

ЧАСТЬ II ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ РЕГИОН

УДК 552.5:551.72(571.5)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ КОНТИНУУМ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК СЕДИМЕНТАЦИИ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО ВЕНДА ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (НА ПРИМЕРЕ ПАРФЁНОВСКОГО ПРОДУКТИВНОГО ГОРИЗОНТА АНГАРО-ЛЕНСКОЙ СТУПЕНИ И БОТУОБИНСКОГО, – НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ)

Ахияров А.В., Земченков А.С.
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»), г. Москва
E-mail: A_Akhiyarov@vniigaz.gazprom.ru.

В результате проведенных исследований выяснены особенности литологического состава, геологического строения и палеогеографических обстановок седиментации при формировании продуктивных отложений ботуобинского и парфеновского горизонтов верхнего венда юго-запада Сибирской платформы. Выполнен их сравнительный анализ и оценено влияние седиментационных и постседиментационных факторов на формирование фильтрационно-емкостных свойств. Показано, что породы рассматриваемых продуктивных горизонтов существенно различаются по составу обломочного материала при сходных обстановках седиментации. Наиболее разнообразны по литотипам пород аллювиальные и флювиальные комплексы парфеновского горизонта. Продуктивные прибрежно-морские песчаники ботуобинского горизонта более однородны по составу, так как накапливались в обстановках крупной баровой системы при активном участии палеогидродинамики приливно-отливных каналов. Формирование коллекторов было обусловлено, в первую очередь, составом пород и типом цемента и, в меньшей степени, размерностью зерен и их сортировкой.

На основе фациально-седиментологического анализа дана литолого-генетическая характеристика комплексов отложений парфеновского и ботуобинского горизонтов, указаны их петрофизические параметры и определены критерии выделения областей развития потенциальных коллекторов. Предложены перспективные участки на территории Ангаро-Ленской и Непско-Ботуобинской нефтегазоносных областей.

Ключевые слова: Сибирская платформа, парфеновский горизонт, ботуобинский горизонт, литология, коллекторские свойства.

ВВЕДЕНИЕ

Восточная Сибирь признана на сегодняшний день одним из наиболее перспективных регионов для развития нефтегазодобычи в России. Особый интерес представляет юго-запад Сибирской платформы, где в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА) и Ангаро-Ленской ступени (АЛС) открыто значительное количество крупных месторождений нефти и газа. Результаты поисково-разведочных работ свидетельствуют о том, что основная часть углеводородов (УВ) приурочена к вендскому терригенному нефтегазоносному комплексу (НГК).

На территории АЛС на протяжении многих лет нефтегазопроисследовательские работы проводились в основном в северо-западных и северо-восточных частях, и был сделан вывод о приуроченности большей части ресурсов углеводородов к парфеновскому горизонту венда [1, 5, 7]. Новые данные, полученные в результате глубоко бурения, подтвердили его перспективность и в центральных районах. Основным объектом нефтегазодобычи на территории НБА является ботубинский продуктивный горизонт (ПГ), который, по мнению многих исследователей, считается возрастным аналогом парфеновского [8, 9].

Общие закономерности геологического строения и фациальная принадлежность исследуемых отложений.

АЛС и НБА расположены в юго-западной части Сибирской платформы (рисунки 1). Здесь открыт целый ряд крупных месторождений УВ, а также получены многочисленные промышленные притоки газа и нефти. Однако, несмотря на высокую изученность, УВ-потенциал этих территорий позволяет предполагать значительные перспективы обнаружения новых залежей. Исследуемые продуктивные горизонты входят в состав вендского нефтегазоносного комплекса и являются одними из основных объектов поисковых работ. Уточнение строения и характера распространения отложений с учётом пространственно-временного континуума их формирования позволяют выявить новые перспективные зоны и интервалы разреза.

Пространственно-временной континуум как трансдисциплинарный аспект геологического познания.

Современная философская аналитика как естественных, так и культурно-социальных, гуманитарных наук характеризуется внедрением в её основания трансдисциплинарных (от лат. *trans* - сквозь, через) идей и установок. Суть трансдисциплинарности может быть передана, в основном, через фундаментальные исследования, ориентированные на познание истины, и прагматически ориентированные на получение полезного эффекта исследования. Сознательно или бессознательно, физические науки, как и большинство других естественных наук, несут на себе отпечаток общечеловеческой культуры. Двадцатый век прошёл под знаком все возрастающих тенденций к интеграции физики с другими отраслями науки и этих (других) наук в первую очередь, – с физикой. Особо следует выделить и отметить, что в последние годы значительно вырос интерес представителей гуманитарных наук к таким основополагающим понятиям, какими в физике являются понятия **пространства, времени** и их **отношения**. Роль этой категории понятий стала предметом внимания социологов, экономистов, географов, историков и других ученых. Многие из них в настоящее время в своей исследовательской деятельности не могут обойтись без рассмотрения изучаемых ими проблем с **пространственно-временной** точки зрения. И вот, среди понятий данной проблематики есть одно, наиболее значимое и заметное, которое подпадает под трансдисциплинарный аспект. Этим понятием является понятие **пространственно-временного континуума** событий, происходящих как в естественной, так и в гуманитарной сферах деятельности человека.

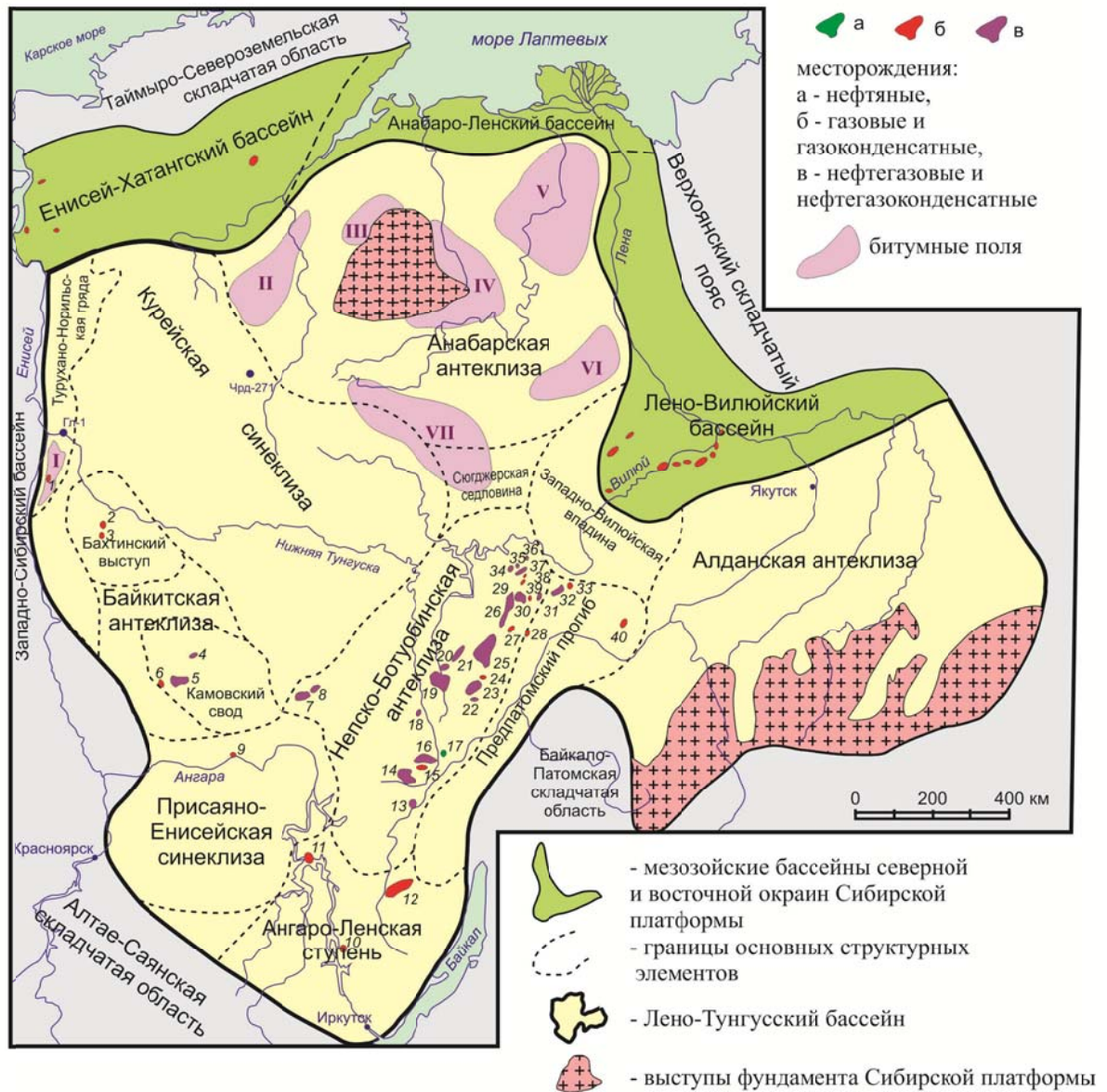


Рисунок 1. Обзорная схема тектоники и нефтегазоносности осадочных бассейнов Сибирской платформы [16]

Месторождения УВ: 1 – Сухо-Тунгусское, 2 – Таначинское, 3 – Моктаконское, 4 – Куюмбинское, 5 – Юрубчено-Тохомское, 6 – Оморинское, 7 – Собинское, 8 – Пайгинское, 9 – Агалеевское, 10 – Атовское, 11 – Братское, **12 – Ковыктинское**, 13 – Марковское, 14 – Ярактинское, 15 – Аянское, 16 – Дулисьминское, 17 – Пилюгинское, 18 – Даниловское, 19 – Верхнечонское, 20 – Вакунайское, 21 – Тымпучиканское, 22 – Алинское, 23 – Талаканское, 24 – Нижнехамакинское, **25 – Чаяндынское**, 26 – Среднеботубинское, 27 – Хотого-Мурбайское, 28 – Отраднинское, 9 – Таас-Юряхское, 30 – Бесюряхское, 31 – Иктехское, 32 – Верхневилуочанское, 33 – Вилуйско-Джербинское, 34 – Маччобинское, 35 – Иреляхское, 36 – Станахское, 37 – Мирнинское, 38 – Северо-Нелбинское, 39 – Нелбинское, 40 – Басыхтахское); I – VII – битумные поля и скопления: I – Туруханское (Голоярское, Летнинское и Горно-Дьявольское скопления), II – Западно-Анабарское (Медвежинское скопление), III – Северо-Анабарское (Рассохинское скопление), IV – Восточно-Анабарское (Куонамское скопление), V – Нижне-Оленекское (Центрально-Оленёкское скопление), VI – Верхне-Мунско-Моторчунское (Моторчунское скопление), VII – Южно-Анабарское (Силигир-Мархинское скопление).

Авторы данной работы предприняли попытку адаптировать вышеназванный трансдисциплинарный аспект к геологическим событиям в истории Земли на примере отдельно взятого региона.

В историческом контексте (Эпоха пост-Средневекового ренессанса) классическое научное мышление определяло традиционным образом пространство и время в качестве объекта естественно-научных и философских построений. В «Новое Время» Ньютон и Лейбниц превратили пространство и время в физические величины, сделав их элементами рациональной теории. Именно в этот период научный объект «пространство//время» становится главным объектом осмысления философов.

Пространственно-временной континуум в стратиграфии.

В стратиграфии время выступает в качестве основного организующего начала, т.к. все стратиграфические выводы имеют смысл постольку, поскольку они решают вопрос об одновременности или последовательности геологических событий.

«Абсолютное время» (по И. Ньютону) протекает равномерно и иначе называется длительностью, оно течет «само по себе» и не имеет никакого отношения к чему-либо внешнему, ни к пространству, ни к каким-либо процессам. В релятивистской физике, использующей пространственно-временной континуум, А. Эйнштейн ввел понятия собственного, локального и универсального времени. Собственное время — это временные соотношения между событиями, происходящими только в данной системе отсчета, локальное время устанавливается в каждой движущейся системе, универсальное время представляет собой искусственную шкалу отсчета, применяемую для сравнения процессов в отдельных системах.

Большинство стратиграфов, отрицая «абсолютное время» Ньютона, рассматривают время как атрибут всех материальных объектов планеты Земля и всей Вселенной.

Проблема времени неразделима с проблемой его измерения, т.е. с выбором и градуировкой системы пространственно-временных координат. Поэтому правомерно специальное рассмотрение геологического времени, которое имеет свои координаты и единицы измерения.

Цель измерения геологического времени заключается в выяснении последовательности геологических событий. Определение момента (когда?), продолжительности (как долго?) и последовательности (в каком порядке?) событий прошлого возможно лишь путем установления не только порядка напластования, но и пространственно-временных взаимоотношений геологических тел, слагающих литосферу.

Парфеновский горизонт распространен практически повсеместно на территории АнгароЛенской ступени, стратиграфически приурочен к верхней подсвите чорской свиты, общая мощность горизонта изменяется от 40 до 80 м.

Керновый материал пяти скважин, пробуренных в 2004-2005 гг. на АнгароЛенском и Левобережном месторождениях, стал для исследователей [15] основой детального седиментологического анализа, включающего литолого-петрофизические исследования и генетическую интерпретацию последовательностей и циклов. В дальнейшем, выявленные авторами [15] зависимости «керна-ГИС» позволили по каротажу со-

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СЕДИМЕНТОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОВОМ ИНЖИНИРИНГЕ

седних скважин, вскрывших парфеновский горизонт в пределах Ангаро-Ленской ступени, восстановить состав отложений и условия их формирования, тем самым экстраполируя модель на всю территорию.

По литологическим керновым данным и результатам ГИС в составе горизонта выделяются две части: нижняя представлена неравномерным переслаиванием аргиллитов, алевролитов, верхняя – преимущественно песчаная. В целом, накопление пород парфеновского горизонта происходило в условиях от прибрежной аллювиальной равнины до мелководного шельфа. Палеогеографические реконструкции фиксируют общую проградацию аллювиальных систем в центральную часть бассейна, при этом выявляются три основных направления сноса материала: восточное (в районе Ковыктинского месторождения (рисунок 2) [4]), южное (в районе Атовского месторождения) и северо-западное (район Братского месторождения и немного юго-западнее).

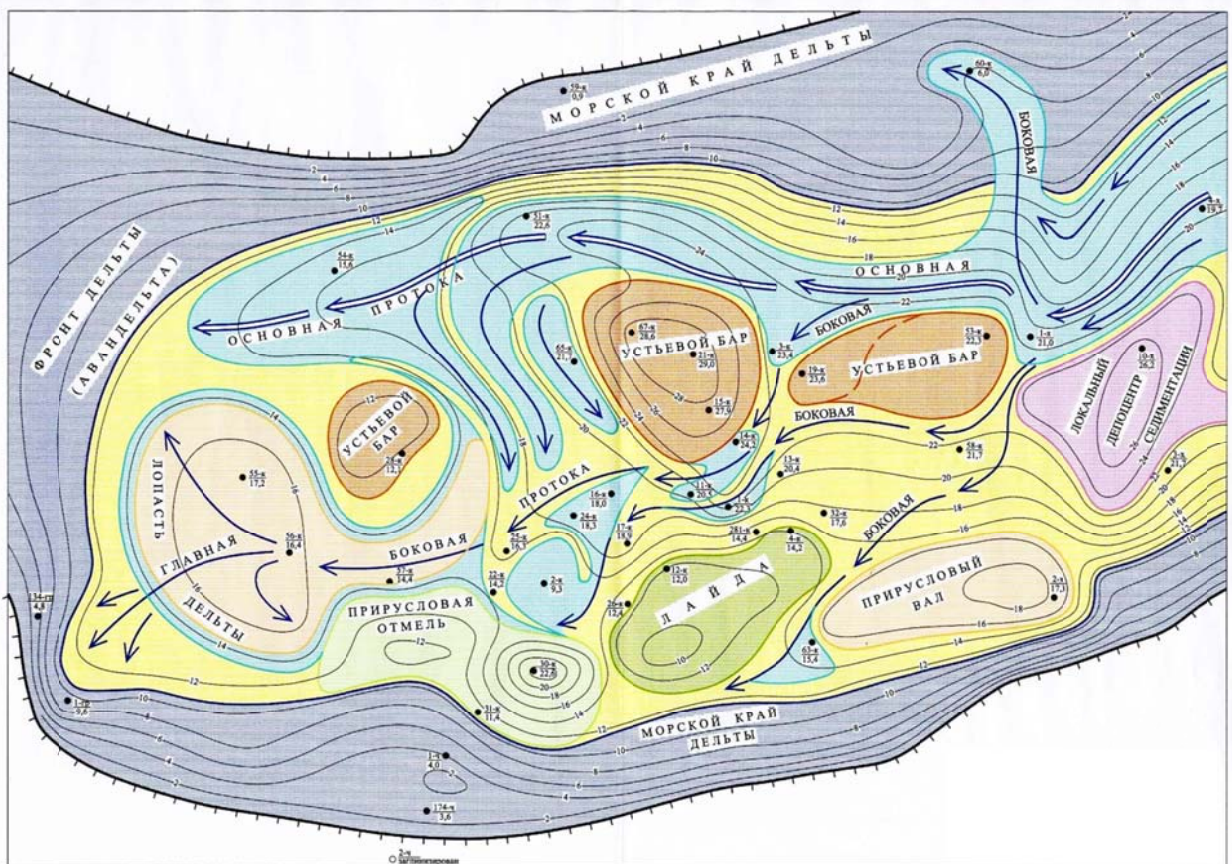
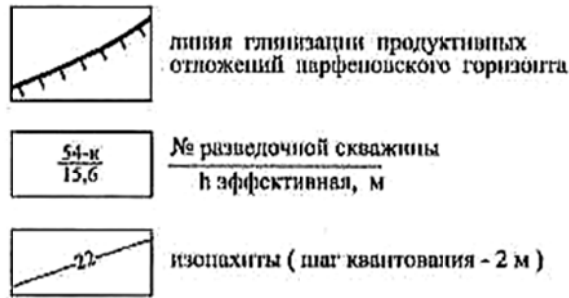


Рисунок 2. Схема фациального районирования продуктивных отложений парфеновского горизонта (пласты П1 и П2) Ковыктинского ГКМ по данным ГИС (совмещенная с картой эффективных толщин) [4]

Ниже приведена характеристика комплексов отложений, выделенных исследователями [15] на основе литолого-генетического анализа.

Условные обозначения к рисунку 2.



Типы фаций в зоне распространения пластов П1 и П2 - продуктивных отложений парфеновского горизонта:

Классификация фаций		Краткое описание палеогеографической обстановки седиментации
Группа	Тип	
Устьевых баров и пляжей	Основной протоки	Устьевые бары проксимальные, ориентированные вдоль основной протоки.
	Главной боковой протоки	Устьевые бары дистальные, на контакте пресных и соленых вод.
Рукавов дельты (главная боковая протока + прочие боковые)	Лопастей дельты	Лопастей дельты всегда приурочена к главной боковой протоке.
	Приустьевых валов	Приустьевые валы образуются, как правило, на периферийных протоках.
Дельтового всера	← Основной протоки	Флювиальные отложения дельтовых протоков. По гранулометрии обмолочных зерен отложения всех типов протоков отличаются незначительно.
	← Боковых протоков	
Дельтового комплекса	Повышенные участки	Субаквальная дельтовая равнина и формы орнаментации ее ложа (пониженные участки - лавды и относительно возвышенные - приустьевые отмели (при боковых протоках).
	Пониженные участки	
Морской край дельты		Промежуточная зона между дельтовыми отложениями и глинистым комплексом фаций открытого моря.
Фронт дельты (Авадельта)		Обмолочный материал, перенесенный транзитом через дельтовую равнину и отложившийся в зоне резкого увеличения глубины палеобассейна.
Локальный депоцентр седиментации флювиальных отложений		Передовая часть копуса выноса флювиальных отложений (плащеобразных покровов палеонагорья, образованных сезонными палеоводотоками. Прибрежный аналог " ковша дельты ".

Аллювиальный комплекс объединяет отложения русловых и пойменных фаций. Последние сложены преимущественно серыми алевро-аргиллитовыми породами с прослоями мелкозернистых песчаников. Слоистость субгоризонтальная и пологая волнистая. Русловые отложения чаще всего представлены переслаиванием серых и буровато-серых песчаников и гравелито-песчаников с пологой косой, часто разнонаправленной, слоистостью с сериями от 2 до 12 см.

Иногда выделяются крупные аллювиальные циклы (0,9-3 м) с уменьшением зернистости снизу вверх по разрезу от гравелитов к средне-крупнозернистым и далее к мелкозернистым песчаникам и алевро-аргиллитам. Русловые песчаники отличаются невысоким содержанием регенерационного кварцевого (до 2%) и доломит-ангидритового цементов (1-3%). Русловые песчаники обладают наилучшими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС). Значения пористости варьируют от 10 до 20%, проницаемости от единиц до 1000×10^{-3} мкм². Мощность комплекса варьирует от 10 до 17 м.

В состав **комплекса приливо-отливной равнины** входят отложения, сформированные в условиях дельтовых русел с влиянием приливо-отливных течений, устьевых баров, проработанных приливо-отливными каналами, а также мелководного залива с преимущественно глинистой седиментацией. Первые охарактеризованы несколькими циклами заполнения русла глубиной от 0,6 до 1,2 м.

Циклы представлены песчаниками от зеленовато-серых и бурых литито-полевошпат-кварцевых мелко-среднезернистых до средне-крупнозернистых гравелитистых, горизонтально- и косослоистых в кровле. Кроме того присутствуют прослои мелкозернистых песчаников алевритистых и алевролитов с тонкими двойными микрослойками более темных аргиллитов. Часто присутствует доломитовый пойкилитовый (от 5 до 10%) и глинистый (до 10%) цементы. Значения пористости от 4 до 10%, проницаемость до 10×10^{-3} мкм². Для отложений приустьевых баров характерно переслаивание бурых тонко-горизонтально слоистых алевро-аргиллитов, алевролитов, алевропесчаников и мелко-среднезернистых полого косослоистых полевошпат-литито-кварцевых песчаников. Отмечаются микроциклы (10-15 см) с переходом вверх по разрезу от гравелито-песчаников до мелкозернистых песчаников. Содержание глинистого цемента до 8-10%, остальные типы цементов представлены первыми процентами. Пористость 2-6%, проницаемость 0,01 до $0,1 \times 10^{-3}$ мкм². Мелководные условия способствовали накоплению аргиллитов бурых, реже зеленоватосерых, алевритистых горизонтально и полого волнисто слоистых с прослоями глинистых алевролитов и редкими маломощными (< 10 см) прослоями песчаников. Этот тип пород характеризуется крайне низкими ФЕС ввиду значительной глинистости. Мощность комплекса составляет от 3 до 20 м.

Комплекс прибрежных баровых систем, переработанных приливо-отливными каналами, глубиной до 1 м, сформирован песчаниками зеленовато-серыми, мелко-среднезернистыми, слюдисто-полевошпат-литито-кварцевыми, горизонтально- и косослоистыми, иногда с крупными волнистыми сериями, с прослоями зеленовато-серых и бурых алевро-аргиллитов. В отдельных прослоях песчаники серые, преимущественно

кварцевые, мелкозернистые, хорошо сортированные. ФЕС пород этого комплекса несколько снижены за счет регенерации кварца (от 7 до 15%) и развития пойкилитового доломитового цемента (от 5 до 15-20%). Пористость составляет от 5 до 12%, проницаемость от 0,1 до 10×10^{-3} мкм². Мощность комплекса от 5 до 22 м.

Комплекс мелководного шельфа (с преимущественно глинистой седиментацией и периодическим внедрением алевро-песчаников во время штормовых событий), как правило, представлен неравномерным переслаиванием зеленовато-серых, редко бурых, горизонтально микрослоистых алевритистых аргиллитов и зеленовато-серых, часто кослоистых, глинистых алевролитов, с редкими маломощными прослоями песчаников. Отложения этого комплекса не рассматриваются в качестве коллекторов по причине крайне низких ФЕС (пористость 1-3%, проницаемость $< 0,001 \times 10^{-3}$ мкм²). Мощность комплекса от 7 до 23 м.

Ботуобинский горизонт в северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы большинством исследователей считается возрастным аналогом парфеновского. Он приурочен к нижней (ботуобинской) подсвите бюкской свиты, сложен преимущественно кварцевыми, полевошпаткварцевыми мелко-среднезернистыми песчаниками, мощностью от 15 до 36 м.

Изучение состава, строения, постседиментационных изменений и их влияния на коллекторские свойства проводилось исследователями [15] на материале керна четырех скважин, пробуренных в 2006-2008 г.г. и вскрывших отложения ботуобинского горизонта в пределах Среднеботуобинского месторождения.

Горизонт имеет однородное строение, практически повсеместно представлен на 85-90% песчаниками. Характерной особенностью является низкое содержание цементов и общий тренд на увеличение размерности зерен вверх по разрезу. Эти факторы свидетельствуют о баровом генезисе пород, что неоднократно подтверждалось рядом исследователей [1, 5, 7, 9 - 18].

Результатом литолого-генетического анализа отложений ботуобинского горизонта стало выделение следующих комплексов.

Комплекс мелководного шельфа залегает в основании горизонта, представлен переслаиванием зеленовато-серых, прослоями бурых алевролитов глинистых, аргиллитов алевритовых и алевритистых, с маломощными прослоями (от 1 см до 18 см) серых песчаников и алевро-песчаников с тонкой горизонтальной и иногда косою слоистостью. В кровле количество песчаных прослоев больше. Нижние границы песчаных слоев часто эрозионные, а верхние волнистые (знаки ряби). Для пород комплекса характерно развитие глинистого (до 4%) и доломит-ангидритового пойкилитового (3-7%) типов цемента. Пористость около 15%, проницаемость около 100×10^{-3} мкм². Мощность комплекса составляет от 1 до 3 м.

Комплекс баровых отложений сформирован в условиях крупной баровой системы, осложненной отдельными гребнями и приливно-отливными каналами. Песчаники, слагающие тело бара, темно-серые кварцевые и полевошпат-кварцевые с субгоризонтальной и очень пологой косою, (серии от 3 до 7 см) редко с волнистой слоистостью. Вверх по разрезу наблюдается постепенное уменьшение количества полевых шпатов

(от 20% до 5%) и переход от средне-мелкозернистых к средне-крупнозернистым фракциям. Для прослоев разнозернистых (от мелко- до крупно-зернистых) песчаников характерна микрослоистость миллиметрового масштаба за счет послойной концентрации зерен одной из фракций. Общий тренд на увеличение зернистости осложнен более мелкими ритмами метрового масштаба. На поверхностях наслоения часто отмечаются примазки аргиллитов. В кровле и подошве породы более светлые, прослоями соленащенные, а в остальной части разреза нефтенасыщенные. Общее содержание цементов не превышает 10%, однако вверх по разрезу увеличивается доля регенерационного кварцевого цемента на фоне сокращения в составе пород количества полевых шпатов и достигает максимума (8-10%) в прикровельной части, где песчаники преимущественно кварцевые. Отдельные баровые гребни фиксируются по наличию в прикровельных частях ритмов метрового масштаба гравелитовой фракции, а также по присутствию в составе таких тяжелых акцессорных минералов как титанит.

Отложения приливо-отливных каналов представлены нечеткими мелко-масштабными (от 0,4 м до 1 м) последовательностями с уменьшением зернистости вверх по разрезу. В основании залегают песчаники среднезернистые, местами крупнозернистые, которые выше переходят к среднезернистым и реже мелкозернистым разностям. Породы, как правило, горизонтально слоистые. В верхней части последовательности могут присутствовать мелкие разнонаправленные косые серии. Отмечаются интервалы, насыщенные тонкими (1-3 мм, редко до 5 мм) слоями зеленоватых аргиллитов. ФЕС этого комплекса достаточно стабильны как для баровых песчаников, так и для отложений приливо-отливных каналов, значения пористости варьируют от 15 до 22%, проницаемости – 100 до 1000х10⁻³ мкм². Наилучшими коллекторскими свойствами обладают мелко-среднезернистые полевошпат-кварцевые баровые песчаники, поскольку они отличаются минимальным развитием цементов. Кроме того, степень сортировки зерен в этих песчаниках обеспечивает оптимальную структуру порового пространства, тогда как в более крупнозернистых разностях отмечается микрослоистость, усложняющая геометрию пор и в определенной мере ухудшающая их сообщаемость. Комплекс, мощностью от 15 до 33 м, выполняет практически весь горизонт.

Результаты литолого-фациального ГИС-анализа отложений парфеновского горизонта в пределах нефтяной оторочки Чаяндинского НГКМ см. на **рисунке 3**.

Автором [Ахияров А.В., 2011] было выполнено фациальное районирование отложений венда (ботуобинский горизонт) Чаяндинского НГКМ в пределах распространения нефтяной оторочки с целью выяснения наличия зависимости потенциальной продуктивности вышеназванных отложений от их фациальной принадлежности. Такая зависимость была установлена и закартирована (см. схему фациального районирования продуктивных отложений ботуобинского горизонта, совмещенную с картой эффективных толщин нефтяной оторочки, в масштабе 1:100 000, на рисунке 3). Данная работа была выполнена по методике фациального ГИС-анализа [2, 3], ввиду явной недостаточности керновых данных по старым, ранее пробуренным скважинам.

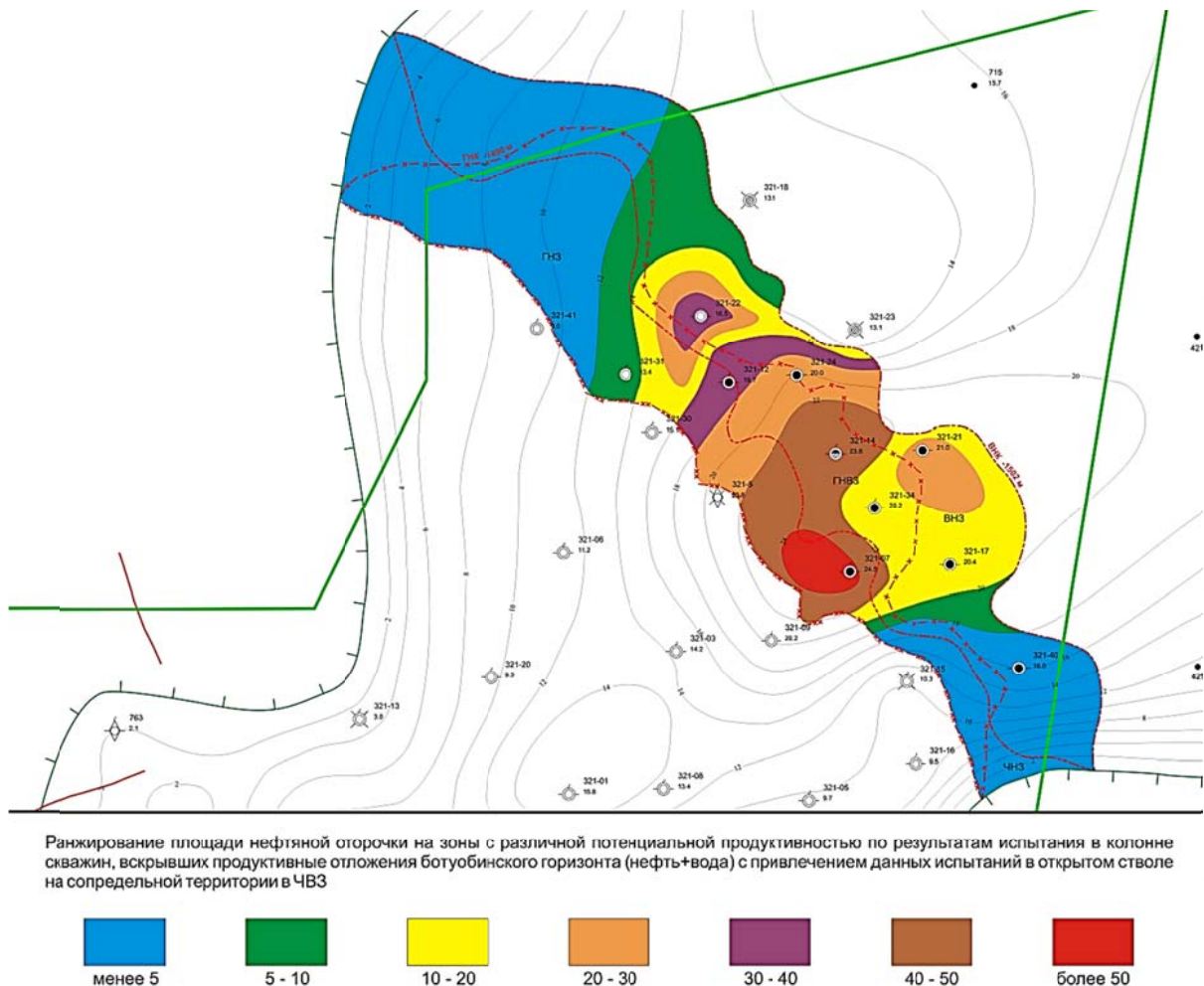


Рисунок 3. Нефтяная оторочка ботубинского продуктивного горизонта Чайандинского НГКМ. Схема площадного распространения зон равных дебитов нефти по результатам испытания в колонне разведочных скважин, совмещенная со схемой литолого-фациального районирования и с картой изопахит. [А.В. Ахияров, 2011] с модификациями [С.В. Буракова, Г.П. Косачук, 2013]

Условные обозначения: менее 5 – фации дальней переходной зоны пляжа; 5-10 – фации предфронтальной зоны пляжа; 10-20 – фации верхнего пляжа; 20-30 – фации регрессивных прибрежных валов; 30-40 – фации промоин и головных частей вдольбереговых разрывных течений; 40-50 – фации вдольбереговых баров; более 50 – фации барьерных островов.

Расположение зон равных дебитов нефти и их фациальной принадлежности показано на рисунке 3; расположение идентично. То есть прослеживается связь дебитов от литофациальной принадлежности испытываемых пород. Максимальные дебиты нефти характерны для фаций: промоин и вдольбереговых течений; вдольбереговых баров; барьерных островов.

Установленная связь позволяет ранжировать площадь нефтяной оторочки на зоны равных дебитов по результатам испытания в колонне скважин и прогнозировать площадное распространение зон максимальных дебитов нефти.

В настоящее время авторами уточняется фациальная принадлежность некоторых типов отложений; в частности, предполагается, что отложения, ранее отнесенные к группе фаций вдольбереговых и разрывных течений, принадлежат к группе фаций приливно-отливных каналов.

Выполненная типизация и локализация литологических комплексов в составе исследуемых горизонтов позволила выделить потенциально нефтегазоносные области на основе типа системы, вторичных изменений и значений ФЕС. В парфеновском горизонте наилучшие коллектора сформированы в условиях аллювиальных систем с преобладанием русловых обстановок, а в ботубинском – это породы основной части бара, минимально проработанные приливно-отливными протоками. Поскольку основным фактором, контролирующим распределение залежей в парфеновском горизонте является литологический, то именно зоны распространения аллювиального комплекса и являются перспективными. Таким образом, в пределах Ангаро-Ленской ступени качественно оценены зоны распространения потенциальных коллекторов. Наиболее перспективным, по мнению авторов [15], является участок к западу от Левобережного месторождения, где предполагается наличие крупной системы транзита обломочного материала в центральную часть Ангаро-Ленской ступени.

На северо-востоке Непско-Ботубинской антеклизы ими же были выделены области к северу от Иреляхского месторождения, к северо-востоку от Тас-Юрхского месторождения, а также Курунгскую площадь южнее Среднеботубинского месторождения. Однако стоит отметить, что при планировании геолого-разведочных работ необходимо учитывать распространение дизъюнктивных дислокаций и наличие локальных структур, поскольку для этой территории, наряду с литологическим, немаловажное значение имеют тектонический и структурный факторы контроля залежей.

Сравнительный анализ новейших данных в пределах исследуемой территории (см. рисунок 3) по литологии рассматриваемых продуктивных горизонтов центральной части АЛС (парфёновский ПГ) и северо-востока НБА (ботубинский ПГ) позволяет расширить представления о составе и строении продуктивных коллекторов.

Стратиграфическая позиция этих продуктивных горизонтов близкая, поскольку они приурочены к верхней части терригенного комплекса нижнего венда (такие горизонты / пласты Г.Г. Шемин [18] называет «квазиизохронными»). Вместе с тем, в деталях корреляция их далеко неоднозначна. Некоторые исследователи считают ботубинский горизонт возрастным аналогом парфеновского, другие полагают, что горизонты занимают различные стратиграфические позиции.

Например, Л.Ф. Тыщенко считает, что парфеновский горизонт песчаников тирской свиты на юго-востоке территории НБА (это песчаники, аналогичные ботубинским на северо-востоке НБА) является аналогом боханского продуктивного горизонта на АЛС [10]. Таким образом, парфеновский горизонт АЛС залегает значительно выше, чем ботубинский НБА.

Н.В. Мельников рассматривает их в качестве возрастных аналогов в соответствии с решениями IV-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания [8, 9]. На сегодняшний день с этим вариантом соглашается большинство исследователей.

ЛИТОЛОГИЯ И ФЕС

Рассмотрим более детально литологический состав, гранулометрические характеристики и фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) ботубобинского и парфеновского горизонтов (см. рисунки 4-А, Б и 5-А, Б).

Ботубобинский горизонт залегает в основании нижней подсвиты буюкской свиты, подстилается аргиллитами и алевролитами курсовской свиты, переход от которой охарактеризован переслаиванием алевролитов, аргиллитов и песчаников с постепенным возрастанием роли последних вверх по разрезу (рисунок 4-А, Б). Отложения ботубобинского горизонта перекрываются доломитами и ангидритами верхней подсвиты буюкской свиты, причем переход также постепенный и выражен в увеличении содержания карбонатно-сульфатного цемента в песчаниках прикровельной части. Общая мощность составляет до 30 м.

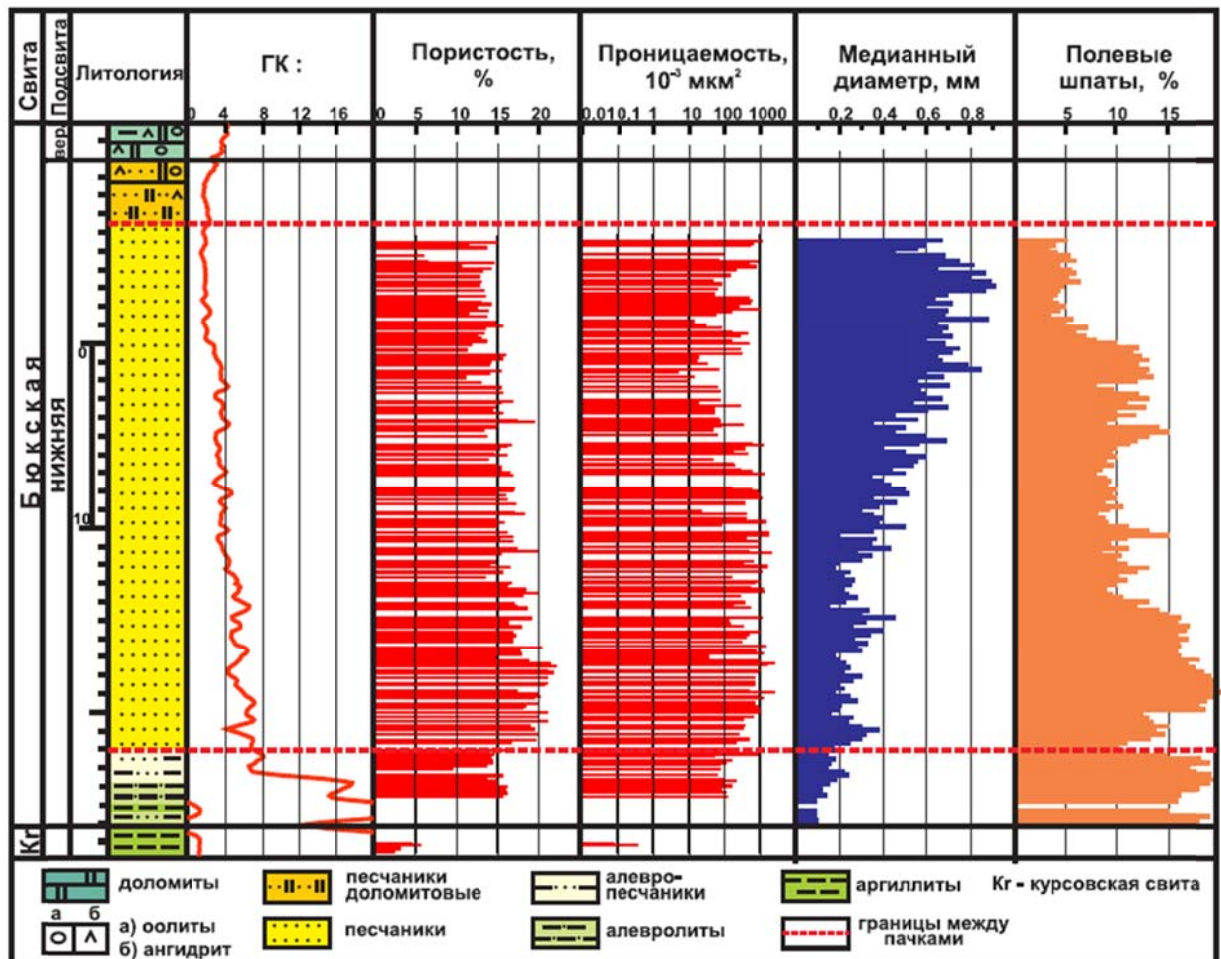


Рисунок 4-А. Распределение пористости, проницаемости, гранулометрического состава и полевых шпатов в ботубобинском горизонте на примере одной из скважин северо-востока Непско-Ботубобинской антеклизы [16]

Горизонт сложен главным образом песчаниками, однако в некоторых разрезах в основании отмечается пачка, представленная переслаиванием аргиллитов и алевроли-

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СЕДИМЕНТОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОВОМ ИНЖИНИРИНГЕ

тов. Песчаники мелко-, средне- и крупнозернистые, иногда гравелитистые, преимущественно кварцевые (содержание полевых шпатов от 0 до 15 %), литокласты отсутствуют. В породах наблюдается микро- и тонкая слоистость, связанная с чередованием слоев с разной размерностью зерен. По данным гранулометрии в ботубинском горизонте фиксируется общий тренд на укрупнение зернистости вверх по разрезу, осложненный отдельными последовательностями более мелкого масштаба. Этот факт наряду с другими текстурными особенностями позволяет сделать вывод о баровом генезисе пород. Цвет песчаников варьирует в зависимости от степени нефтенасыщенности от светло-серого до темного. Содержание цемента невелико и колеблется в пределах от первых процентов до 10...15 %. Цемент порово-пленочный глинистый и слюдисто-железистый фиксируется в нижней части горизонта (до 5 %). Выше по разрезу возрастает роль пойкилитового доломит-ангидритового (до 5 %) и кварцевого регенерационного (до 10...15 %) цемента, при снижении содержания полевых шпатов.

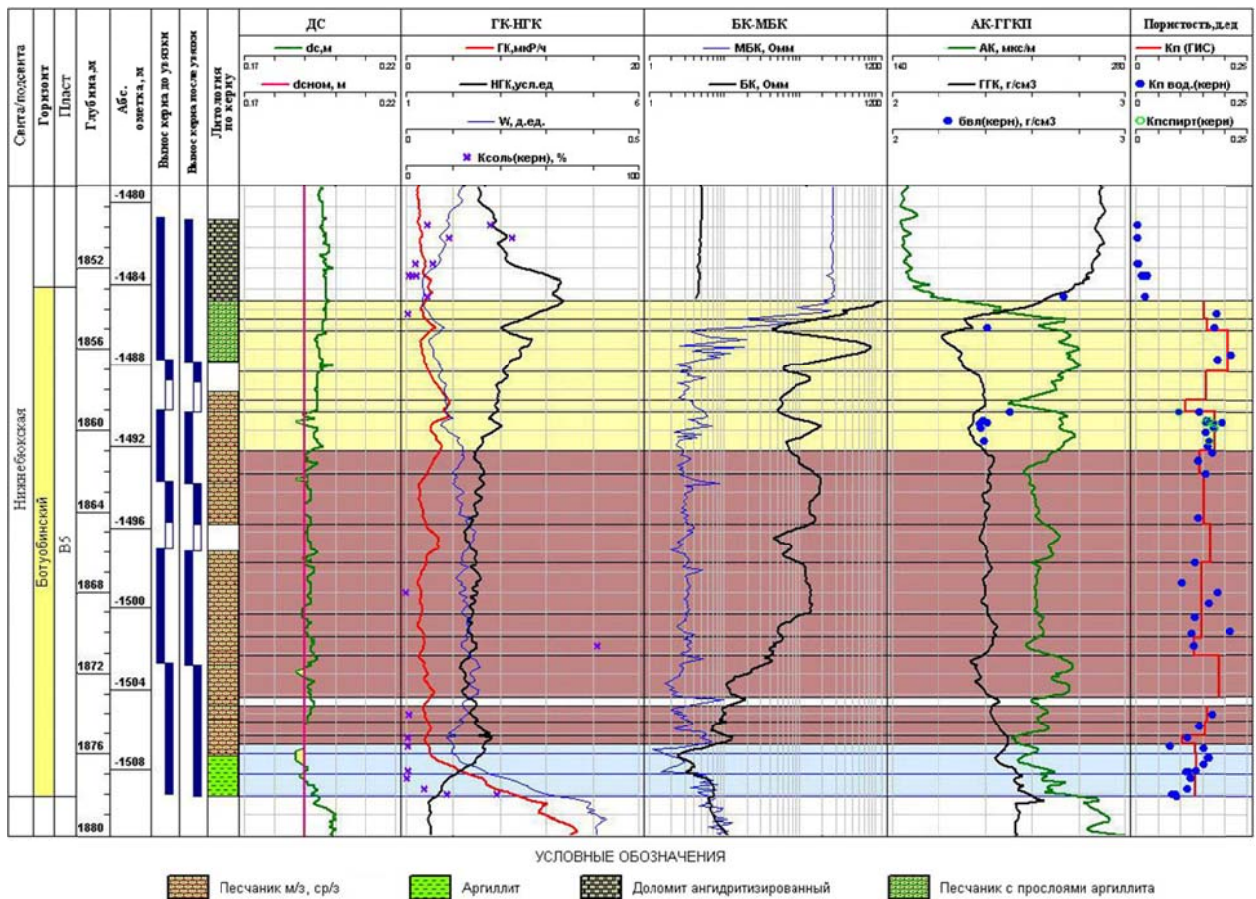


Рисунок 4-Б. Геолого-геофизическая характеристика ботубинского продуктивного горизонта на примере одной из скважин Чаюдинского НГКМ [6]

Парфеновский горизонт верхней подсвиты чорской свиты представлен неравномерным чередованием песчаников, алевролитов и аргиллитов (**рисунки 5-А, Б**). Породы залегают на аргиллитах и алевролитах нижней подсвиты чорской свиты и перекрываются карбонатно-сульфатными отложениями катангской свиты. Мощность горизонта варьирует от 30 до 60 м. В целом можно выделить две части: нижнюю, – преимуще-

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СЕДИМЕНТОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОВОМ ИНЖИНИРИНГЕ

ственно алевритоглинистую и верхнюю, – с преобладанием песчаного материала. В отличие от ботубинского пласта, разрезы центральной части АЛС существенно отличаются друг от друга и двучленное деление призвано в первую очередь отразить общее изменение условий осадконакопления.

В нижней части состав глинистого материала преимущественно хлорит-гидро-слюдистый. Алевритовая примесь состоит в основном из кварца, в меньшем количестве присутствуют полевые шпаты и слюды (мусковит, биотит). Алевролиты характеризуются слюдисто-полевошпат-литито-кварцевым составом. Особенностью алевропесчаных пород рассматриваемой пачки является широкое развитие (от 10 до 30 %) хлорит-гидро-слюдистого порово-пленочного цемента, содержание которого в более тонко-зернистых разновидностях возрастает. Крайне редко в порах отмечаются выделения доломита, крупные кристаллы которого, разрастаясь, включают близлежащие обломки пород и полевых шпатов.

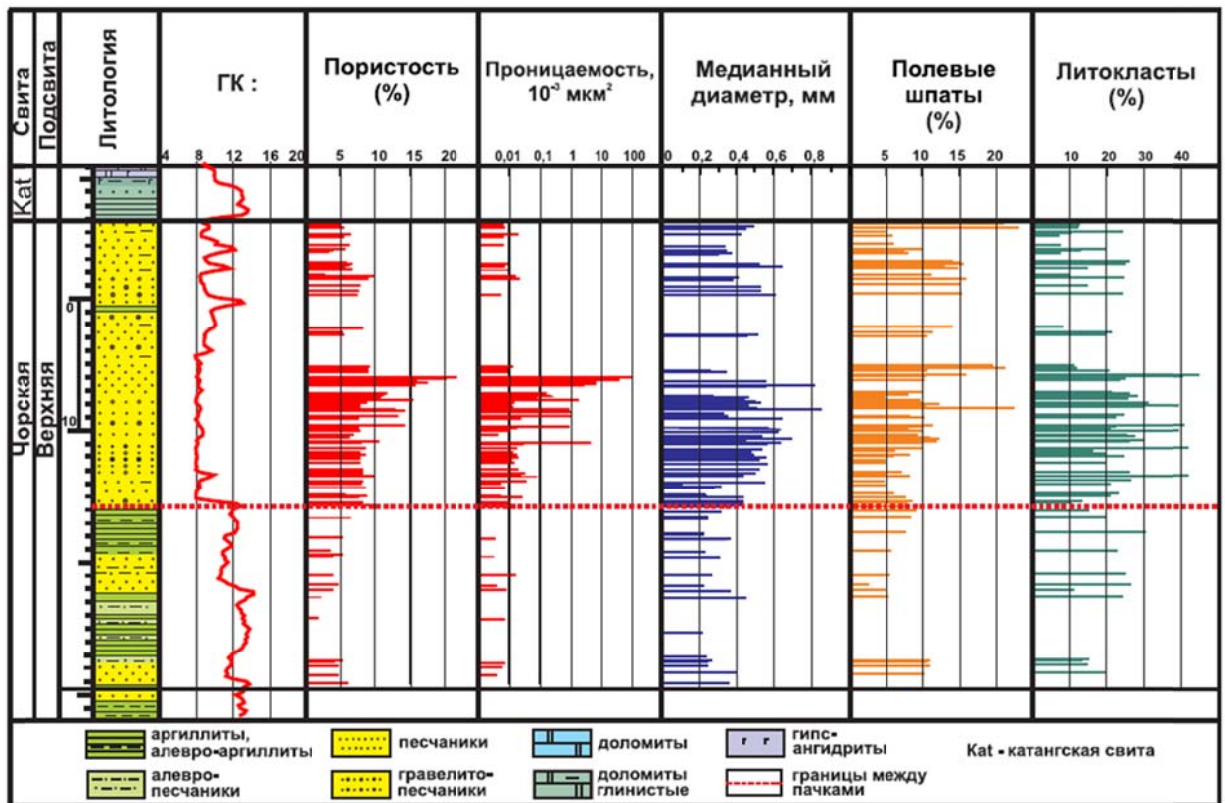


Рисунок 5-А. Распределение пористости, проницаемости, гранулометрического состава, полевых шпатов и литокластов в парфеновском горизонте на примере одной из скважин центральной части Ангаро-Ленской ступени [16]

Верхняя часть разреза сложена, главным образом, песчаниками серыми с буроватым оттенком, в основном мелко-средне-крупнозернистыми, плохо сортированными, прослоями гравелитистыми, полевошпат-литито-кварцевыми, реже слюдисто-полевошпат-литито-кварцевыми, от массивных до полого-косослоистых. Литокласты представлены в широком спектре – от кварцитов до фрагментов синседиментационных глинистых пород. Последние образовались во многих случаях при врезании русла в

пойменные отложения. Отмечается общий тренд уменьшения зернистости вверх по разрезу.

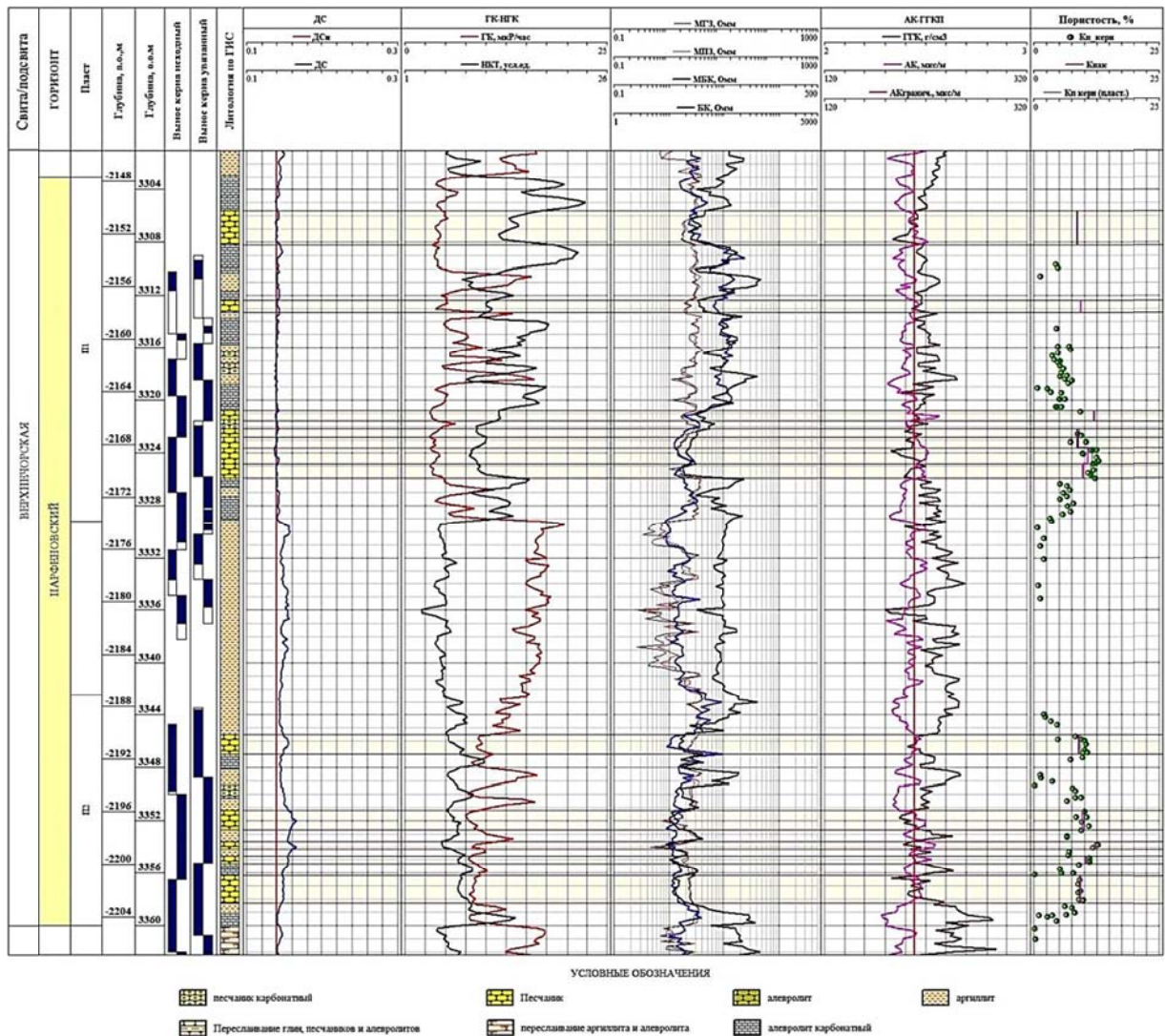


Рисунок 5-Б. Геолого-геофизическая характеристика парфеновского продуктивного горизонта на примере одной из скважин Ковыктинского ГКМ [6]

Состав цементирующего материала в парфеновских песчаниках сложный и изменчивый. Преобладающим является пленочно-поровый хлорит-гидрослюдистый цемент (10...20 %), но его содержание сокращается до 1...5 % в прикровельной части. Подчиненное значение имеет кварцевый регенерационный цемент (1...5 %), количество которого возрастает вверх по разрезу, достигая в более мелкозернистых разновидностях 10 %. Крайне редко встречается пойкилитовый доломитовый цемент, причем во всех разрезах его содержание несколько увеличивается в основании горизонта (до 10...15 %). Таким образом, оба горизонта представлены обломочными породами, однако состав их различен.

Распределение полевых шпатов и литокластов в парфеновском горизонте закономерно. В песчаниках ботубинского горизонта фиксируется четкий тренд на уменьшение содержания полевых шпатов вверх по разрезу. На основе полученных данных

можно сделать вывод, что источником сноса при формировании отложений парфеновского горизонта являлись породы орогенных поднятий Присяянья и Прибайкалья. Обломочный материал пород ботуобинского горизонта, вероятнее всего, был привнесен из Прибайкальской области и/или с локальных поднятий, которые находились на территории современной Непско-Ботуобинской антеклизы [11]. Авторы [13] отмечают, что в пределах Среднеботуобинского месторождения ботуобинский горизонт представлен зрелым песчаным материалом, неоднократно переработанным в условиях существовавшей крупной баровой системы.

Гранулометрический состав пород также различен. Продолжительная переработка существенно кварцевого материала в условиях крупного проградирующего бара получила отражение в четко прослеживаемом тренде на укрупнение зернистости вверх по разрезу ботуобинского горизонта. Аллювиальные и прибрежные обстановки накопления осадков парфеновского горизонта привели к формированию разнонаправленных последовательностей метрового масштаба, соответствующих аллювиальным циклам, в том числе в пределах дельтовых равнин плоских дельт и проградации прибрежных и приустьевых баров.

Как уже отмечалось, породы горизонтов отличаются составом цементирующего материала. Повсеместно отмечаются тренды, фиксирующие изменение содержания того или иного типа цемента. Для ботуобинских песчаников характерно в целом незначительное развитие цементов в разрезе, при этом основным является регенерационный кварцевый, а в парфеновском доминирует порово-пленочный глинистый.

Породы обоих горизонтов характеризуются общим трендом на возрастание роли регенерационного кварцевого цемента вверх по разрезу, который коррелирует с увеличением кварцевой компоненты в составе обломочной части.

В породах ботуобинского горизонта очень низкое содержание порово-пленочного глинистого (преимущественно гидрослюдистого) цемента, и его распределение хорошо коррелирует с содержанием полевых шпатов. В отложениях парфеновского горизонта глинистый цемент развит по всему разрезу, представлен как хлоритовым, так и слюди-сто-железистым материалом. В целом его количество составляет от 10 до 32 %. Также наблюдается общая корреляция между содержанием полевых шпатов и литокластов и количеством глинистого цемента.

Ангидрит-доломитовый тип цемента развит в породах обоих горизонтов весьма слабо (первые проценты). В ботуобинских песчаниках его содержание возрастает в приграничных зонах до 10...15 %. В разрезах парфеновского горизонта количество ангидрит-доломитового цемента достигает 10...15 % лишь в основании. Такое распределение можно объяснить различием путей миграции карбонатно-сульфатных пластовых вод.

ОБСТАНОВКИ СЕДИМЕНТАЦИИ

Реконструкция обстановок седиментации базировалась на анализе типов отложений со своими специфическими структурно-текстурно-морфологическими характеристиками, определяющими параметры и механизм седиментации, и их разноранговых

последовательностей. Детальное седиментологическое изучение керн сопровождалось анализом данных геофизических исследований скважин, в первую очередь кривых гамма-каротажа.

В песчаниках ботубинского горизонта наиболее развиты субгоризонтальная и полого-наклонная слоистости, хотя в нижней части разреза отмечаются косая (иногда разнонаправленная) и волнистая. Часто в песчаниках отмечались «двойные» слойки аргиллитов, которые свидетельствуют, наряду с шевронной слоистостью, о влиянии на седиментацию приливно-отливных течений. Формирование песчаников ботубинского горизонта происходило в условиях крупной баровой системы, с ее периодическим выдвиганием и отступанием, о чем свидетельствуют (на фоне общего тренда на возрастание зернистости вверх по разрезу) последовательности метрового масштаба с возрастанием зернистости вверх по разрезу, включая крупнозернистые отложения гребня бара. Кроме того, наблюдаются нечеткие мелкомасштабные последовательности с уменьшением зернистости вверх, которые представляют собой образования приливно-отливных каналов, секущих баровую систему. Эти выводы не противоречат имеющимся представлениям о генезисе песчаников ботубинского горизонта [8–10].

Реконструкция палеогеографических условий седиментации продуктивных отложений ботубинского горизонта

Такой вывод был сделан на основе ретроспективного анализа публикаций на профильную тему многих региональных исследователей (г.г. Новосибирск, Красноярск, Томск и др.), которые специализируются именно на отложениях венда Восточной Сибири)

Вышеназванными специалистами в пределах исследуемой территории выделяют три основных группы фаций:

1. Баров и барьерных островов.
2. Пляжей и приливно-отливных равнин.
3. Приливно-отливных каналов и потоков.

Ботубинский горизонт является наиболее изученным на территории района исследования является (B5, согласно стратиграфическому расчленению авторов [17]). Большая часть песчаников ботубинского горизонта относится ими к типу средне-мелкозернистых и мелко-среднезернистых песчаников с небольшой примесью (менее 10 %) алевритового материала. Песчаные разности, от крупно-среднезернистых до средне-крупно-зернистых, развиты спорадически, тяготея преимущественно к западной части полосы распространения горизонта. В разрезах скважин такие песчаники приурочены обычно к верхним частям, а при ритмичном строении разрезов наблюдаются в кровле ритмов.

Состав пород полевошпатово-кварцевый и кварцевый, оба типа встречаются в разрезах с примерно одинаковой частотой/ Цемент регенерационный кварцевый и неравномерный пойкилитовый ангидритовый, эпизодически развит доломитовый и кальцитовый цемент. Для обоих литотипов характерны песчаники кварцевого состава со средним содержанием полевых шпатов до 6 %. Различием является повышение содержания ангидрита до 20 % и доломита – до 10 %.

Положение баровых песчаников ботуобинской баровой системы контролируется простиранием регионального палеосклона, в северо-западном и в юго-восточном направлениях песчаники замещаются на песчано-алевритито-глинистые и карбонатные отложения (см. рисунок 6). Установлено [17], что в северной части района в то время обнажались гранитогнейсы фундамента, юго-восточнее их проходила полоса обнажений песчаников талахской свиты и её аналогов. Значительное влияние на контуры области распространения песчаников оказал также рельеф дна ботуобинского палеобассейна: так, крупное тело песчаников накопилось над аргиллитами нижнепаршинской подсвиты и её аналогов с карбонатной пачкой в средней части. Положение внешней границы этой пачки и контролировало положение отмельной песчаниковой террасы в ботуобинское время (Ефимов А.О., Чернова Л.С., Фомин А.М., Лебедев М.В., 1991).

Фации пляжевых песчаников ботуобинской баровой системы закартированы в виде широкой полосы, расположенной вдоль центральных районов Мирнинского выступа субпараллельно береговой линии. Кроме того, коса пляжевых песчаников расположена между юго-восточной частью Тас-Юрхской и северной частью Иктехской площадей (см. рис. 6). От предполагаемой береговой линии пляжевая коса отделена широкой областью лагун и приливно-отливных равнин, а в сторону бассейна она постепенно сменялась обстановками осадконакопления шельфа.

Средне-мелкозернистый состав и хорошая отсортированность песчаных тел, расположенных вкрест простирания ботуобинского горизонта, и как бы «вливающихся» в него со стороны берега указывают на генетическое родство с пляжевыми песчаниками; с другой стороны, характерное увеличение значений гамма-каротажа вверх по разрезу песчаного тела, появление в его кровле глинистых прослоев – на потоковую природу осадка. Всё вышесказанное, с учётом залегания этих тел среди приливно-отливного происхождения карбонатных пород позволяет предположить, что они образовались в обстановках крупных приливно-отливных протоков, поставлявших обломочный материал в область пляжа [Лебедев М.В., Чернова Л.С.]. Авторами (А. М. Фомин, Т. А. Данькина, 2010) было сделано предположение, что распределение эффективных толщин и качество коллекторов в изучаемых отложениях подчиняется, главным образом, распределению толщин песчаников; однако, данное утверждение представляется нам небесспорным и требующим дальнейших подтверждений.

В отложениях парфеновского горизонта преобладает пологая косая слоистость, реже встречается субгоризонтальная. В нижней части горизонта отмечались троговая и мелкая планарная косая слоистость и знаки ряби волнения. Парфеновский горизонт охарактеризован разнонаправленными последовательностями метрового масштаба, отражающими разнообразие обстановок седиментации отложений, которые довольно резко сменяются по латерали и в разрезе. Во время формирования нижней части горизонта доминировали обстановки мелкого и среднего шельфа (крупного залива) с накоплением алевритисто-глинистого материала и периодическим продвижением мелких баров и/или их «языков».

В западном направлении возрастала роль отложений, которые накапливались в пределах плоских дельт и аллювиальных равнин. Отложения верхней части горизонта

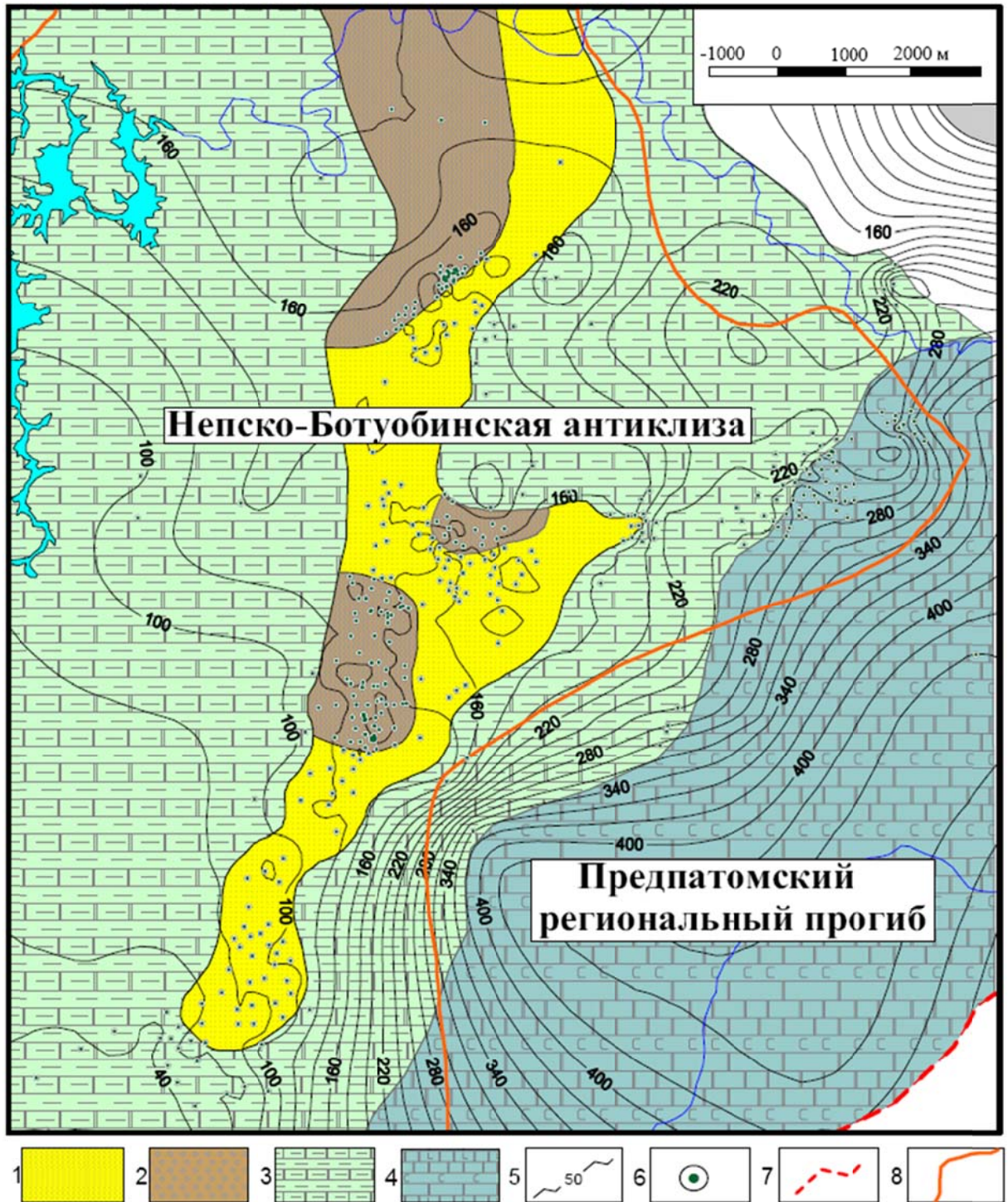


Рисунок 6. Схема распространения ботубинского нефтегазоносного горизонта. [17]

Области распространения песчаных отложений: 1) преимущественно мелкозернистых и средне-мелкозернистых, 2) переслаивания средне-крупнозернистых и средне-мелкозернистых. Области распространения сульфатно-карбонатных отложений буюкской свиты: 3) с прослоями аргиллитов и глинистых доломитов, 4) с прослоями каменной соли. 5) Изопахиты буюкской свиты. 6) Скважины. Границы: 7) Сибирской платформы; 8) Непско-Ботубинской антеклизы.

сформировались в пределах прибрежной аллювиальной равнины. Они характеризуются более разнообразным составом, где существенную роль играет лититовая компонента. Хорошо выделяются аллювиальные циклы с песчаниками с крупной наклонной слоистостью мигрирующих русловых дюн. Здесь также фиксируются интервалы, сформировавшиеся в распределительных руслах плоских дельт при активном влиянии приливно-отливных течений, и маломощные приустьевые бары.

В самом конце парфеновского времени постепенно возрастала роль прибрежных морских обстановок. Важная роль образований прибрежных и аллювиальных равнин в составе парфеновского горизонта отмечалась и другими исследователями [12].

Таким образом, в обоих случаях приливно-отливные течения оказывали значительное влияние на формирование отложений. Это нашло отражение в образовании приливно-отливных каналов в ботубобинской баровой системе, и в приливно-отливных и распределительных руслах в пределах парфеновской аллювиально-дельтовой системы.

ВЫВОДЫ

Основным результатом выполненных исследований явилось установление пространственно-временного континуума палеогеографических обстановок седиментации квазиизохронных парфеновского и ботубобинского продуктивного горизонтов:

- парфеновский (АЛС) – разветвленная система аллювиальных и флювиальных дельт, сформированных палеоводотоками с различными палеогидродинамическими уровнями седиментации;
- ботубобинский (НБА) – прибрежно-морская обстановка седиментации мегаострова // микро-континента, территориально приуроченного к НБА.

Таким образом, оба вышеназванных горизонта являются продуктом двуединого процесса седиментации в пределах границ вендского палеобассейна / Восточно-Сибирского пра-океана.

Анализ литолого-петрофизических характеристик парфеновского горизонта АЛС и ботубобинского горизонта НБА, которые имеют близкую стратиграфическую позицию, показал, что на формирование этих коллекторов наряду с седиментационными факторами существенное влияние оказали постседиментационные процессы. Установлено, что массовое развитие кварцевого регенерационного и пойкилитового доломитового цемента привело к существенному снижению пористости и проницаемости пород. Однако интенсивность развития этих типов цемента зависела от состава обломочной части пород.

Сравнительный анализ показал, что породы парфеновского и ботубобинского горизонтов существенно различаются по составу обломочного материала и обстановкам седиментации. Наиболее разнообразны по типам пород аллювиальные и прибрежно-морские комплексы парфеновского горизонта, в которых наилучшими коллекторскими свойствами обладают полевошпат-литито-кварцевые русловые песчаники с преимущественно хлоритовым цементом. В морских баровых песчаниках ботубобинского горизонта хорошие фильтрационно-емкостные характеристики фиксируются в полевошпат-

кварцевых песчаниках его средней части с минимальным развитием пойкилитового доломитового и кварцевого регенерационного типов цемента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пространственно-временной подход в настоящее время входит в методологическую базу всех современных социальных наук, базирующихся на философии и социологии. В связи с этим, (как считают авторы данной работы), возникла необходимость обобщить данную проблему множеством конкретных научных знаний и осмыслить ее с точки зрения региональной геологии и стратиграфии. При этом, следует принять во внимание тот факт, что методологические подходы к пространственным определениям, а затем и к временным, – менялись от эпохи к эпохе, так как социальный прогресс выдвигает на первый план то одни, то другие аспекты пространственно-временного осмысления и субъективного представления окружающего мира человеком.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анциферов А.С., Бакин В.Е., Воробьев В.Н. и др. Непско-Ботуобинская антеклиза – новая перспективная область добычи нефти и газа на Востоке СССР. – Новосибирск: Наука, 1986. – 239 с.
2. Ахияров В.Х., Ахияров А.В., Поляков Е.Е. Разработка методики идентификации фациальных обстановок формирования терригенных продуктивных отложений по геолого-геофизическим данным. // Сборник научных трудов ВНИИ Геоинформсистем. – М.: Геоинформатика, 1997, 57 с.
3. Ахияров А.В. Каротажные образы фаций: их единство во времени и в пространстве. – М.: Геофизика, № 6, 2005, стр. 30 – 39.
4. Ахияров А.В., Орлов В.И., Бондарев А.Н. Зависимость продуктивности терригенных коллекторов от их фациальной принадлежности на примере парфеновского горизонта Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Геофизика. – № 6. – 2007. – С. 60–67.
5. Дробот Д.И., Городничев В.И. Эпигенез нафтидов в рифей-вендских и кембрийских отложениях юга Сибирской платформы // Нефтегазоносность Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1981. – С. 63–73.
6. Земченков А.С. Доклад: Трехединный подход к изучению коллекторских свойств терригенных отложений венда Восточной Сибири, подвергшихся постседиментационному засолонению. // Сборник докладов – CD-ROM. // I-ая Международная конференция «Актуальные вопросы исследования нефтегазовых пластовых систем» SPRS-2016. ООО "Газпром ВНИИГАЗ". – Москва 12-14 сентября 2016 года.
7. Кондрина К.С. Литология пород-коллекторов парфеновского горизонта Братского газоносного района // Коллекторы нефти и газа в палеозойских и мезозойских отложениях Сибирской платформы: сборник научных трудов СНИИГГиМС. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1978. – С. 39–45.
8. Решения четвертого Межведомственного регионального стратиграфического совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. – 64 с.
9. Мельников Н.В., Якшин М.С., Шишкин Б.Б. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2005. – 428 с.

10. Тыщенко Л.Ф. Региональные корреляции отложений мотской свиты в Иркутском амфитеатре // Проблемные вопросы литостратиграфии: сборник научных трудов. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 149–158
11. Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И., Фролов С.В., Ахманов Г.Г., Фадеева Н.П., Марданова С.Р., Лукина Э.Р. Обстановки седиментации венд-нижнекембрийского комплекса Восточной Сибири // Материалы Международной Геофизической конференции – Тюмень, 2007. – CD-ROM.
12. Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И., Фролов С.В., Бакай Е.А., Ахманов Г.Г., Крылов О.В. Седиментационный контроль нефтегеологических свойств вендско-кембрийских формаций Лено-Тунгусского бассейна. – М.: Георесурсы № 2 (61) 2015, стр. 28 – 40.
13. Кондрина К.С., Чернова Л.С., Дергачева Т.Н. Особенности строения и коллекторские свойства вендского резервуара нефти и газа южной части Сибирской платформы // Литология резервуаров нефти и газа в мезозойских и палеозойских отложениях Сибири: сборник научных трудов СНИИГГиМС. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1982. – С. 15–27.
14. Лебедев М.В., Чернова Л.С. Фациальные модели терригенных отложений венда северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы (Сибирская платформа) // Геология и геофизика. – 1996. – Т. 37. – С. 51–64.
15. Пушкарева М.М. Закономерности строения и перспективы нефтегазоносности парфеновского горизонта Ангаро-Ленской ступени и ботуобинского горизонта северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы. – Новосибирск: Известия Новосибирского Государственного университета, стр. 119 – 121
16. Пушкарева М.М., Хабаров Е.М., Вараксина И.В. Литологическая характеристика парфеновского и ботуобинского продуктивных горизонтов венда Ангаро-Ленской ступени и Непско-Ботуобинской антеклизы. – Томск: Известия Томского политехнического университета. 2013. Т. 323. № 1 стр. 78 – 83
17. Фомин А.М., Данькина Т.А. Распределение пород-коллекторов в нефтегазоносных горизонтах северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 316. – № 1. – С. 57–61.
18. Шемин Г.Г., Фортунатова Н.К. Детальная корреляция вендско-нижнекембрийских подсолевых отложений Предпатомского регионального прогиба и смежной территории Непско-Ботуобинской антеклизы (Сибирская платформа). – Нефтегазовая геология, № 4 (12), 2012, стр. 8 – 25.



Ахияров Александр Влерович. Кандидат геолого-минералогических наук, академик Международной Академии минеральных ресурсов, ведущий научный сотрудник лаборатории подсчёта запасов углеводородов Центра ресурсов и запасов углеводородов ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Москва.



Земченков Александр Сергеевич. Инженер I-ой категории лаборатории физики пласта Корпоративного Центра исследования нефтегазовых пластовых систем ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Москва.