща. Основную часть изучаемой территории в начале непского времени занимала область континентальной седиментации. Ближайшие источники сноса осадочного материала располагались на севере Сибирской платформы, в ее обрамлении, а также локально во внутренних частях бассейна, в том числе и в пределах Байкитской антеклизы (Фролов и др., 2014). На территории исследования источники сноса Байкитской суши были обрамлены нерасчлененными континентальными отложениями склонов, их подножий и временных потоков.

Об обстановках континентальной седиментации, в том числе с признаками разгрузки осадков в приливно-отливной зоне, свидетельствуют генетические типы коллювиально-делювиальных и флювиальных отложений присутствующих в составе литофаций, залегающих в основании ванаварской свиты (рис. 3).

В скв. 2 нижняя часть разреза грубообломочно-песчано-глинистой литофации (рис. 4) сложена красновато-коричневыми глинисто-алевритовыми породами делювия с горизонтальной текстурой, которые формировались у подножья склонов гористо-холмистого рельефа (рис. 5а). Мощность таких прослоев достигает 1,0–2,7 м. Толщина грубообломочных пестроцветных линз, которые накапливались выше по склону, не превышает 0,05–0,1 м. Сложены линзы песчано-дресвяно-гравийным материалом, варьирующим по количественному соотношению. Заполнителем служит неравномерно распределенное глинистое вещество (30–60 %) красно-коричневого, реже зеленого цвета.

Возможно, в более позднее время накопления этой литофации, коллювий периодически разгружался в приливно-отливную зону. Это знаменуется появлением уплощенного гравия зеленых аргиллитов в дресвяно-гравийных породах (рис. 5б). Выше залегают пестроцветные алевритово-глинистые отложения делювия (2,92 м) (рис. 4).

Для описанных выше по разрезу грубообломочных отложений характерно явление ангидритизации (рис. 5в), которое свидетельствует о значительном потеплении климата во время накопления нижней (2,52 м) и средней (2,15 м) частей грубообломочно-глинисто-алевро-песчаной литофации. Накопление верхней части литофации сопряжено с более широким распространением флювиальных отложений, к тому же с признаками разгрузки в приливно-отливной и прибрежной обстановке, стабилизированной при образовании грубообломочно-алевролитово-песчаных поздних накоплений (4,35 м) рассматриваемой литофации (рис. 5г).

В скв. 3 делювиально-пролювиальные отложения также широко развиты в основании нижней толщи и

связаны с накоплением песчано-глинистой литофации. Здесь преобладают темно-коричневые глинистые породы и ритмиты, которые горизонтально расслоены красно-коричневыми глинами. Мощность таких прослоев достигает 1,29 м, а в их базальной части нередко присутствуют красноватые и пестроцветные песчаные и алевритово-глинистые породы, мощность которых составляет 0,05–0,07 м. Вышезалегающая часть разреза (0,37 м) представлена песчаниками мелко-среднезернистыми розовато-серыми косослоистыми. К поверхностям напластования косых серий (угол наклона до 30°) приурочены интракласты темно-коричневых глинистых пород песчано-гравийной размерности (рис. 5д). Все это может быть связано с разгрузкой временных флювиальных потоков в приливно-отливную зону.

Выше, как и в нижней части литофации, коллювиально-делювиальные образования (1,5 м) сложены красноватыми глинистыми породами, но здесь они неравномерно расслоены приливно-отливными песчаниками и смешанными гравийно-песчаными интракластовыми отложениями, толщина которых не превышает 0,03–0,04 м (рис. 5е).

Признаками континентального осадконакопления обладает и грубообломочно-глинисто-песчаная литофация, формирование которой связано с накоплением осадков временных потоков (рис. 3).

Описанные в этой литофации отложения представлены в ее нижней части гравийно-песчаными интракластовыми породами, которые горизонтально расслоены темно-коричневыми глинистыми разностями (1,78 м). Верхняя часть (4,42 м) состоит из косослоистых песчано-гравийных и песчаных ритмитов бежевых и коричневых, в различной степени насыщенных интракластами темно-коричневых глин, а также дресвяно-гравийными обломками материнских пород (рис. 5ж, 5з).

Приливно-отливная и мелководная седиментация широко распространились во время накопления алевритово-песчаных (скв. 2), а также песчано-алевритовой и глинисто-алевритово-песчаной литофаций (скв. 3) нижней трансгрессивной толщи (рис. 2б).

Рассмотрим строение литофаций, накапливающихся в условиях частой смены обстановок седиментации на примере строения алевритово-песчаных литофаций в разрезе скв. 2 (рис. 4).

В основании (2,14 м) описано чередование разнозернистых песчаников с включениями интракластов и текстурой приливно-отливных течений (рис. 5и). Средняя часть разреза (2,74 м) состоит из песчаников разнозернистых, ритмитов алевритово-песчаных с признаками волновой седиментации и штормовых забросов грубообломочного материала (рис. 5к). Они перекрыты алевритово-глинистыми и глинистыми осадками приливно-отливных осушек.

Пестроцветная глинисто-алевритово-песчаная литофация, выделенная в разрезе скв. 3, накапливалась в пределах приливно-отливной равнины, а также на мелководье. В нижней части (3,2 м) литофация представлена бежевыми песчаными, алевритово-песчаными ритмитами, реже алевритами, для которых характерна разнонаправленная косая слоистость. Эти ритмиты неравномерно расслоены пестроцветными

глинисто-алевролитовыми породами, а также листовыми глинами, к которым приурочены трещины усыхания. Верхняя часть литофации (1,73 м) состоит из

чередования ритмов алевролитово-песчаного состава, интенсивно сульфатизированных с линзовидно-пятнистой и разнонаправленной косой слоистостью.

Скв. Придутская 2			Скв. Придутская 3		
Толща (мощность, м)	Литофация	Обстановка седиментации и генетические типы		Литофация	Толща (мощность, м)
Верхняя трансгрессивная толща, неравномерно ангидритизированная и нефтенасыщенная (24,27 м)	АнГлП, нн АнПАГл	<i>Шельфовая впадина/Мелководье</i> Осадки сероцветные вне зоны волн/пестроцветные и серые зоны волн		АнПГл АнГлПА, нб	Верхняя трансгрессивная толща, неравномерно ангидритизированная и битумо-нефтенасыщенная (20,39 м)
	АнГрбПГЛА, нн	<i>Мелководье/Прибрежье/Приливная</i> Пестроцветные и серые осадки зоны волн/пестроцветы приливо-отливных течений и осушек	<i>Мелководье/Приливная</i> Коричневые и пестроцветные осадки зоны волн/пестроцветы приливо-отливных течений и осушек	ГлАП	
	ГлГрП, нн	<i>Мелководье/Прибрежье/Приливная</i> Пестроцветные и серые осадки зоны волн/приливных течений/осушек	<i>Мелководье/Приливная</i> Пестроцветные и серые осадки зоны волн/приливных течений/осушек	ПАГл, нн	
Средняя регрессивная толща (23,75 м)	Бр	<i>Приливная</i> Пестроцветы приливо-отливных течений и осушек. Над ними - гипергенная брекчия интракластов	<i>Приливная</i> Пестроцветы приливо-отливных течений	ГлАП	Средняя регрессивная толща неравномерно битумонасыщенная (29,11 м)
	ГлП				
	АГрП	<i>Прибрежье</i> Красно-коричневые осадки прибрежных валов	<i>Мелководье/Приливная</i> Пестроцветные и серые осадки зоны волнений/приливных течений/отмелей	ПАГл, б	
	ПАГл	<i>Приливная</i> Бежевые и коричневые осадки приливо-отливных течений и осушек	<i>Мелководье</i> Бежевые и коричневые осадки валов/пестроцветные и сероцветные зоны волн	ГлАП, б	
	АПГл		<i>Приливная</i> Пестроцветы приливо-отливных течений	ГлПА	
Нижняя трансгрессивная толща (вид. 28,65 м)	ГрбП	<i>Приливная/Прибрежье</i> Пестроцветы с интракластами глиин осушек, дресвы флювиальных разгрузок	<i>Мелководье</i> Коричневые осадки валов и зоны волнений	АП	Нижняя трансгрессивная толща (вид. 28,65 м)
	АП	<i>Мелководье/Приливная</i> Пестрые и коричневые осадки зоны волн/приливо-отливных течений/сушек		ПА ГлАП	
	АнГрбГлАП ГрбПГл	<i>Континентальная/Приливная</i> Красно- и пестроцветные осадки флювиальные, коллювия и делювия, в том числе с признаками разгрузки в приливной зоне		ГрбГлП ПГл	

Породы*

— — —	Глинистые (аргиллиты)
— ~ —	Алевролитово-глинистые
· ^ ·	Сульфатно-песчано-глинистые
· ~ ·	Песчано-алевролитово-глинистые
~ — ~	Глинисто-алевролитовые
~ ~ ~	Алевролиты
~ · ~	Песчано-алевролитовые
· ~ ·	Алевролитово-песчаные
· · · · ·	Песчаники
· · · · ·	Гравийно-песчаные и песчано-гравийные
○ ○ ○ ○ ○	Гравелиты
△ △ △ △ △	Дресвяно-гравийные и гравийно-дресвяные
△ △ △ △ △	Дресвяники, в том числе интракласты
△ △ △ △ △	Брекчии
△ ○ △ ○ △ ○	Конглобрекчии

● - признаки нефтенасыщения в пределах слоя
* - для ритмов правое ограничение знака зубчатое

Текстура**

Горизонтальная	параллельная
волнистая	линзовидная
волнисто-линзовидная	Косослоистая
параллельная	волнистая
линзовидная	двунаправленная со срезанием
Прочие виды	М массивная
пятнистая	знаки ряби
скользящая	биотурбация
зеркала скольжения	эрозийный врез
тектонические трещины	тектонические трещины
* - чередование различных текстур, а также цвета пород показано через “/”	

Минерализация

◇ сульфатизация
⊗ ожелезнение
Ⓢ доломитизация

Включения

◇ галька
⊗ гравий
Ⓢ дресва

Пирит

Ⓢ пирит
Интракласты
□ глини и алевролитов, в том числе ритмов
⊙ прочих осадочных пород

Границы

— Ровные
~ Нервные

Цвет пород**

Бел - белый, Бес - белесый, Б - бежевый, С - серый, Бур - бурый, Ж - желтый, З - зеленый, К - коричневый, Кр - красный, Р - розовый, Ч - черный, Виш - вишневый, П - пестроцветный
Оттенки: Ст - темно-серый, Ксв - светло-коричневый

Литофации

Нижняя толща

ГрбПл - грубообломочно-песчано-глинистая;
АнГрбПЛАП - ангидритизированная грубообломочно-глинисто-алевролитово-песчаная;
АП - алевролитово-песчаная;
Пл - песчано-глинистая;
ГрбПл - грубообломочно-глинисто-песчаная;
ГлАП - глинисто-алевролитово-песчаная;
ПА - песчано-алевролитовая.

Средняя толща

ГрбП - грубообломочно-песчаная;
АПл - алевролитово-песчано-глинистая;
ПАл - песчано-алевролитово-глинистая;
АГрП - алевролитово-гравийно-песчаная;
ГлП/Бр - глинисто-песчаная/брекчии интракластовые;
АП - алевролитово-песчаная;
ГлПА - глинисто-песчано-алевролитовая;
ГлАП - глинисто-алевролитово-песчаная;
ПАл - песчано-алевролитово-глинистая.

Верхняя толща:

ГлГрП, нн - глинисто-гравийно-песчаная, неравномерно нефтенасыщенная;
АнГрбПЛА, нн - ангидритизированная грубообломочно-песчано-глинисто-алевролитовая, нефтенасыщенная;
АнГлП, нн - ангидритизированная, глинисто-песчаная нефтенасыщенная;
АнПАГл - ангидритизированная песчано-алевролитово-глинистая;
ПАл - песчано-алевролитово-глинистая;
ГлАП - глинисто-алевролитово-песчаная;
АнГлПА, нб - ангидритизированная глинисто-песчано-алевролитовая, неравномерно нефтенасыщенная;
АнПл - ангидритизированная песчано-глинистая.

Обстановки седиментации

Континентальные отложения склонов, их подножий и временных потоков	Приливные	Мелководье
Надприливные	Прибрежье	Шельфовая впадина

Рис. 3. Ряды литофаций и обстановки седиментации ванаварской свиты

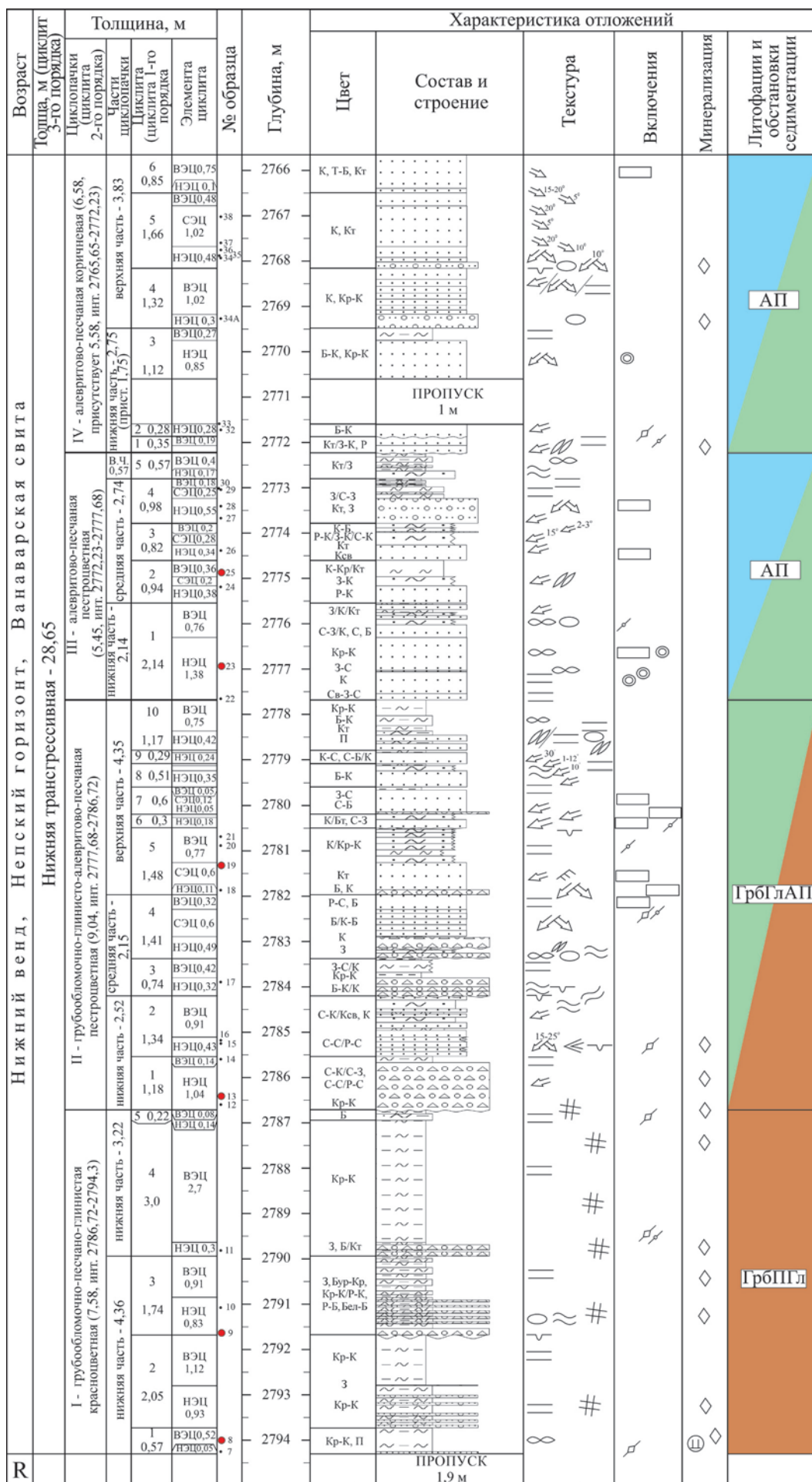


Рис. 4. Литологический разрез нижней трансгрессивной толщи скв. Придутская-2. Условные обозначения рис. 3.

Рис. 5. Генетические типы пород нижней толщи: а – глинисто-алевритовые красно-коричневые породы делювия с включениями песчаных и гравийных зеленоватых зерен, скв. 2, обр. 8, инт. 2783,8–2796,2 м (10,22 м от нк); б – дресвяно-песчано-гравийные пестроцветные породы коллювия с преобладанием зеленых оттенков в составе основной массы, скв. 2, обр. 9, инт. 2783,8–2796 м, (7,85 м от нк); в – дресвяно-гравийные породы и песчаники флювиального генезиса с косослоистой текстурой, замещенные светло-розовым и зеленовато-серым ангидритом, скв. 2, обр. 13, инт. 2783,8–2796,2 м (2,62 от нк); г – песчаники разноразмерные ангидритизированные, с косой слоистостью (рябь течения), которая подчеркнута включениями дресвы песчано-алевритовых пород, в том числе, интракластов зеленых аргиллитов и темно-коричневых глинисто-алевритовых разностей, скв. 2, обр. 19, инт. 2771,6–2783,8 м (9,74 от нк); д – песчаники временных флювиальных потоков средне-мелкозернистые с интракластами и пологой косой слоистостью, скв. 3, обр. 5, инт. 2596,0–2603,1 м (1,68 м от нк); е – гравийно-песчано-глинистые коллювиально-делювиальные породы, скв. 3, обр. 7, инт. 2596,0–2603,1 м (0,5 м от нк); ж – чередование ритмитов песчаного и гравийно-песчаного состава, скв. 3, обр. 9, инт. 2583,1–2596,0 м (10,24 м от нк); з – ритмит песчаников средне-мелкозернистых, скв. 3, обр. 12, инт. 2583,1–2596,0 м (9,08 м от нк); и – песчаники приливо-отливных течений, разноразмерные коричневато-бежевые, содержащие разноориентированные линзы глинистых интракластов зеленовато-серых и ржаво-желтых, скв. 2, обр. 23, инт. 2771,6–2783,8 м (5,35 м от нк); к – ритмиты алевритово-песчаные мелководно-морские с косой и косолинзовидной слоистостью, скв. 2, обр. 25, инт. 2771,6–2783,8 м (2,08 м от нк); л – песчаник мелкозернистый с разнонаправленной косой слоистостью, скв. 3, обр. 19, инт. 2583,1–2596,0 м (1,88 м от нк).



Залегающая выше песчано-алевритовая литофация (рис. 2), накопление которой происходило как в пределах приливо-отливных равнин, так и на мелководье, представлена песчаниками средне-мелкозернистыми с разнонаправленной косой слоистостью (рис. 5л), а также ритмитами песчаными и песчано-алевролитовыми с маломощными прослоями алевролитово-глинистых пород и глин.

Рассмотренные ряды литофаций имеют много общего, что отражено в их составе и строении. Отличительной чертой является относительно повышенное содержание грубообломочных пород и песчаников в разрезе скв. 2.

Средняя регрессивная толща формировалась в условиях относительного понижения уровня моря по сравнению с предшествующим циклом седиментации. Возможно, в конце времени формирования средней толщи граница приливо-отливной зоны и мелководья находилась восточнее изучаемых скважин (рис. 2в).

Вертикальный ряд литофаций в разрезе скв. 2 отличается присутствием грубообломочных разностей, которые не наблюдались в отложениях скв. 3 (рис. 6). Это связано с тем, что накопление отложений в районе скв. 2 происходило преимущественно в зоне приливо-отливной и прибрежной седиментации. В разрезе же скв. 3 преобладают мелководные литофации, которые чередуются с приливо-отливными.

Признаки приливо-отливной седиментации отражены в генетических типах отложений грубообломочно-песчаной литофации скв. 2. В ее нижней части (3,89 м) наблюдается цикличное чередование грубообломочных и песчаных отложений, возможных флювиальных разгрузок в приливо-отливной зоне. Песчано-гравийные и дресвяно-гравийные породы нередко насыщены интракластами зеленых глин зон осушек. Верхняя часть литофации (3,9 м) представлена существенно песчаными отложениями прибрежной зоны (рис. 7а).

Вверх по разрезу состав накапливавшихся в условиях приливо-отливной седиментации литофаций меняется, здесь описаны алевролитово-песчано-глинистая и песчано-алевролитово-глинистая литофации. Псаммитовый и грубообломочный материал приурочен преимущественно к базальным частям литофаций, встречаются неравномерно ангидритизированные разности пород. В составе этих литофаций преобладают коричневые и бежевые алевролитово-глинистые и песчано-алевролитовые породы и их ритмиты с линзовидными и волнистыми текстурами, нередко нарушенными процессами взмучивания (рис. 7б, 7в).

В кровле средней толщи выделяется прослой конглобрекции (0,1 м), перекрывающий глинисто-песчаные отложения приливо-отливной равнины, который сложен обломками подстилающих пород и, вероятно, накапливался в условиях субаэральной экспозиции.

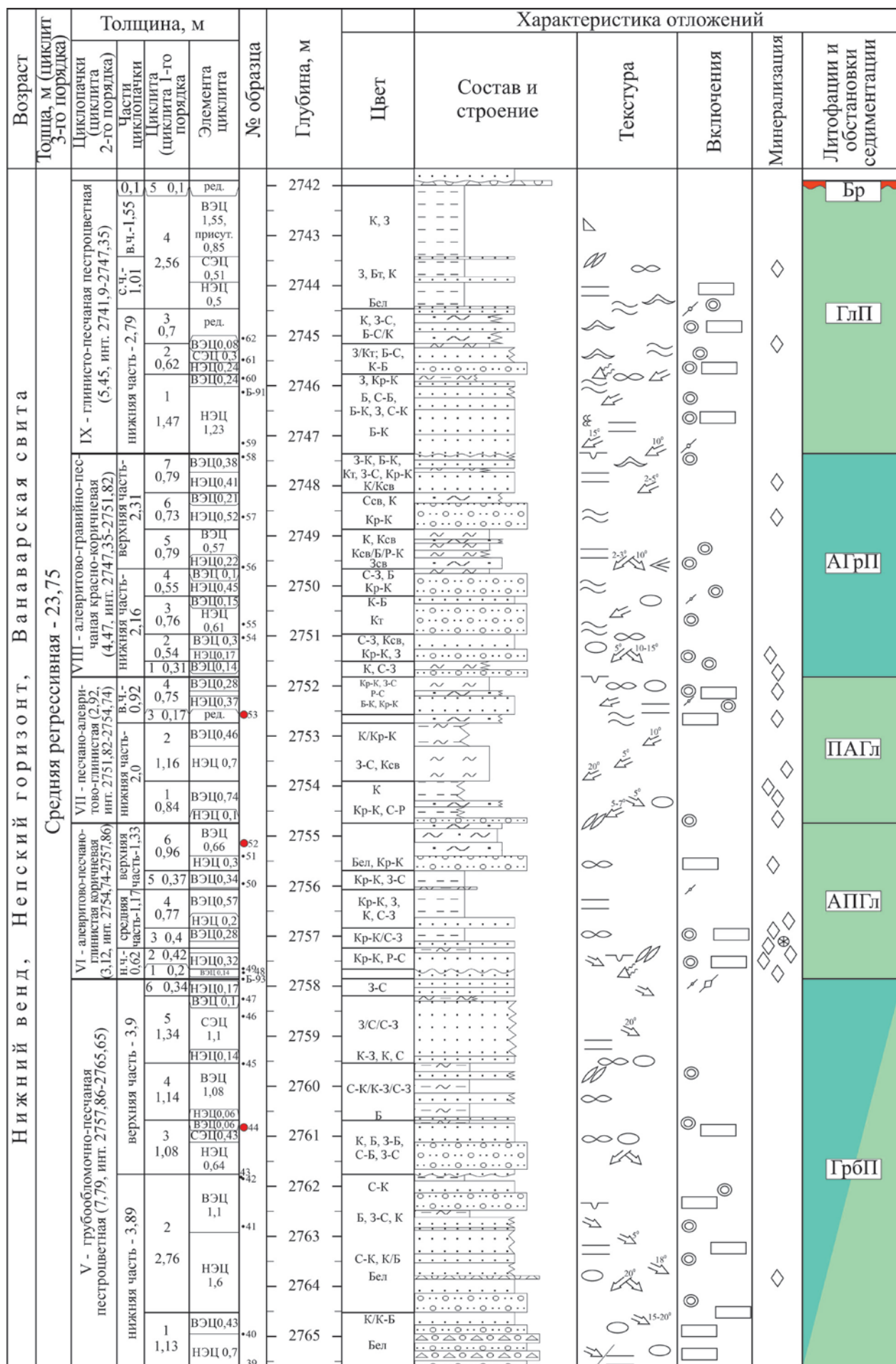
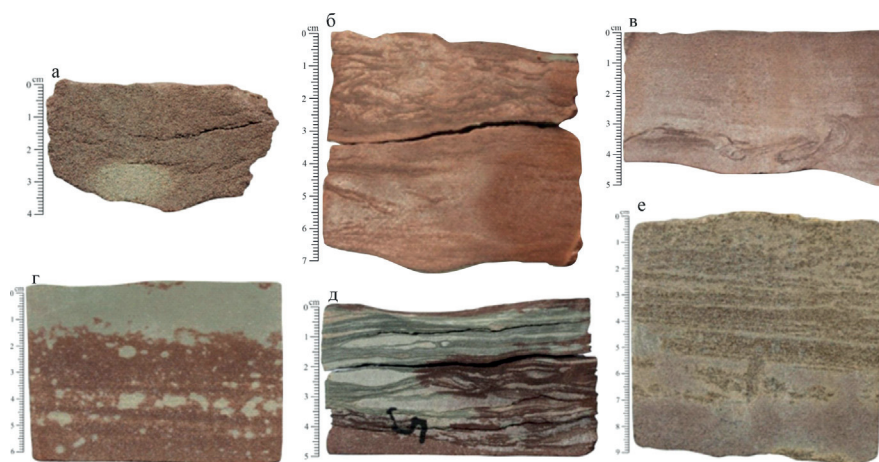


Рис. 6. Литологический разрез средней регрессивной толщи скв. Придутская-2. Условные обозначения рис. 3.

Рис. 7. Генетические типы пород средней толщи: а – прибрежные песчаники разнo-зернистые гравелистые, косоволнистые, с включениями зеленых песчаных интракlastов, скв. 2, обр. 44, инт. 2759,5–2771,6 м (1,32 м от нк); б – песчано-алевролитовые породы приливо-отливной равнины коричне-вые, пятнисто-косолинзовидные, содержат уплотненные интракласты коричневых глин, скв. 2, обр. 52, интервал 2747,3–2759,5 м (7,85 м от нк); в – ритмично-алевролитово-песчаный с волнистой горизонтальной текстурой, нарушенной взмучиванием, скв. 2, обр. 53, интервал 2747,3–2759,5 м (5,27 м от нк); г – пестроцветные ритмики песчаников приливо-отливной равнины с прослоями, насыщенными интракластами зеленых алевролитов, скв. 3, обр. 35, инт. 2542,3–2556,2 м (7,73 м от нк); д – пестроцветные ритмики алевролитовые приливо-отливной равнины с линзовидной текстурой, скв. 3, обр. 37, инт. 2542,3–2556,2 м (4,99 м от нк); е – ритмично-песчаный средне-мелкозернистый с горизонтальной текстурой мелководно-морского генезиса, скв. 3, обр. 30, интервал 2556,2–2570,0 м (3,38 м от нк).



Приливная седиментация глинисто-песчано-алевролитовой и глинисто-алевролитово-песчаной литофаций в разрезе скв. 3 установлена на основании выделения соответствующих генетических типов пестроцветных отложений приливо-отливных течений. Они представлены ритмитами песчаными, алевролитово-песчаными, содержащими нередко многочисленные интракласты зеленых алевритовых и глинистых пород (рис. 7г), с косослоистой, косо-линзовидной и волнисто-линзовидной текстурой (рис. 7д).

Обстановки *прибрежной седиментации* приурочены верхней части грубообломочно-песчаной и к алевритово-грубообломочно-песчаной литофациям (скв. 2) и связаны с накоплением красно-коричневых осадков прибрежных валов. Песчано-гравийные породы здесь неравномерно расслоены песчаниками и алевролитами. Для пород характерно чередование горизонтально-волнистых текстур со сложными косыми двунаправленными, сходящимися сериями под углом наклона 5–10°.

Мелководная седиментация начала времени накопления средней толщи охарактеризована алевритово-песчаной литофацией (скв. 3), связанной с формированием песчаных валов в ее пределах. Здесь в основании залегает интракlastовый конгломератовый слой (0,05 м), состоящий из уплотненных полуокатанных обломков темно-коричневых и зеленых глин. Выше залегающие песчаники и ритмиты обладают косой, иногда сложной косой слоистостью.

Мелководный режим осадконакопления преобладал во время накопления глинисто-алевритово-песчаной литофации. Ее нижняя часть (2,05 м) сложена песчаниками среднезернистыми коричнево-бежевыми с подчиненными прослоями серо-бежевых песчаных и алевролитовых ритмитов с горизонтально-линзовидной и косо-линзовидной текстурами. (рис. 7е). В кровле залегают пестроцветные алевролитово-песчаные ритмиты с волнисто-горизонтальной полосчатой текстурой, неравномерно сульфатизированные. Следует отметить, что песчаные и алевролитово-песчаные породы обладают кварцевым составом и неравномерным битумонасыщением.

Верхняя часть циклопачки (1,57 м) сложена чередованием пестроцветных ритмитов песчано-алевролитового и глинисто-алевролитового состава.

Верхняя трансгрессивная толща. Территория изучения в конце непского времени представляла морфологически симметричный морской бассейн субмеридиально ориентированный. На северо-западе его обрамляла Байкитская суша, в центральной части выделялась шельфовая впадина (рис. 2г). Заключительной стадии ванаварской седиментации предшествовали постепенно усиливавшиеся во времени трансгрессивные циклы, наиболее выраженные в строении более мелководных отложений.

Верхняя трансгрессивная толща в нижней части разреза скв. 2 представлена двумя неравномерно нефтенасыщенными литофациями – глинисто-гравийно-песчаной и грубообломочно-песчано-глинисто-алевритовая ангидритизированной, которые отличаются относительной мелководностью. В разрезе скв. 3 нижняя часть толщи представлена песчано-алевритово-глинистой и глинисто-алевритово-песчаной литофациями, соответственно. Разрез скв. 2 отличается относительной мелководностью.

Последовательная смена обстановок седиментации приливо-отливной, прибрежной и мелководной (скв. 2) отражена в строении глинисто-гравийно-песчаной и ангидритизированной грубообломочно-песчано-глинисто-алевритовой литофаций (рис. 8).

Здесь нижняя часть (4,01 м) глинисто-гравийно-песчаной литофации представлена в основании горизонтально-слоистыми породами песчаного и алевролитово-песчаного состава. Над ними по эрозионному врезу залегают нефтенасыщенные гравийно-песчаные косослоистые отложения прибрежья. Они состоят из чередования через 1,0–1,5 см гравелитов бежевых, песчаников светло-бежевых и песчано-гравийных разностей зеленовато-серых. Выше залегают глинисто-алевритовые породы и ритмиты с переменным содержанием алевритовой и глинистой составляющих. Верхняя часть литофации (2,53 м) представлена мелководными алевритово-песчаными породами и глинисто-алевролитовыми ритмитами.

В основании грубообломочно-песчано-глинисто-алевритовой литофации залегает конгломератово-гравийный ангидритизированный, нефтенасыщенный слой (0,19 м) прибрежной зоны (рис. 9а).

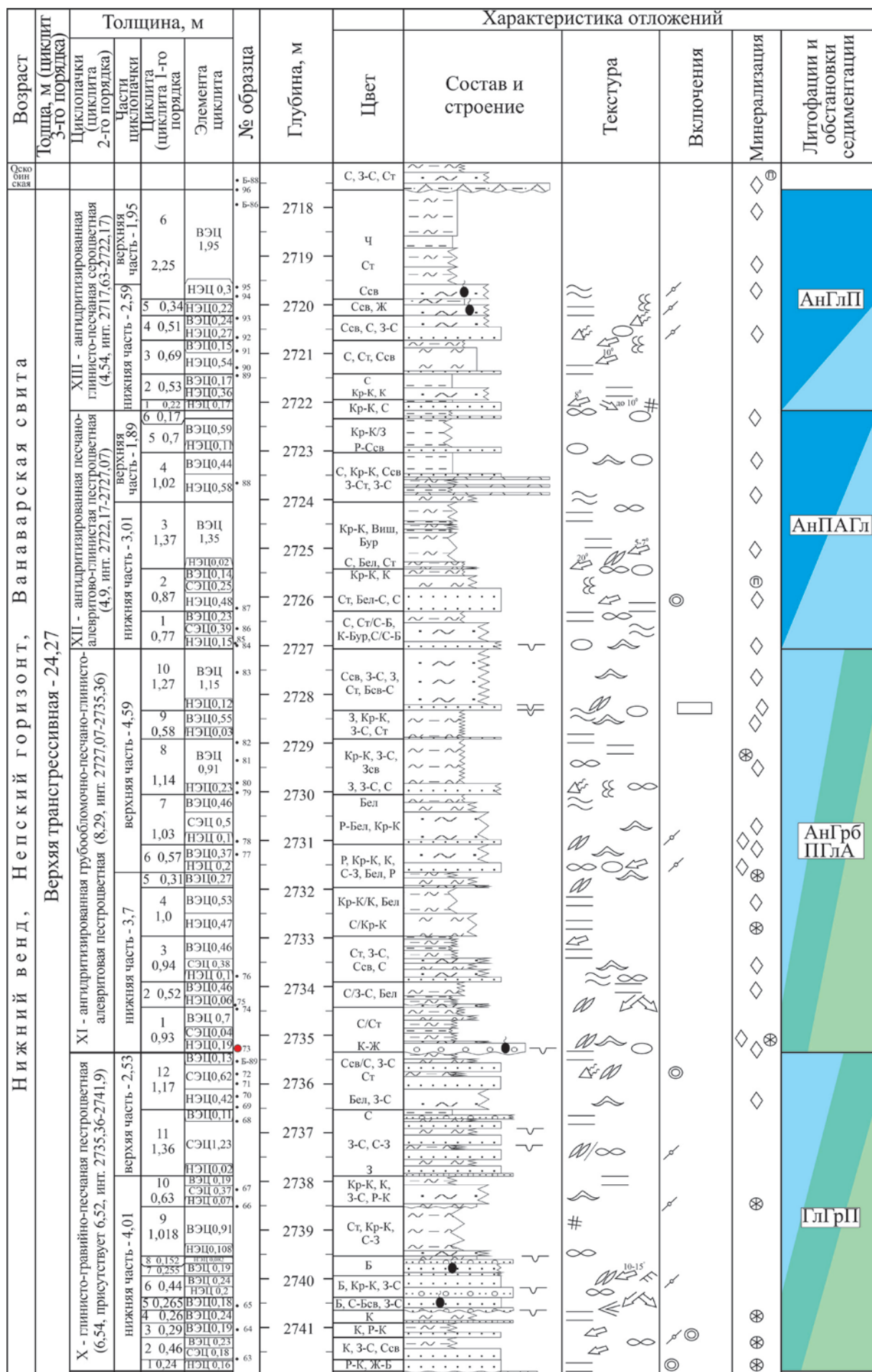
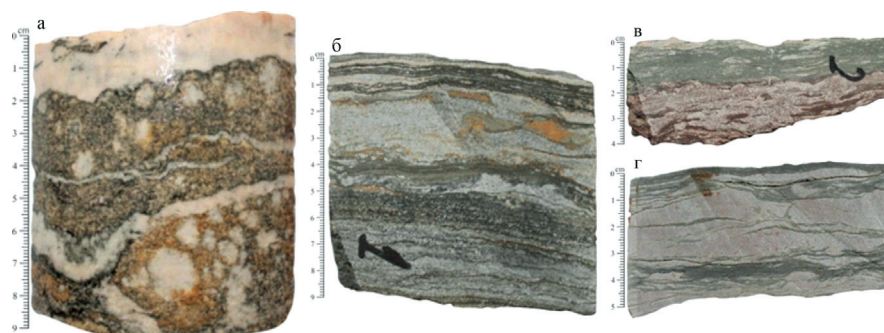


Рис. 8. Литологический разрез верхней трансгрессивной толщи скв. Придутская-2. Условные обозначения рис. 3.

Рис. 9. Генетические типы пород верхней толщи: а – гравелиты серые, пятнами и линзами бежевые, с включениями гальки кварца прибрежного генезиса, скв. 2, обр. 73, инт. 2723,9–2735,7 м, (0,43 м от нк); б – чередование ритмиков алевролитового и глинисто-алевролитового состава, скв. 3, обр. 39, инт. 2542,3–2556,2 м (0,95 м от нк); в – пестроцветные ритмики песчаников приливно-отливной равнины с прослоями, насыщенными интракластами зеленых алевролитов, скв. 3, обр. 35, инт. 2542,3–2556,2 м (7,73 м от нк), г – пестроцветные ритмики алевролитовые приливно-отливной равнины с линзовидной текстурой, скв. 3, обр. 37, инт. 2542,3–2556,2 м (4,99 м от нк).



Выше по эрозионному врезу – гравелиты серые, пятнами и линзами бежевые вследствие неравномерного нефтенасыщения. Они опесчанены, содержат включения гальки кварца, переменное количество глинисто-алевролитового заполнителя, а также тонкие изогнутые линзы белого ангидрита, который заполняет и межзерновые пустоты диаметром от 0,1 до 1,5 см.

Прослои ангидрита толщиной до 1–3 см маркируют подошву и кровлю гравелитов. Слой экранируется выше-залегающими отложениями, среди которых больше 70 % представлены глинистыми породами.

Верхняя часть литофации (4,59 м) по соотношению породообразующих компонентов имеет песчано-глинисто-алевролитовый состав.

Приливная и мелководная седиментация подтверждена генетическими типам отложений песчано-алевролитово-глинистой и глинисто-алевролитово-песчаной литофаций в разрезе скв. 3.

Песчано-алевролитово-глинистая литофация в нижней части состоит из бежевых мелко-среднезернистых песчаников мелководного генезиса, которые неравномерно битумонасыщены. Средняя часть разреза сложена пестроцветными ритмитами песчано-алевролитового и алевролитово-глинистого состава, для которых характерны волнистые и линзовидные текстуры, в верхней части нарушенные биотурбированием (рис. 9б).

Верхняя часть сложена мелкоциклическим чередованием пестроцветных ритмитов песчано-алевролитового и алевролитово-глинистого состава, накопление которых происходило в условиях приливно-отливной равнины.

Заключительный трансгрессивный цикл ванаварской седиментации связан с *последовательной сменой обстановок седиментации от мелководной до шельфовой* и обозначен снизу-вверх в разрезе скв. 2 ангидритизированными песчано-алевролитово-глинистой и глинисто-песчаной литофациями, первая из которых неравномерно нефтенасыщенная. В разрезе скв. 3 этим уровням осадконакопления соответствуют ангидритизированные глинисто-песчано-алевролитовая, неравномерно нефте-битумонасыщенная и песчано-глинистая литофации.

В скв. 2 нижняя часть песчано-алевролитово-глинистой литофации представляет собой циклическую последовательность, в основании которой залегают песчаные и алевролитовые породы мелководья. Выше они сменяются существенно глинистыми отложениями шельфовой зоны.

Нижняя часть глинисто-песчаной литофации сложена в основном песчаниками мелководными и ритмитами

алевролитово-песчаными, которые вблизи кровли неравномерно нефтенасыщены. Выше нефтенасыщенных отложений находится верхняя алевролитово-глинистая часть циклопачки, представленная алевролитово-глинистыми ритмитами с ангидритизированными белыми алевролитовыми прослоями и пропластками, которые расслоены черными глинистыми породами шельфа.

В разрезе скв. 3 глинисто-песчано-алевролитовая литофация отличается неравномерным нефте-битумонасыщением песчаников базальной части литофации (0,54 м). Верхняя часть разреза представлена неравномерным линзовидным чередованием неравномерно сульфатных ритмитов песчаного, алевролитово-песчаного и алевролитово-глинистого состава (рис. 9в, г).

Отложения ванаварской свиты перекрыты терригенно-карбонатно-сульфатными отложениями оскобинской свиты верхнего венда.

Таким образом, изменения относительного уровня моря в ванаварское время привели к формированию трех толщ трансгрессивного и регрессивного строения. Анализ цикличности, состава, текстурно-структурных особенностей пород позволил выделить вертикальные и латеральные ряды литофаций, а также многочисленные фациальные замещения по профилю рассмотренных скважин.

Пустотное пространство и формирование коллекторских свойств

Формирование коллекторских свойств осадочных пород представляет собой сложный процесс, который протекает на всех стадиях литогенеза. Изначально коллекторские свойства породы определяются на первых стадиях составом исходного материала, а также условиями формирования отложений (способ, длительность и протяженность переноса обломочного материала, тип бассейна осадконакопления и его гидродинамика, его тектоническое положение и климат, физико-химическая характеристика среды осаждения и преобразования осадка, различные вторичные процессы в катагенезе). Сформированный в результате состав пород, а также их структурно-текстурные особенности и будут определять характер и качество коллекторов. При этом у терригенных пород структура порового пространства формируется практически в течение всех стадий литогенеза (Бурлин, 1976). После завершения седиментации пористость образовавшегося осадка можно назвать гипергенно-седиментационной, при этом все последующие процессы диа-, катагенеза будут способствовать ее уменьшению,

и лишь некоторые — ее сохранению и даже увеличению. Наиболее существенно влияют на коллекторские свойства терригенных пород следующие процессы литогенеза: уплотнение, цементация, растворение и разложение минералов, аутигенное минералообразование, в том числе регенерация и др.

С другой стороны, процессы аутигенного минералообразования нередко связаны и с влиянием залежи УВ. Эти вопросы тесно связаны с вторичными изменениями пород-коллекторов на современных и древних водонефтяных контактах. Этим проблемам посвящены работы ряда исследователей (Сахибгареев, 1989), где затронуты вопросы разуплотнения коллекторов в залежах УВ за счет разрушения минеральной составляющей терригенных пород под действием агрессивных продуктов гипергенного изменения нефти и эпигенетических битуминозных веществ.

При этом за пределами активной зоны растворения кварцевых зерен на уровнях стабилизации ВНК при затрудненности водообмена с законтурной областью происходит осаждение аутигенного кварца. Основным же показателем присутствия уровней стабилизации древних ВНК в пределах залежей является наличие в углеводородосодержащих средах битумного вещества, генетически связанного с окислением нефтей. Обычно битумное вещество присутствует в виде пленок вокруг стенок пустот, а иногда почти полностью занимает тонкие поры. При этом присутствие УВ тормозит электролитические процессы, замедляет во много раз вторичные изменения пород и, таким образом, консервирует поровое пространство коллектора.

В противовес явлениям цементации пород на ВНК описаны противоположные процессы растворения сульфатного и карбонатного цемента при участии сульфат-редуцирующих бактерий в зонах становления древних ВНК.

Таким образом, пустотное пространство терригенных

пород-коллекторов будет определяться процессами седименто- и эпигенеза, а также процессами формирования и переформирования залежей УВ (Ступакова, Хведчук, 2019). Все это в полной мере относится к отложениям ванаварской свиты нижнего венда, которые были изучены по керну скважин Ново-Юдоконского месторождения.

В разрезе скв. 3 выделены несколько толщ как трансгрессивного, так и регрессивного строения. В основании разреза (нижняя часть нижней трансгрессивной толщи) встречаются песчаники мелко-среднезернистые, как полимиктового (в основании), так и мезо-олигомиктового состава. Полимиктовые разности обладают обычно плохой сортировкой и слабой окатанностью обломочного материала (рис. 10а, б).

Количество первичного глинисто-железистого порово-пленочного цемента не превышает 3–4 %. Процессы аутигенного минералообразования привели к формированию аутигенного цемента (15–20 %), связанного как с регенерацией зерен кварца (крайне неравномерно 0–10 %), так и с формированием более поздних неравномерных доломитового (до 5 %) и сульфатного (до 10 %) цементов порового типа. Пористость таких пород-коллекторов не превышает 5,0–6,5 %.

Здесь преобладают немногочисленные вторичные поры, которые обусловлены процессами выщелачивания зерен полевых шпатов и имеют диаметр 0,2–0,25 мм. Отмечаются также процессы коррозии и разрушения трещиноватых зерен кварца с формированием мелких внутризерновых пор диаметром 0,05–0,08 мм (рис. 10в).

Различные по структуре песчаники мезо-олигомиктового состава обладают преимущественно средней сортировкой обломочного материала, содержат переменное (до 10–20 %) количество цемента. Количество порово-пленочного глинисто-железистого цемента (наиболее раннего по времени формирования) редко превышает 3–5 %.

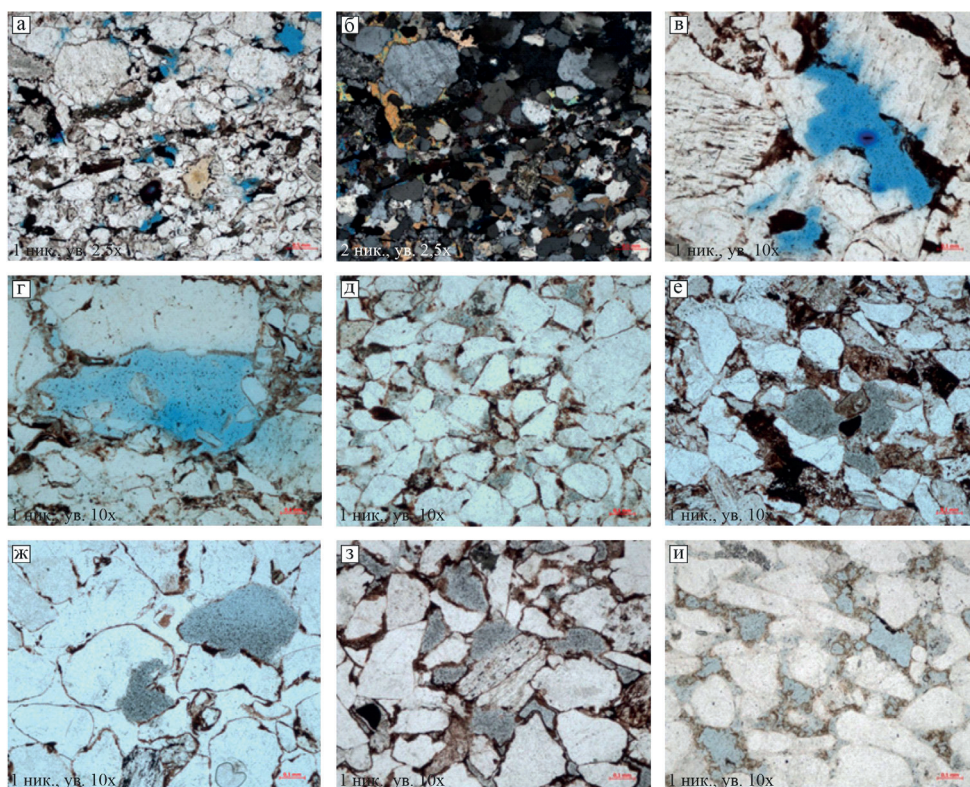


Рис. 10. Фотографии петрографических шлифов: а, б — песчаник полимиктовый с плохой сортировкой, обр. 5, инт. 2596,0–2603,1 м (1,68 м от нк); в — вторичные поры, сформированные за счет разрушения полевых шпатов, обр. 5, инт. 2596,0–2603,1 м (1,68 м от нк); г, д — открытые межзерновые и вторичные поры в песчанике, г — обр. 292-лаб, инт. 2583,1–2596,0 м (10,11 м от нк), д — обр. 12, инт. 2583,1–2596,0 м (9,08 м от нк); е, ж — открытые вторичные поры в песчанике, связанные с выщелачиванием и коррозией обломочных зерен, е — обр. 274-лаб, инт. 2583,1–2596,0 м (1,17 м от нк); ж — обр. 265-лаб, инт. 2570–2583,1 м (10,35 м от нк); з — вторичные поры в песчанике, обр. 208-лаб, инт. 2556,2–2570,0 м (13,41 м от нк); и — пленочно-поровый битумный цемент и реликтовые первичные межзерновые поры в песчанике, обр. 190-лаб, инт. 2556,2–2570,0 м (4,63 м от нк).

Количество аутигенного цемента переменное и обычно связано с неравномерным регенерационным кварцевым, а также сульфатным цементом, количество которого достигает 10–15 %, а значения пористости составляют 6,0–11,5 %. Здесь встречаются редкие угловатые межзерновые поры диаметром менее 0,05 мм, но основная пористость пород связана с вторичными межзерновыми порами диаметром 0,35–0,4 мм, а также более мелкими (диаметром до 0,1 мм) вторичными внутриззерновыми порами (рис. 10г, 10д). Значительная часть пустот сформирована за счет процессов разрушения, выщелачивания ряда обломочных зерен, преимущественно полевых шпатов.

Выше по разрезу (верхняя часть нижней трансгрессивной толщи) залегают различные по структуре песчаные, реже алевролитово-песчаные породы, которые имеют полимиктовый состав, преимущественно среднюю сортировку обломочного материала. Песчаники содержат переменное, обычно до 10 %, количество пленочно-порового цемента. Преобладают аутигенные цементы: регенерации кварцевых зерен (0–5 %), а также поровый тип цемента, представленный доломитом и ангидритом. Значения пористости варьируют от 8–10 % до 15 %. Диаметр пор от 0,15 до 0,3 мм. Поры вторичные, связаны с выщелачиванием, растворением, коррозией ряда обломочных зерен (рис. 10е, 10ж). Нередко форма пор повторяет контуры реликтов обломочных зерен.

Далее, в нижней части средней регрессивной толщи, описаны песчаники средне-, мелкозернистые и

крупно-среднезернистые, которые имеют полимиктовый состав, плохую и среднюю сортировку, различную окатанность обломочного материала. Содержание цемента в песчаниках не превышает 7–10 %. Значения коэффициента пористости здесь варьируют от 10 до 21 %.

Кроме того, особенностью формирования пустотного пространства песчаников этой части разреза является широкое развитие процессов выщелачивания сульфатного цемента в породах, где формируются поры неправильной, часто прихотливой формы (рис. 10з).

Резкая смена состава обломочных пород приурочена к средней части регрессивной толщи. Крупно-средне- и мелко-среднезернистые песчаники здесь имеют мономинеральный кварцевый состав, обладают средней и хорошей сортировкой обломочного материала с преобладанием полуокатанных и окатанных зерен. Песчаники характеризуются признаками бывшего *нефтенасыщения* и неравномерно *битумонасыщены* (рис. 10и).

Значения пористости варьируют от 7,5 до 13 %. Здесь отмечается несколько уровней стабилизации древних ВНК, которые выражаются в процессах растворения (разуплотнения) и цементации, что приводит к неравномерному зональному распределению значений открытой пористости в породах. Зоны цементации связаны с процессами возникновения участков развития аутигенного кварцевого цемента (более 15 %), вплоть до участков полного окварцевания песчаников, где отсутствует эффективная пористость (рис. 11а, рис. 11б).

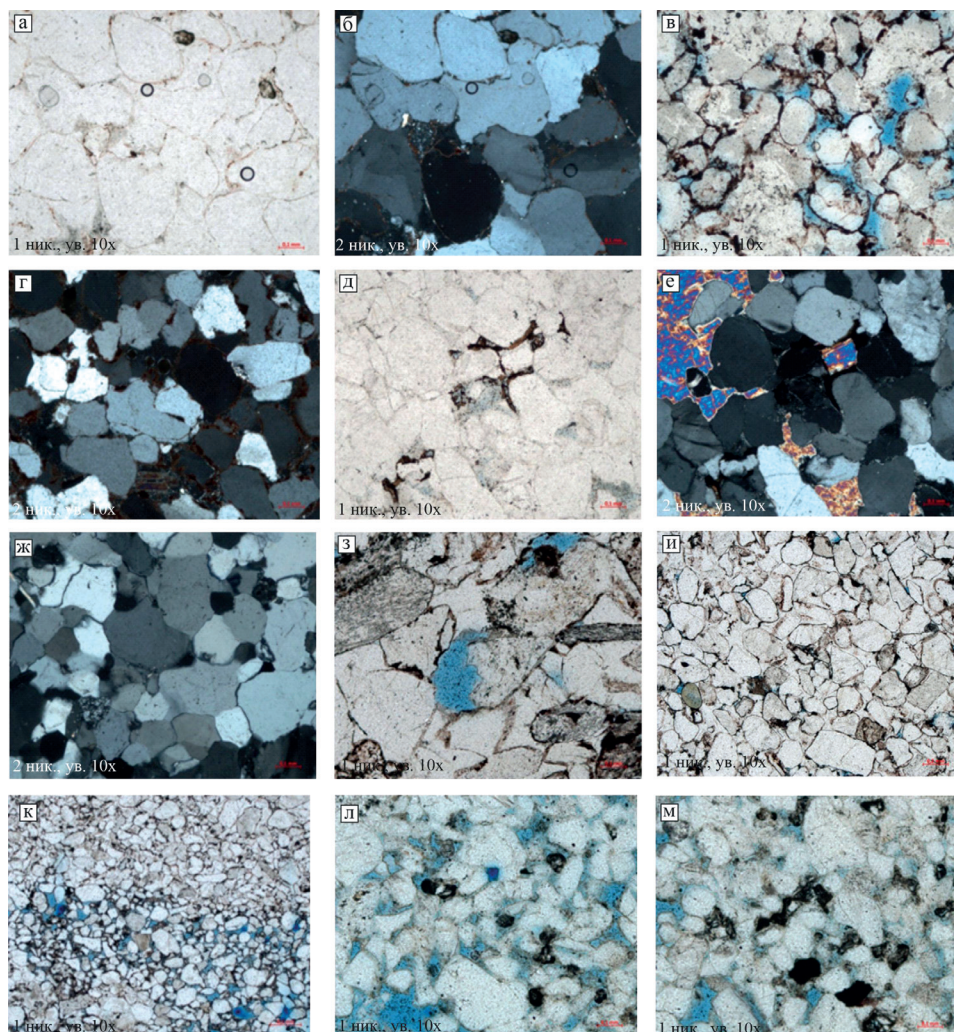


Рис. 11. Фотографии петрографических шлифов: а, б – регенерация зерен кварца, обр. 197-лаб, инт. 2556,2–2570,0 м (9,67 м от нк); в – вторичные и первичные поры зоны разуплотнения, обр. 37-Б, инт. 2542,3–2556,2 м (13,87 м от нк); г – контрастные процессы регенерации, коррозии зерен кварца, обр. 162-лаб, инт. 2542,3–2556,2 м (13,41 м от нк); д, е – участки развития порово-пленочного битумного (д) и аутигенного сульфатного (е) цемента, обр. 130-лаб, инт. 2542,3–2556,2 м (2,98 м от нк); ж – аутигенный кварцевый цемент в песчанике, обр. 50-Б, инт. 2529,0–2542,3 м (0,2 м от нк); з – выщелачивание зерен полевых шпатов, обр. 32, инт. 2771,6–2783,8 м (0,14 м от нк); и – алевролит крупнозернистый с регенерационным кварцевым цементом, обр. 53, инт. 2747,3–2759,5 м (5,27 м от нк); к – распределение проницаемых и слабопроницаемых прослоев в песчаном ритмите, обр. 54, инт. 2747,3–2759,5 м (3,73 м от нк); л – остаточное битуминозное вещество в поровом пространстве породы, обр. 65, инт. 2735,7–2747,3 м (4,86 м от нк); м – формирование пирита в пустотном пространстве породы, обр. 65, инт. 2735,7–2747,3 м (4,86 м от нк).

Зоны разуплотнения и стабилизации древних ВНК связаны с участками развития пленочно-порового, пленочного битумного цемента в песчаных породах (рис. 11в). В пределах таких зон также отмечаются процессы коррозии растворения зерен кварца, отсутствие или незначительное присутствие сульфатов в поровом пространстве пород, присутствие аутигенного доломита в подошвенных частях таких зон (рис. 11г). Консервирующее влияние УВ привело к сохранению реликтовых первичных межзерновых пор в породах-коллекторах.

В пределах верхней части регрессивной толщи также отмечаются контрастные процессы цементации, битумонасыщения, коррозии, регенерации зерен кварца, формирования и растворения, выщелачивания ангидритового цемента из порового пространства пород. В пределах этой части разреза выделяется несколько уровней стабилизации древних ВНК.

Менее контрастно эти процессы прослеживаются выше (верхняя трансгрессивная толща). Кварцевые песчаники и ритмиты этой зоны обладают средней, хорошей сортировкой и хорошей окатанностью обломочного материала, содержат небольшое (1–3 %) количество седиментационного глинистого цемента, а также переменное количество аутигенного битумного, кварцевого, доломитового, сульфатного и пиритового цемента.

Битумонасыщенные песчаники и ритмиты описаны в нижней части толщи и отражают очередной этап стабилизации древнего ВНК. Количество битумного цемента здесь составляет 4–5 %, значения пористости составляют 9–10 % (рис. 11д, е).

Выше крайне неравномерно распределены зоны цементации, связанные с процессами регенерации зерен кварца, формирования аутигенных доломитового и сульфатного порового цемента, наличие которых ухудшает фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов или превращают породу в непроницаемый пропласток, создавая тем самым литологический флюидоупор.

Значения пористости здесь составляют 4,0–6,5 %, а породы-коллекторы приурочены к участкам распространения вторичной пористости, которая тесно связана с процессами выщелачивания аутигенного сульфатного цемента. Диаметр открытых пор здесь варьирует и обычно составляет 0,1–0,35 мм. В верхней же части трансгрессивного цикла отмечены уровни распространения сплошного аутигенного цемента регенерации кварцевых зерен (до 25 %), что отвечает максимальному привносу кремнезема и связанного с этим процесса формирования стяжений аутигенного пирита (рис. 11ж). Этот уровень связан с последующим уровнем стабилизации древнего ВНК палеозалежи.

Таким образом, в разрезе скв. 3 можно выделить три зоны, которые характеризуют преобладание различных типов коллекторов (рис. 12). Эти зоны также приурочены к определенным толщам ванаварской свиты.

Преобладание вторично-поровых коллекторов здесь связано с нижней трансгрессивной толщей.

Наиболее контрастные процессы цементации и разуплотнения связаны с регрессивным циклом седиментации, за время накопления которого сформировались полимиктовые и кварцевые песчаные породы. Они обладали хорошей сортированностью и окатанностью обломочного

материала, значительной пористостью, содержали крайне незначительное количество первичного (седиментационного) цемента. Породы-коллекторы включали залежь УВ, следы существования которой сохранились в виде участков цементации и разуплотнения. Они имеют зональное распределение, связанное с уровнями стабилизации на древних ВНК (рис. 12).

К этой части разреза приурочены реликтивно-поровые коллектора, уровни появления которых отмечены присутствием порово-пленочного битумного цемента в породах.

В верхней части разреза (верхняя трансгрессивная толща) наблюдаются контрастные процессы минерализации, разуплотнения, которые связаны с перемещением положений древних ВНК, а также присутствием УВ, процессами коррозии, выщелачивания, растворения. Эти процессы приводили к появлению и исчезновению новообразованных кварцевого и сульфатного цемента. С этой частью разреза связано формирование коллекторов как реликтивно-порового, так и вторично-порового генезиса, а также уплотненных зон, нередко образующих неравномерные чередования.

В строении разреза скв. 2 также участвуют 3 толщи, которые сложены мезомиктовыми, полимиктовыми (кварцево-граувакковыми) и мономинерально-кварцевыми песчаниками.

Мезомиктовые песчаники встречены в нижней части нижней трансгрессивной толщи и по многим характеристикам аналогичны породам, которые были описаны в скв. 3. Песчаникам присущи низкие значения пористости и проницаемости, открытая пористость пород составляет 2–5 %. Здесь встречаются редкие вторичные открытые поры, которые связаны с процессами разрушения и выщелачивания ряда обломочных зерен.

Значительное увеличение значений пористости до 15–17 % отмечено в верхней части нижней трансгрессивной толщи, а также в нижней части средней регрессивной толщи. В этой части разреза распространены полимиктовые (кварцево-граувакковые) гравийно-песчаные и песчаные породы, которые включают открытые поры диаметром от 0,05 до 0,2–0,25 мм, иногда до 0,35 мм. Большинство этих пустот имеет вторичную природу и связано как с выщелачиванием и разрушением наименее устойчивых компонентов среди обломочных зерен, преимущественно полевых шпатов, так и с растворением сульфатов из цемента пород (рис. 11з).

Все эти процессы во многом сопряжены с составом пластовых вод залежи УВ. Современный газо-водяной контакт (ГВК) устанавливается в интервале 2751–2753 м (рис. 13), приурочен к плотным кварцевым песчаным породам, которые обладают крайне небольшими значениями пористости (3–5 %). Это связано с широким развитием процессов формирования аутигенного регенерационного кварцевого цемента (до 25 %) в породах (рис. 11и).

Верхняя часть зоны современного ВНК в разрезе скв. 2 характеризуется увеличенными значениями пористости (до 10–12 %), а также крайне неравномерным полосчатым и послойным распределением пустотного пространства, где чередуются проницаемые и слабопроницаемые прослои (рис. 11к).

Выше по разрезу располагается основная залежь УВ, положение которой тесно связано с верхней трансгрессивной

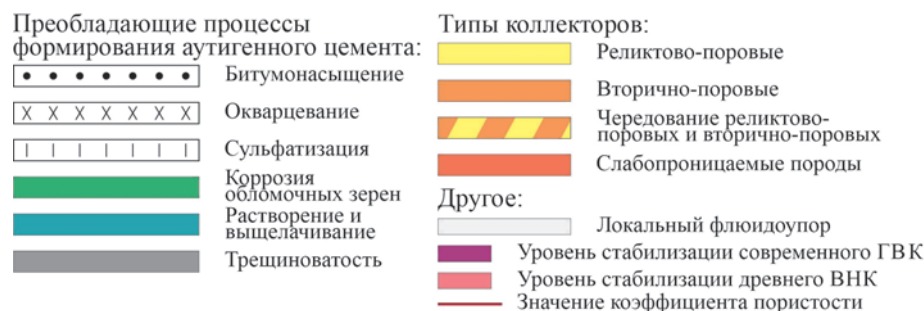


Рис. 12. Схема распространения типов пород-коллекторов ванаварской свиты в скв. Придутская-3

Такое распределение значений во многом связано с

Но наиболее характерным признаком является появление остаточного битуминозного вещества по периферии ряда открытых пор в породах (рис. 11л).

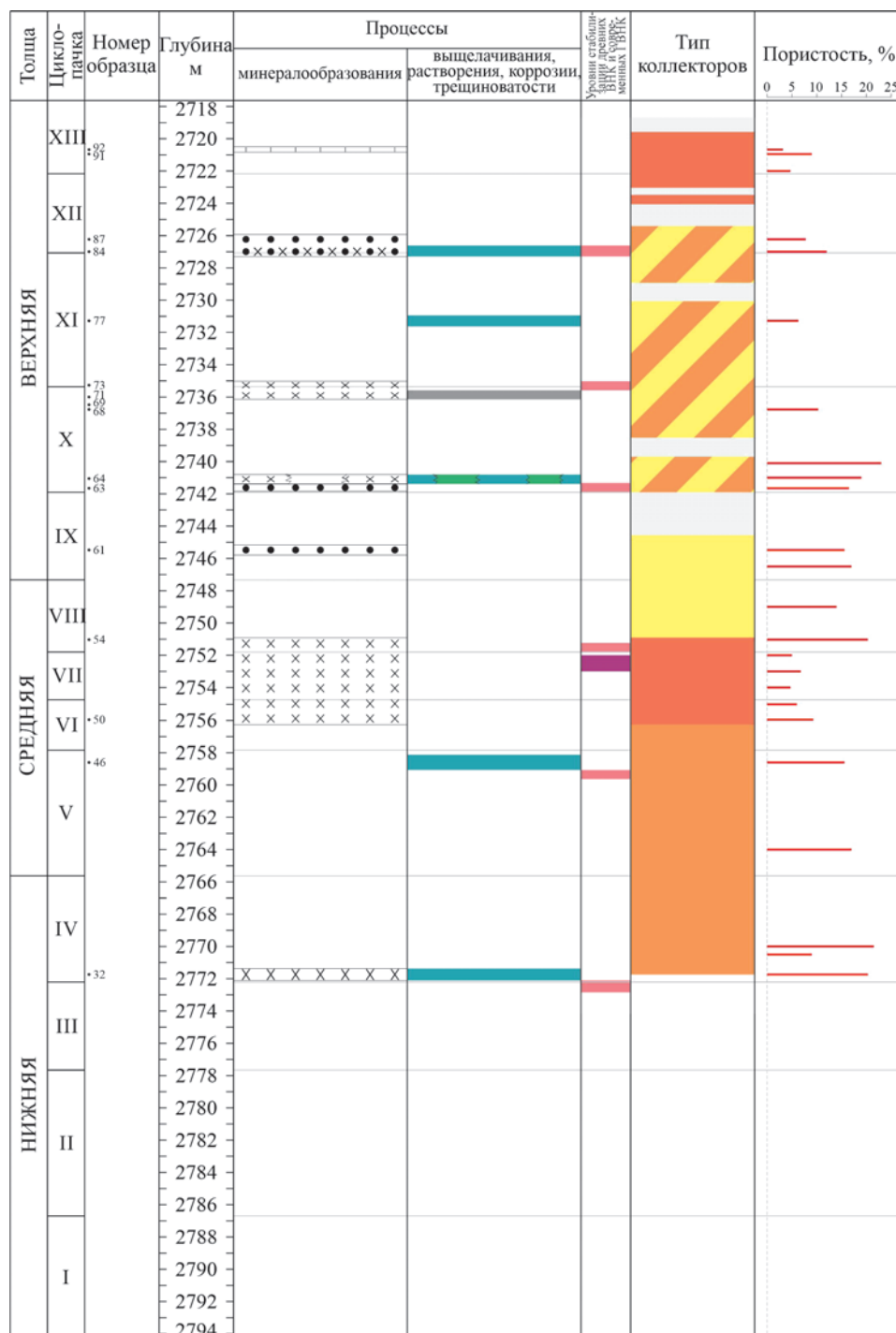


Рис. 13. Схема распространения типов пород-коллекторов ванаварской свиты в скв. Придутская-2. Условные обозначения на рис. 12.

Уровни стабилизации древних ВНК здесь отмечаются увеличением содержания аутигенного кварцевого цемента в породах, а также развитием аутигенного пирита по остаточному битуминозному веществу (рис. 11м). Всего в разрезах скважины выделяется до 6 уровней древнего (палео) ВНК. Причем в скв. 2 на древние ВНК накладывается современный ГВК на глубине 2752 м по стволу скважины.

Заключение

В строении ванаварской свиты выделяется три толщи: нижняя трансгрессивная, средняя регрессивная и верхняя трансгрессивная, накопление которых происходило в континентальных, переходных, мелководно-морских и шельфовых обстановках осадконакопления. Изучение

вторичных преобразований в шлифах позволило установить закономерности изменения пустотного пространства и понять механизм формирования коллекторских свойств в ванаварской свите.

Современная залежь УВ приурочена к отложениям верхнего трансгрессивного цикла скважины Придутская-2. Современный ГВНК устанавливается в интервале глубин 2751–2753 м, где наиболее полно проявились процессы формирования аутигенного кварцевого цемента в песчаных породах. Выше устанавливается несколько уровней стабилизации древних ВНК, что связано с этапами формирования залежи. Эти уровни характеризуются наличием остаточного битуминозного вещества в пустотном пространстве песчаных пород, а также в

неравномерном формировании аутигенного кварцевого цемента. В момент формирования залежи УВ ловушка была максимально заполнена, и последний древний ВНК находился на 16 м ниже современного ГВНК. Далее нефтяная залежь начала разрушаться, и контакт нефти с водой начал подниматься. В разрушенной части залежи имеются признаки наложения аутигенеза, связанного с этапами ее формирования. Это выражается в неравномерном развитии как процессов сульфатизации и карбонатизации в цементах песчаников, так и процессов выщелачивания и растворения последних.

В пределах залежи широко распространены коллектора реликтово-порового и вторично-порового типов. Коллектора вторично-порового типа установлены в интервале глубин 2771,6–2756 м. Формирование этих коллекторов тесно связано с процессами выщелачивания, растворения, которые затрагивают как наиболее неустойчивые компоненты в составе обломочных зерен, так и в цементах песчаных пород. Во многом эти процессы контролируются составом подошвенных вод залежи.

В скважине Придутьская-3 залежь УВ была расформирована. Признаки существования залежи отмечены уровнями цементации и разуплотнения, которые часто имеют зональное распределение и обычно связаны с уровнями стабилизации древних ВНК. К этой части разреза приурочены реликтово-поровые коллектора, уровни появления которых отмечены присутствием пленочно-битумного цемента в породах.

Таким образом, литолого-фациальный анализ и изучение постседиментационных преобразований по керну и в шлифах позволяют выявить строение залежи и распределение коллекторских свойств по разрезу. Данный подход, в совокупности с другими разномасштабными методами (анализ палеореконокструкций, интерпретация ГИС, сейсморазведка и т.п.) дают возможность геологам определить новые поисковые критерии, установить строение и эволюцию месторождений в древних отложениях Восточной Сибири на этапе поисково-разведочных работ.

Благодарность

Авторы выражают благодарность рецензенту и редакционной коллегии журнала за ценные рекомендации и подробный анализ статьи.

Литература

- Бурлин Ю.К. (1976). Природные резервуары нефти и газа. Москва: Изд-во Московского университета, 135 с.
- Вассоевич Н.Б. (1948). Флиш и методика его изучения. Москва: Гостоптехиздат, 240 с.
- Вассоевич Н.Б. (1990). Уточнение понятий и терминов, связанных с осадочными циклами, стадийностью литогенеза и нефтегазообразования. *Н.Б. Вассоевич. Избранные труды. Литология и нефтегазоносность*. М: Наука, с. 183–207.
- Кузнецов В.Г., Илюхин Л.Н., Постникова О.В., Бакина В.В., Горина А.Б., Дмитриевский С.А. и др. (2000). Древние карбонатные толщи Восточной Сибири и их нефтегазоносность. Москва: Научный мир, 104 с.
- Мельников Н.В., Якшин М.С., Шишкин Б.Б. и др. (2005). Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Новосибирск: Гео, 432 с.
- Мельников Н.В. (2009). Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы. Стратиграфия, история развития. Новосибирск: СО РАН, 146 с.

Сахибгареев Р.С. (1989). Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей. Ленинград: Недра, 260 с.

Сивкова Е.Д., Сауткин Р.С., Коробова Н.И. (2018). Выявление зависимостей изменения мощностей и свойств отложений ванаварской свиты в зоне сочленения Байкитской антеклизы и Катаггской седловины. *Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология*, 4(1), с. 175–180.

Старосельцев В.С. (2015). Структурно-тектоническая карта нефтегазоносных провинций Сибирской платформы. ФГУП «СИННИИГиМС».

Ступакова А.В., Хведчук И.И., Сауткин Р.С., Коробова Н.И., Сивкова Е.Д. (2019). Переформирование залежей в древних нефтегазоносных бассейнах (на примере залежей восточного склона Байкитской антеклизы Сибирской платформы). *Георесурсы*, 21(2), с. 31–41. <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.31-41>

Фролов С.В., Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И., Бакай Е.А., Крылов О.В., Ахманов Г.Г., Жукова Е.В. (2014). Север Восточной Сибири: геология, нефтегазоносность и обстановки седиментации вендско-кембрийских формаций. Москва: Геоинформмарк, 192 с.

Япаскурт О.В., Соловьева Н.А., Шарданова Т.А., Ростовцева Ю.В. (2001). Исследование осадочных горных пород при составлении средне- и мелкомасштабных геологических карт нового поколения: методические рекомендации. Часть III. Генетическая интерпретация признаков древних обстановок седиментации. М: Изд-во МГУ, 158 с.

Frolov S.V., Akhmanov G.G., Bakay E.A., Lubnina N.V., Korobova N.I., Karyushina E.E., Kozlova E.V. (2015). Meso-Neoproterozoic petroleum systems of the Eastern Siberian sedimentary basins. *Precambrian Research*, 259, p. 95–113. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2014.11.018>

Сведения об авторах

Евгения Емельяновна Карнюшина – доктор геол.-мин. наук, профессор кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ул. Ленинские горы, д. 1

Наталья Ивановна Коробова – ассистент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ул. Ленинские горы, д. 1

Надежда Сергеевна Шевчук – инженер кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ул. Ленинские горы, д. 1

e-mail: n.shevchuk@oilmsu.ru

Антонина Васильевна Ступакова – заведующий кафедрой, доктор геол.-мин. наук, профессор кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ул. Ленинские горы, д. 1

Роман Сергеевич Сауткин – кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ул. Ленинские горы, д. 1

Екатерина Дмитриевна Сивкова – инженер кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, ул. Ленинские горы, д. 1

Статья поступила в редакцию 28.02.2022;

Принята к публикации 29.04.2022;

Опубликована 16.05.2022

Cyclicity, sedimentation environments and the influence of post-sedimentary processes on the structure and formation of the Vanavara Formation reservoir (based on the analysis results of core material of the Novo-Yudokon field)

E.E. Karnyushina, N.I. Korobova, N.S. Shevchuk*, A.V. Stoupakova, R.S. Sautkin, E.D. Sivkova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

*Corresponding author: Nadezhda S. Shevchuk: e-mail: n.shevchuk@oilmsu.ru

Abstract. The Lower Vendian oil and gas bearing play is one of the main ones in the Siberian platform and dominant within large tectonic elements (Nepa-Botuoba antecline, Sayan-Yenisei syncline, etc.). The oil and gas content of the complex is determined both by the conditions of its formation and by post-sedimentation processes, which are largely associated with the stages of formation and reformation of hydrocarbon pool. All these features of Vanavara reservoir were explored in a detailed lithofacies analysis of the core material of the Novo-Yudokon field and adjacent territories.

Keywords: reservoir, Vanavara formation, sedimentation environments, post-sedimentary processes, paleo-OWC

Recommended citation: Karnyushina E.E., Korobova N.I., Shevchuk N.S., Stoupakova A.V., Sautkin R.S., Sivkova E.D. (2022). Cyclicity, sedimentation environments and the influence of post-sedimentary processes on the structure and formation of the Vanavara Formation reservoir (based on the analysis results of core material of the Novo-Yudokon field). *Georesursy = Georesources*, 24(2), pp. 75–92. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2022.2.10>

References

- Burlin Yu.K. (1976). Oil and gas natural reservoirs. Moscow: Moscow State University, 135 p. (In Russ.)
- Frolov S.V., Akhmanov G.G., Bakay E.A., Lubnina N.V., Korobova N.I., Karnyushina E.E., Kozlova E.V. (2015). Meso-Neoproterozoic petroleum systems of the Eastern Siberian sedimentary basins. *Precambrian Research*, 259, p. 95–113. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2014.11.018>
- Frolov S.V., Karnyushina E.E., Korobova N.I., Bakai E.A., Krylov O.V., Akhmanov G.G., Zhukova E.V. (2014). North of Eastern Siberia: geology, oil-and-gas content and Vend-Cambrian sedimentation environment. Moscow: Geoinformmark, 192 p. (In Russ.)
- Kuznetsov V.G., Ilyukhin L.N., Postnikova O.V., Bakina V.V., Gorina A.B., Dmitrievsky S.A., Skobeleva N.M., Tikhomirova G.I., Suhay V., Fomicheva L.N. (2000). Ancient carbonate strata of Eastern Siberia and their oil and gas potential. Moscow: Nauchny Mir, 104 p. (In Russ.)
- Melnikov N.V., Yakshin M.S., Shishkin B.B. et al. (2005). Stratigraphy of Siberian oil-and-gas bearing basins. Riphean and Vendian of the Siberian platform and its folded frame. Novosibirsk: Geo, 432. (In Russ.)
- Melnikov N.V. (2009). Vendian-Cambrian saline basin of the Siberian Platform. Stratigraphy, history of development. Novosibirsk: SB RAS, 146 p. (In Russ.)
- Sakhibgareev R.S. (1989). Secondary changes in reservoirs in the process of formation and destruction of oil deposits. Leningrad: Nedra, 260 p. (In Russ.)
- Sivkova E.D., Sautkin R.S., Korobova N.I. (2018). Investigation of Vanavara formation thickness and property variation in Baikite antecline and Katangskaya saddle conjunction zone. *Uchenye zapiski Kyrmskogo*

federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya, 4(1), pp. 175–180. (In Russ.)

Staroseltsev V.S. (2018). Structural-tectonic map of Siberian platform petroleum provinces. SNIIGGIMS. (In Russ.)

Stoupakova A.V., Khvedchuk I.I., Sautkin R.S., Korobova N.I., Sivkova E.D. (2019). Reforming of deposits in ancient oil and gas basins (on the example of deposits of the Baikite antecline eastern slope of the Siberian Platform). *Georesursy = Georesources*, 21(2), pp. 31–41. <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.31-41>

Vassoevich N.B. (1948). Flysch and methods of its study. Leningrad: Gostoptekhizdat, 240 p. (In Russ.)

Vassoevich N.B. (1990). Clarification of concepts and terms associated with sedimentary cycles, stages of lithogenesis and oil and gas formation. *N.B. Vassoevich. Selected Works. Lithology and oil and gas potential*. Moscow: Nauka, pp. 183–207. (In Russ.)

Yapaskurt O.V., Solovyova N.A., Shardanova T.A., Rostovtseva Yu.V. (2001). The study of sedimentary rocks in the preparation of medium- and small-scale geological maps of a new generation: guidelines. Part III. Genetic interpretation of signs of ancient sedimentation environments. Moscow: Moscow State University, 158 p. (In Russ.)

About the Authors

Evgeniya E. Karnyushina – DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Natalia I. Korobova – Assistant, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University.

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Nadezhda S. Shevchuk – Engineer, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Antonina V. Stoupakova – DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Head of the Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Roman S. Sautkin – PhD (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Ekaterina D. Sivkova – Engineer, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Manuscript received 28 February 2022;

Accepted 29 April 2022; Published 16 May 2022