

Литолого-фациальные особенности ботуобинского горизонта юго-восточной части Среднеботуобинского нефтегазоконденсатного месторождения (Восточная Сибирь)

Д.О. Смирнова^{1*}, А.В. Мордасова¹, Н.И. Коробова¹, В.Ю. Близнюков²,
Р.С. Сауткин¹, М.Е. Воронин¹, Н.В. Алексеев¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Российская академия естественных наук, Москва, Россия

Изучение потенциала Восточной Сибири на нефть и газ представляет собой стратегически важную задачу в контексте обеспечения энергетической безопасности Российской Федерации и диверсификации ресурсной базы углеводородов. Активное изучение нефтегазоносности Сибирской платформы началось в середине XX века, однако вопросы, связанные с перспективностью вендских терригенных отложений, остаются открытыми до настоящего времени. В статье представлены результаты литолого-фациального изучения ботуобинского горизонта юго-восточной части Среднеботуобинского месторождения. Целью работы является поиск интервалов с лучшими коллекторскими свойствами в пределах горизонта и прогноз их пространственного распределения на основе комплексного литолого-фациального и циклического анализов. Обобщая результаты исследований керна, установлено, что лучшие фильтрационно-емкостные свойства приурочены к средней части горизонта, где развиты отложения берегового склона, приливно-отливных каналов и песчаной литорали. Кроме того, определены вторичные процессы (засолонение, регенерация кварца, ангидритизация и карбонатизация), которые ухудшают фильтрационно-емкостные свойства продуктивной части разреза. Интенсивность проявления вторичных процессов неодинакова в разных литофациях, что связано с особенностями строения пустотного пространства и со стадиями формирования залежи.

Ключевые слова: Сибирская платформа, Среднеботуобинское месторождение, ботуобинский горизонт, литолого-фациальный анализ, фильтрационно-емкостные свойства, вторичные изменения

Для цитирования: Смирнова Д.О., Мордасова А.В., Коробова Н.И., Близнюков В.Ю., Сауткин Р.С., Воронин М.Е., Алексеев Н.В. (2025). Литолого-фациальные особенности ботуобинского горизонта юго-восточной части Среднеботуобинского нефтегазоконденсатного месторождения (Восточная Сибирь). *Георесурсы*, 27(2), с. 151–160. <https://doi.org/10.18599/grs.2025.2.12>

Введение

Ботуобинский горизонт относится к нижнебюкской подсвите верхнего венда, его средняя мощность составляет от 10 до 40 м. Промышленная нефтегазоносность доказана на Чаяндинском, Тас-Юряхском и Среднеботуобинском месторождениях. Считается, что ботуобинский горизонт сложен в основном кварцевыми песчаниками с незначительной примесью алевролитов и аргиллитов. Однако, детальный анализ результатов исследований керна показал неоднородность горизонта, весьма разнообразный гранулометрический состав и различные текстурно-структурные особенности. Фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) меняются в широких пределах. При средних

значениях пористости и проницаемости 11–16%, 150 мД соответственно, пористость пород может достигать 23%, а проницаемость 2600 мД.

С целью прогноза ФЕС произведены литолого-фациальные исследования и построены схемы осадконакопления. Для каждой фации выполнен анализ вторичных изменений и построены графики зависимости коэффициента проницаемости от коэффициента открытой пористости. Осадконакопление горизонта происходило в прибрежно-морских условиях, однако существуют разные точки зрения о типе побережья. Поскольку нет современных аналогов вендских обстановок (отсутствие высшей растительности), существуют три основных мнения: А.М. Фомин, Т.А. Данькина (Фомин, Данькина, 2010) и В.А. Жемчугова (Жемчугова, 2014) придерживаются модели приливно-отливного побережья, при этом в работе А.М. Фомина и др. (Фомин и др., 2017) следует раскрытие особенностей формирования ботуобинского горизонта как сложной полифациальной и полихронной баровой системы, состоящей из 5 песчаных тел. А.В. Плюснин

* Ответственный автор: Дарья Олеговна Смирнова
e-mail: d.smirnova@oilmsu.ru

© 2025 Коллектив авторов

Статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией Creative Commons Attribution (CC BY) License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

(Плюснин, 2019) придерживается модели дельтового побережья с волновым влиянием. Н.И. Акулов и Р.Р. Валеев (Акулов, Валеев; 2016, Валеев, 2022) развивают концепцию дельтового побережья с волновым и приливно-отливным влиянием. Дельтовый генезис отложений предполагается на основании проградационного строения комплекса с увеличением зернистости вверх по разрезу, связанной с развитием в нижней части разреза преимущественно глинистых отложений продельты, а в верхней – песчаных осадков склона фронта дельты, береговых валов и др. (Плюснин, 2019). Модель ботубинского горизонта, предложенная Валеевым Р.Р., предполагает, что отложения были сформированы также в дельтовых условиях, однако к концу формирования горизонта совершился переход к преобладанию волновых процессов с приливно-отливным влиянием и формированием дельты волнового типа. Аргументами в пользу приливно-отливного типа побережья могут являться наличие в отложениях текстур оползания, разнообразная косая слоистость различной ориентировки, пятна синседиментационного ангидрита, характерного для фаций супралиторали (Жемчугова, 2014). Последние особенности были проявлены в изученных отложениях ботубинского горизонта, поэтому авторы придерживаются концепции приливно-отливного побережья.

Методы исследования и данные

Ботубинский горизонт содержит большое количество залежей нефти и газа на территории Мирненского выступа и Непского свода Непско-Ботубинской антеклизы (рис.1). Суммарные запасы углеводородов оцениваются

более 650 млн т нефти и 550 млрд м³ газа, однако нефтепользователи сталкиваются со сложностью прогноза ФЕС и трудностями при разработке месторождений. Для определения зон развития наилучших коллекторов произведены реконструкции условий осадконакопления, установлены критерии выделения фаций по керну и рассмотрены процессы вторичных преобразований пород. Для сопоставления интервалов разреза и прогноза свойств отложений в пределах лито-фациальных групп пород применен метод цикло-стратиграфического анализа, с помощью которого в пределах ботубинского горизонта были выделены циклиты. Каждый циклит характеризуется определенным набором фаций, последовательной сменой структурно-текстурных характеристик горных пород, которые отражаются на данных каротажа скважин. Затем, циклиты и свойства слагающих их пород были прослежены в пределах изучаемой территории. Фактическим материалом для корреляции разрезов послужили данные геофизических исследований скважин (ГИС) и керновый материал (более 15 скважин): фотографии, литологическое описание, результаты петрофизических исследований, гранулометрического и рентгенофазового анализа (РСА), рентгенофлуоресцентной спектрометрии (РФА) и растровой электронной микроскопии (РЭМ).

Результаты исследования

1. Литофациальные типы пород ботубинского горизонта и критерии их выделения по керну

Отложения ботубинского горизонта на территории Мирненского выступа и Непского свода Непско-Ботубинской антеклизы формировались в условиях

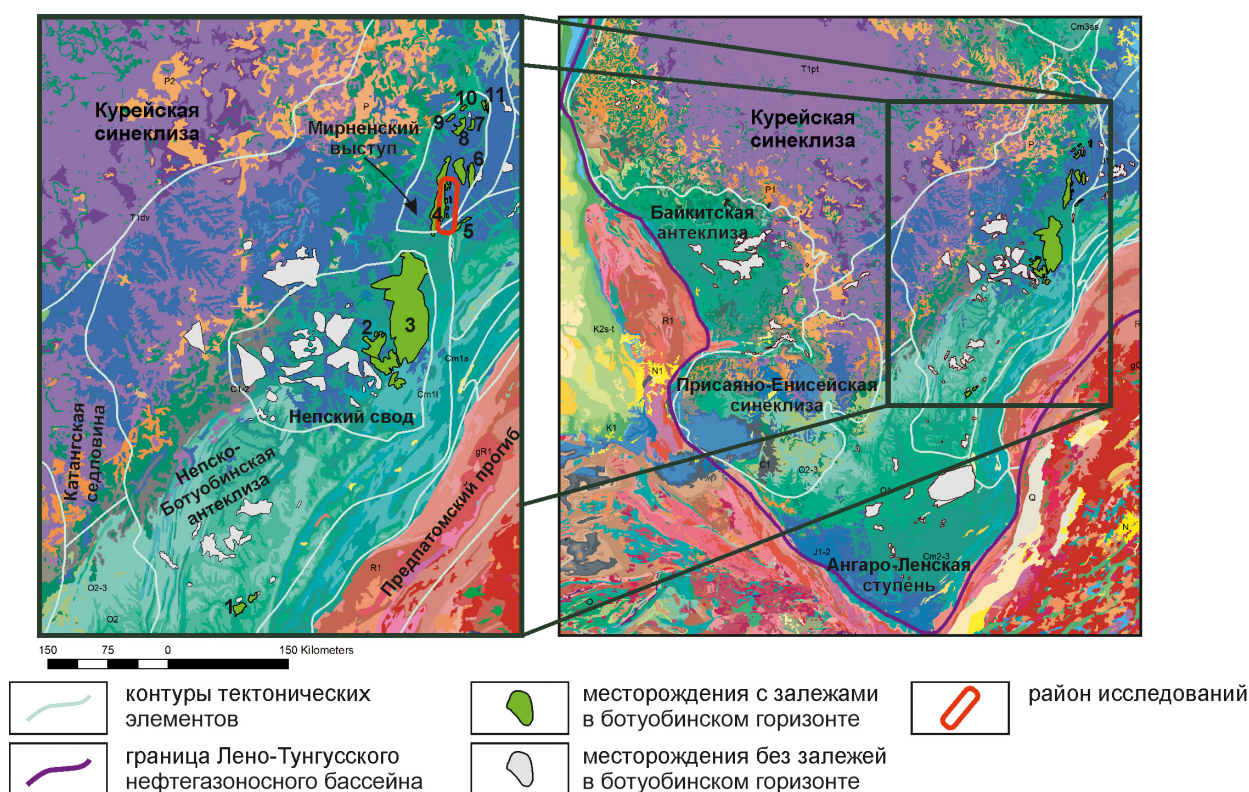


Рис. 1. Геологическая карта района работ с тектоническими элементами и залежами нефти и газа в отложениях ботубинского горизонта. Месторождения с залежами в отложениях ботубинского горизонта: 1 – Марковское, 2 – Талаканское, 3 – Чаяндинское, 4 – Среднеботубинское, 5 – Хотого-Мурбайское, 6 – Тас-Юряхское, 7 – Нелбинское, 8 – Мирнинское, 9 – Мачобинское, 10 – Иреляхское, 11 – Станяхское (Геологическая карта России и прилегающих акваторий, 2004 с изменениями).

прибрежно-морской равнины, периодически заливаемой морем. В разрезе ботубинского горизонта выделены шесть литофациальных типов пород, осадконакопление которых соответствует фациальным обстановкам супралиторали, литорали со смешанным осадконакоплением, песчаной литорали, берегового склона, переходной зоны берегового склона и приливно-отливным каналам (рис. 2). Эти фации и ассоциирующиеся с ними породы сменяют друг друга последовательно в направлении от суши к морю и установлены в разрезах скважин, в соответствии с законом Вальтера-Головкинского, – снизу вверх.

Породы супралиторальной фации представлены разномзернистыми отложениями, в основном с алевро-гравийно-песчаной структурой и плохой сортировкой. Текстура отложений массивная, часто пятнистая за счет ангидрита. Наблюдаются трещины усыхания. Характерными

признаками пород супралиторали являются интенсивные ангидритизация, доломитизация отложений и наличие мелких приливно-отливных каналов. Такого типа породы часто встречаются в кровле ботубинского горизонта.

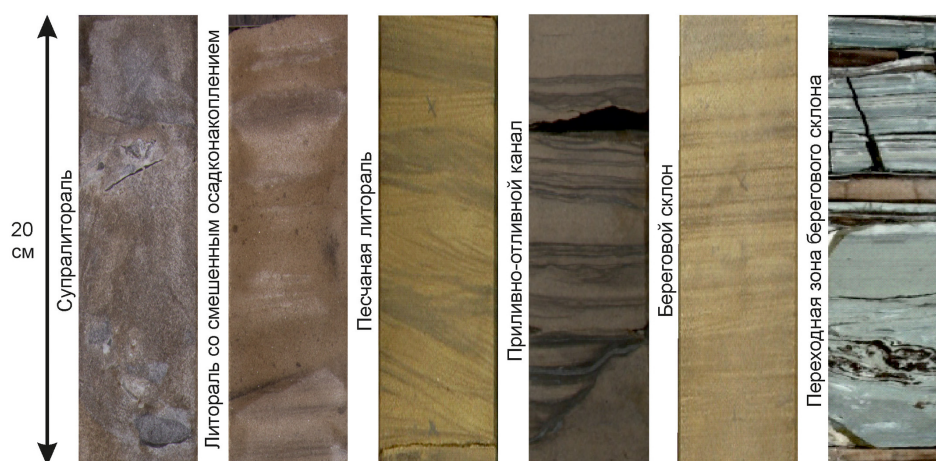
Породы, сформировавшиеся в обстановках литорали со смешанным осадконакоплением, представлены разномзернистыми алевролитами и песчаниками. Породы обладают плохой сортировкой зерен, текстуры тонкослоистые, фазерные параллельно-слоистые и линзовидные. Индикаторами фации являются хорошая окатанность зёрен и наличие глинистых прослоев.

Породы фации приливно-отливных каналов представлены мелко-среднезернистыми песчаниками с массивной, горизонтально-слоистой текстурой, а также крупной косой текстурой. Признак косой слоистости характерен для русловых врезов, в нижней части которых

Критерии определения фациальных обстановок пород

Фация	Супралитораль	Литораль со смешанным осадконакоплением	Песчаная литораль	Приливно-отливной канал	Береговой склон	Переходная зона берегового склона
Текстура	Массивная, пятнистая	Тонкослоистая, фазерная, линзовидная	Косая, разнонаправленная	Массивная, горизонтально-слоистая	Косая, однонаправленная, горизонтальная	Тонкослоистая, градационная, конволютная
Структура	Алевро-гравийно-песчаная	Крупно-среднезернистая, алевритистая	Разномзернистая, преимущественно средне-мелкозернистая, алевритистая	Мелко-среднезернистая	Крупно-среднезернистая	Тонко-мелкозернистая, алевритистая
Характерные признаки	Интенсивная доломитизация, мелкие приливно-отливные каналы	Хорошая окатанность зёрен, глинистые прослои	Плохая сортировка материала	Эрозионные врезы и литокласты в основании	Хорошая окатанность зёрен	Глинистые прослои, пирит

Фото-таблица характерных текстур лито-фаций ботубинского горизонта



Схематическая модель формирования ботубинского горизонта



Рис. 2. Критерии определения фациальных обстановок осадконакопления пород и схематическая модель формирования ботубинского горизонта

прослеживается эрозионная граница и обломки осадочных пород. Активная гидродинамика водных потоков в пределах распределительных каналов, близость источников сноса стали отчасти причиной плохой сортировки отложений. По отдельным каналам мог поступать как крупнозернистый материал, разносимый сильными и мощными потоками с близлежащей суши, так и мелкозернистый материал, поступавший во время трансгрессии береговой линии и действия слабых потоков.

Фация песчаной литорали представлена разнозернистыми, преимущественно средне-мелкозернистыми песчаниками и песчаниками алевритовыми с косой разнонаправленной текстурой. Гидродинамика в этой зоне была активной – действовали приливно-отливные течения и волны, из-за которых сортировка отложений становилась лучше в сравнении с приливно-отливными каналами, но в целом плохой, так как все ещё влияли фактор близости суши и приливно-отливные течения также приносили разнообразный материал.

Отложения фации берегового склона представлены крупно-среднезернистыми песчаниками с косой однонаправленной и горизонтальной слоистостью. Сортировка зерен, как правило, хорошая благодаря активной волновой гидродинамике и постоянному интенсивному поступлению песчаного материала вдоль береговой линии.

Отложения фации переходной зоны берегового склона представлены тонко-мелкозернистыми песчаниками, алевритовыми песчаниками, алевритами с тонкослойной и градиционной текстурой, конволлютной структурой оползания, многочисленными глинистыми прослоями и наличием пирита.

Апробация критериев выделения фаций по керну проведена для 10 скважин. В остальных скважинах отложения различных фаций прогнозировались по данным ГИС на основе циклостратиграфического анализа. При этом сравнивалось поведение кривых ГК, привязанных к керновому материалу, с аналогичными кривыми в скважинах без керна, а также результатами проведенного литолого-фациального анализа пород. По литературным данным известно, что суша располагалась на северо-западе от исследуемой территории, а более глубоководный бассейн – на юго-востоке, в Предпатомском прогибе (Мельников, 2018).

2. Цикличность строения ботубинского горизонта

Чередование фациальных типов пород и последовательная их смена вверх по разрезу позволили выделить в разрезе ботубинского горизонта циклиты, каждый из которых включает определенный набор литофациальных типов пород с характерными для них значениями ФЕС (рис. 3). Каждый циклит начинается с пород, осадконакопление которых проходило в условиях общей трансгрессии и повышения уровня моря. Заканчивается циклит отложениями прибрежной равнины или суши, накапливавшимися в условиях регрессии береговой линии. Появление новых более глубоководных отложений свидетельствует о начале нового цикла осадконакопления. Всего было проанализировано 20 скважин в разрезе ботубинского горизонта, в которых было выделено 4 циклита. Для понимания латеральной изменчивости фаций и составления лито-фациальной схемы построены

субмеридиональные и субширотные профили, пересекающие Мирненский выступ Непско-Ботубинской антеклизы (рис. 4) в юго-восточной части Среднеботубинского месторождения. Трансгрессивная часть циклита сложена более тонкозернистыми породами с плохой сортировкой зерен и с пониженными значениями пористости и проницаемости. По данным каротажа этой части разреза соответствуют максимальные значения ГК. Регрессивная часть циклита обычно сложена более крупнозернистыми отложениями прибрежных или континентальных фаций и характеризуется обычно снижением значений ГК.

Первый и второй циклиты характеризуются небольшими толщинами от 6 до 10 метров каждый, а их суммарная толщина не превышает 18 м. Сложены они преимущественно тонкозернистыми породами трансгрессивной части. Третий и четвертый циклиты имеют суммарные мощности до 29 м (в среднем 16–20 м), и более песчаный, средне-, крупно-, грубозернистый состав (рис. 5). Данные особенности изменения размера зерен внутри горизонта более достоверно можно проследить по медианному диаметру зерен, определенному по результатам гранулометрического анализа пород. От подошвы к кровле ботубинского горизонта медианный диаметр зерен изменяется от 0.25 до 0.41 мм, где более крупнозернистые отложения располагаются в его верхней части.

В пределах первого и второго циклитов осадконакопление на большей части месторождения проходило в обстановках берегового склона и его переходной зоны. В кровле первого циклита скважины С-7 наблюдаются отложения литорали со смешанным осадконакоплением. Второй циклит начинается с отложений фации берегового склона, которые вверх по разрезу сменяются породами, накапливавшимися в условиях песчаной литорали. Третий циклит сложен более мелкозернистыми отложениями, где преобладают литофации берегового склона, песчаной литорали и литорали со смешанным осадконакоплением. Переходная зона берегового склона наблюдается в самой южной скважине исследуемой территории – скв. Среднеботубинская – С-20. Формирование 4-го циклита начинается с фации песчаной литорали и берегового склона. В кровле этого циклита почти повсеместно в пределах месторождения наблюдаются отложения литорали со смешанным осадконакоплением и супралиторали.

Сопоставление литофаций по площади и по разрезу происходило по данным керна, привязанным к каротажным кривым, указывающим, в первую очередь, на изменение зернистости литофациальных типов отложений. Однако значения ГК не всегда свидетельствуют только об изменении размера зерен пород. Повышенной естественной радиоактивностью обладают также полевые шпаты (ПШ), которые чаще встречаются в регрессивной части разреза. Увеличение количества ПШ может быть связано с привнесением материала из незрелых кор выветривания вышедших на дневную поверхность и активно размываемых к концу цикла осадконакопления.

Степень зрелости кор выветривания можно косвенно оценить по содержанию полевых шпатов (Маслов, 2005). К примеру, в интервале 1944.81–1945.73 м скважины С-7 было замечено увеличение содержания суммы ПШ в кровле 2-го циклита и в подошве 3-го, что вероятно связано с размывом части территории, обнажившейся

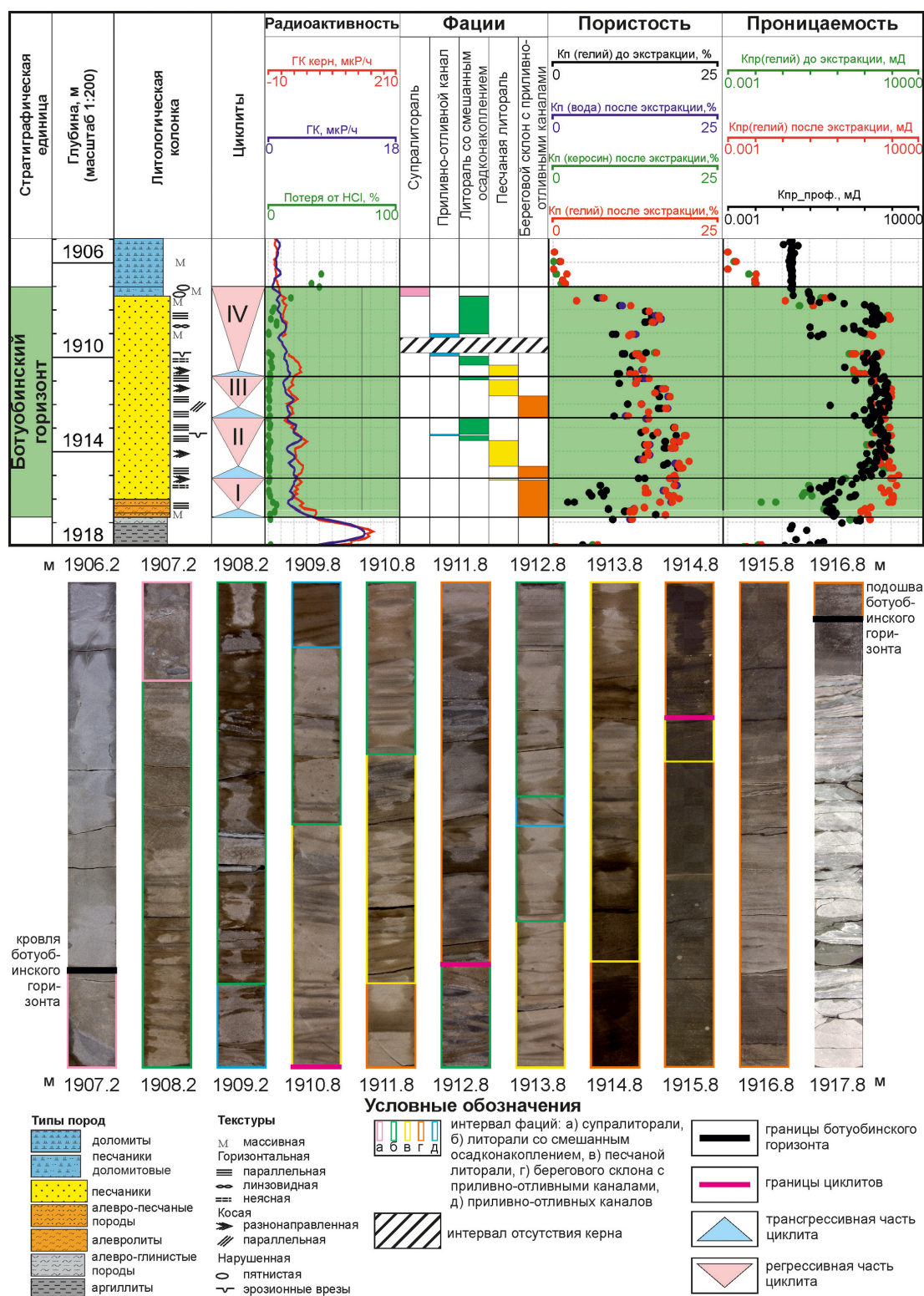


Рис. 3. Пример циклического анализа по ядру, каротажу и данным ФЕС Среднеботубинского месторождения

во время регрессии береговой линии (рис. 6). Привнос ПШ с близлежащей суши в прилегающие водоемы приводит к росту значений гамма-каротажа на фоне его общего снижения за счет уменьшения глинистой составляющей вверх по разрезу циклита.

Анализ цикличности строения ботубинского горизонта и особенностей смены литофациальных типов пород позволил проследить историю формирования отложений. Начало формирования отложений ботубинского

горизонта связано с повышением уровня моря, в результате которого на глинистых отложениях прибрежной равнины, временами, заливаемой морем, в пределах которой формировались отложения курсовской свиты, (Мельников, 2018), начали накапливаться тонко-мелкозернистые песчаники, песчаники алевритистые и алевролиты переходной зоны берегового склона, которые вверх по разрезу сменились песчаниками берегового склона. В первом нижнем циклите в отложениях берегового склона наблюдаются линзы

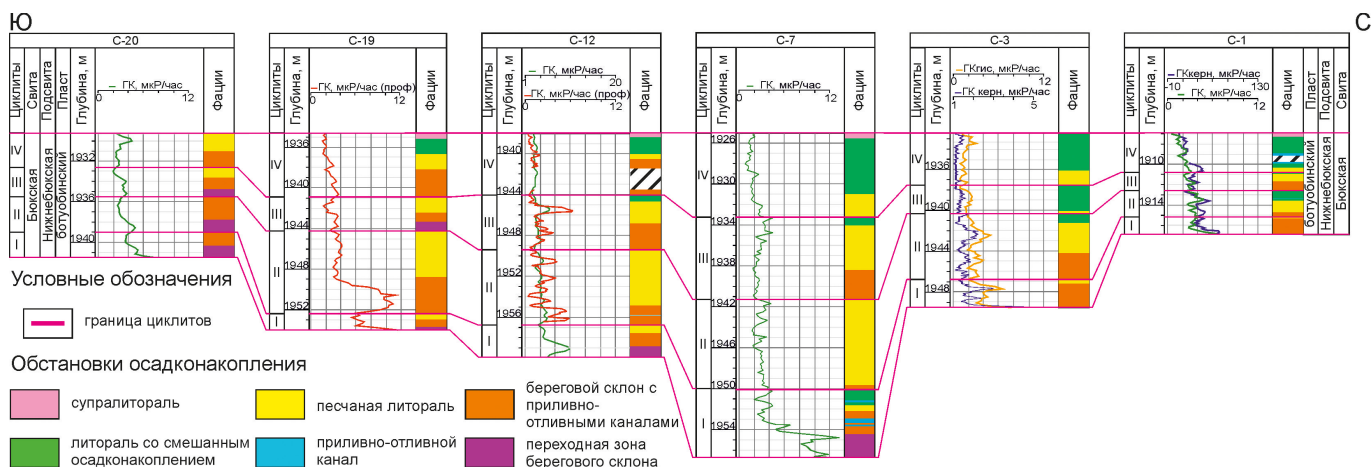


Рис. 4. Циклиты и фациальные обстановки осадконакопления, определённые по керну и ГИС (положение профиля на рис. 7)

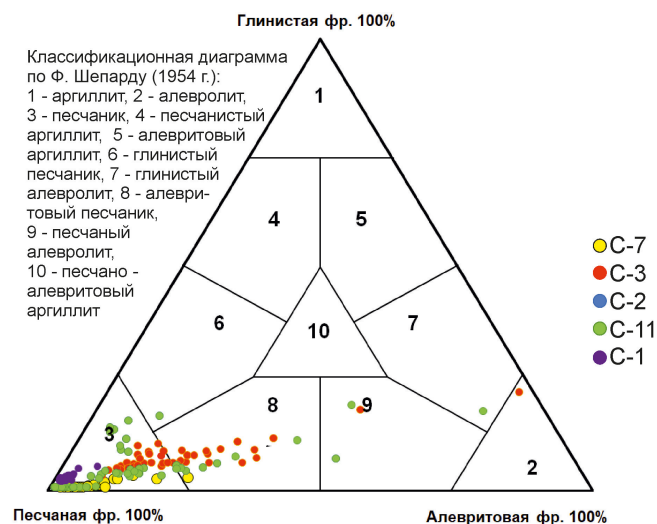


Рис. 5. Литологические типы горных пород ботубобинского горизонта по результатам гранулометрического анализа

песчаных пород, сформированные в условиях приливно-отливных каналов по которым обломочный материал транспортировался с северо-западной суши в сторону юго-восточного морского бассейна. Отложения второго циклита формируются в условиях новой трансгрессии, когда береговая линия смещается на юго-восток.

Отложения третьего циклита свидетельствуют о продолжении наступления моря. Песчаная литораль и литораль со смешанным осадконакоплением прорезается приливно-отливными каналами, которые переносят материал в зону берегового склона, при этом система каналов имеет весьма сложное строение (рис. 7). Завершается разрез новым наступлением моря в начале четвертого цикла осадконакопления, которое сменяется мелководными обстановками супралиторали в конце формирования ботубобинского горизонта.

3. Взаимосвязь ФЕС и фаций, особенности проявления вторичных процессов в пределах ботубобинского горизонта

Коллекторские свойства ботубобинского горизонта отличаются для различных литофаций и зависят от структурно-текстурных характеристик пород, определяемых

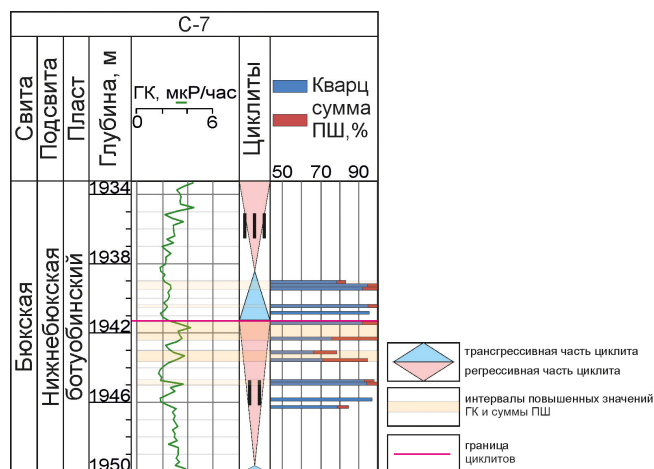


Рис. 6. Содержание кварца и суммы ПШ в образцах из скважины C-7 по данным РСА

условиями осадконакопления. Также на ФЕС оказали влияние вторичные процессы. Данные выводы не противоречат имеющимся представлениям о факторах, повлиявших на ФЕС ботубобинского горизонта (Вараксина и др., 2012), но местами отличаются в деталях, что, вероятно связано с изучением различных частей Среднеботубобинского месторождения.

Наиболее высокие ФЕС (рис. 8) наблюдаются в породах фаций берегового склона. Коэффициент открытой пористости изменяется от 7 до 18% со средним значением 15%, проницаемость по газу – от 10 до 1500 мД, со средним значением – 470 мД. Породы фаций приливно-отливных каналов характеризуются менее высокими значениями: коэффициент открытой пористости составляет от 5 до 19%, со средними значениями 12%, а проницаемость по газу – от 20 до 500 мД, со средним значением в 220 мД. При этом следует заметить, что для пород различных литофаций характерны индивидуальные отличные друг от друга зависимости значений ФЕС. Наиболее близкие тренды изменения ФЕС приурочены к отложениям фаций берегового склона и приливно-отливных каналов (рис. 8). Для отложений песчаной литорали коэффициент открытой пористости составляет 5–17% (13% – среднее значение),



Рис. 7. Лито-фациальная схема третьего-четвертого циклитов ботубинского горизонта

проницаемость по газу – 10–1500 мД (470 мД – среднее значение).

По классификации А.А. Ханина, данные коллектора можно отнести ко II-III классу. Анализ зависимости значений пористости от проницаемости показал отклонение трендовой линии переходной зоны берегового склона от общей динамики. Также было получено несколько аномальных значений пористости и проницаемости, расположенных в нижней части кросс-плота. По всей видимости, отклонения части значений от общего тренда может быть связано с вторичными преобразованиями в коллекторе, такими как карбонатизация и засоление.

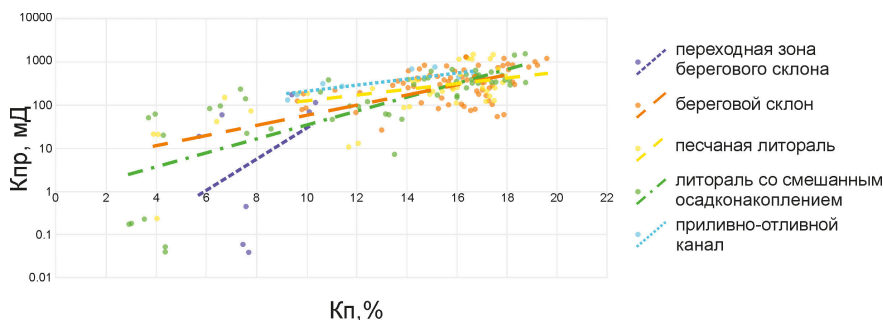


Рис. 8. График зависимости коэффициента проницаемости от коэффициента открытой пористости для пород различных литофаций ботубинского горизонта

При исследовании образцов под растровым электронным микроскопом (РЭМ) выявлено, что в образцах, характеризующихся низкими коллекторскими свойствами, присутствуют следы вторичных процессов, однако в разных образцах они проявлялись по-разному. Всего было выявлено 4 группы пород, которые отличаются особенностями проявления вторичных процессов, структурой зерен и пустотного пространства (рис. 9).

Худшими коллекторскими свойствами обладают породы группы 1 и 2. Особенностью первой группы пород является наличие в большом объеме галитового цемента, «закрывающего» поры, а также слабая регенерация кварца. Вторая группа характеризуется плохой сортировкой отложений и интенсивной регенерацией кварца. В пределах отложений третьей группы пород наблюдаются интенсивная ангидритизация, карбонатизация, слабое засоление и слабая регенерация кварца, которые также приводят к ухудшению ФЕС. Лучшими ФЕС обладают отложения четвертой группы, для которых характерны хорошая сортировка, крупные зерна, слабая степень регенерации кварца.

Кроме того, сидеритизация проявлена активнее в отложениях фации берегового склона, которые формировались в наиболее глубоководных условиях и потому первоначально обогащены железом. Карбонатизация оказывает негативное воздействие на отложения песчаной литорали и практически никак не проявляет себя в отложениях литорали со смешанным осадконакоплением. Обратная же зависимость для отложений этих фаций наблюдается в случае проявления карбонатизации и засоления: ФЕС резко ухудшаются в отложениях литорали со смешанным осадконакоплением (рис. 10).

Интересно заметить, что отложения первой группы характеризуются самым крупным размером зерен, но вместе с тем и худшими ФЕС. Установлено, что чем больше медианный диаметр зерен, тем больше отношение значения коэффициента проницаемости после экстракции и обессоливания к значению коэффициента проницаемости до экстракции и обессоливания. Это отношение коэффициентов проницаемости до и после экстракции и обессоливания обозначено как улучшение проницаемости (рис. 11). Данная зависимость позволяет сделать предположение, что вторичные процессы, в особенности засоление, проявлялись в первую очередь в более крупнозернистых отложениях (преобладают в верхней части разреза), которые изначально обладали более крупными порами и лучшими ФЕС.

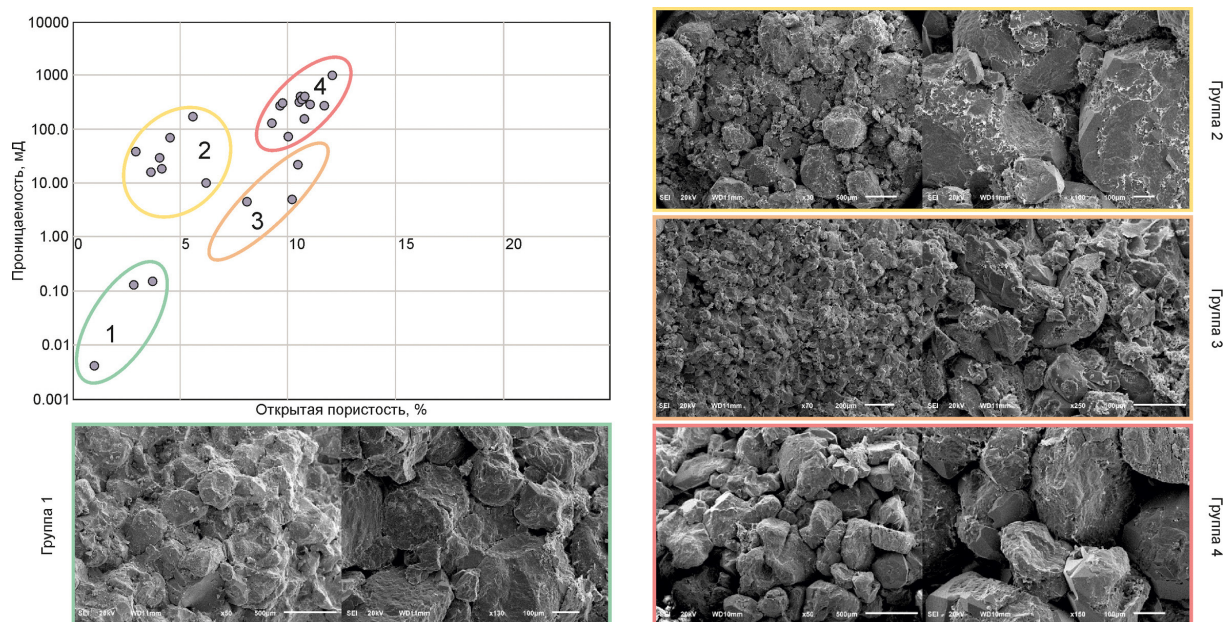


Рис. 9. График зависимости коэффициента проницаемости от коэффициента открытой пористости с выделенными по РЭМ группами пород ботубинского горизонта, характеризующимися особенностям проявления вторичных процессов, и структуры зерен и пустотного пространства

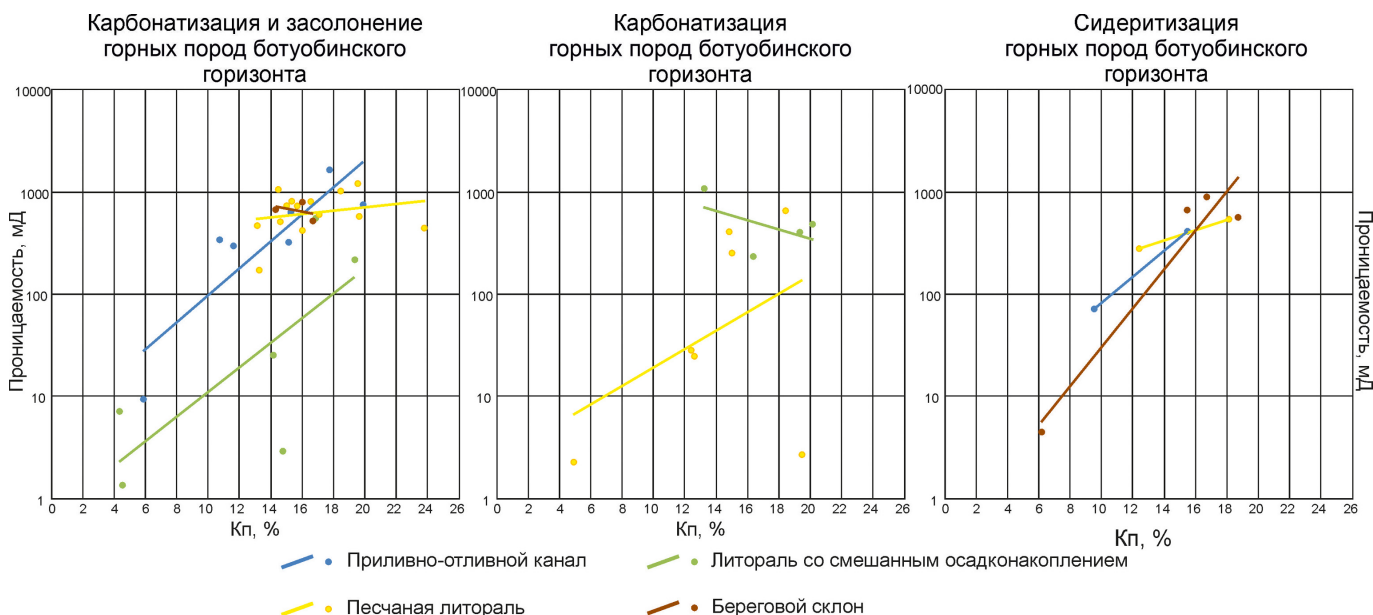


Рис. 10. Графики зависимости коэффициента проницаемости от коэффициента открытой пористости пород, ранжированных по фациям и проявлению вторичных процессов

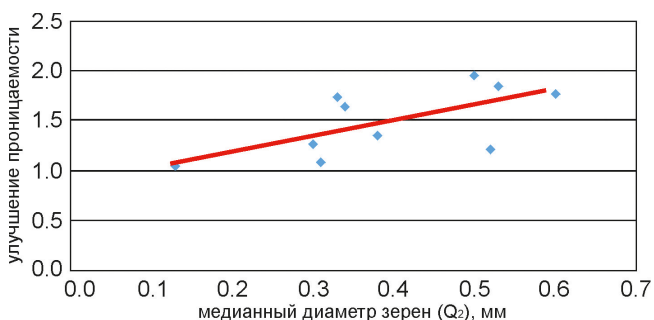


Рис. 11. График зависимости проницаемости от медианного диаметра зерен для отложений ботубинского горизонта

Заключение

Ботубинский горизонт формировался в условиях побережья приливо-отливной типа. Отложения характеризуются неоднородностью состава и строения, неравномерным чередованием пород с различной зернистостью, обусловленной частой сменой обстановок осадконакопления. В разрезе выделены отложения фаций супралитерали, литерали со смешанным осадконакоплением, песчаной литерали, приливо-отливных каналов, берегового склона и переходной зоны берегового склона. Формирование отложений ботубинского горизонта происходило на фоне последовательной проградации берегового склона к юго-востоку, в направлении Предпатомского прогиба.

В разрезе ботубинского горизонта выделено 4 циклита. Отложения первого и второго циклитов характеризуются небольшими толщинами и мелкозернистым, алевроитистым составом. Третий и четвертый циклиты сложены песчаными крупно- и грубозернистыми породами общей мощностью до 29 м.

Относительно высокие ФЕС наблюдаются в отложениях фаций берегового склона, приливно-отливных каналов и песчаной литорали, с которыми связаны коллекторы II-III типов А.А. Ханину. При этом значительное влияние на ФЕС оказали вторичные процессы. Первоначально лучшими ФЕС характеризовались крупнозернистые породы, обладающие хорошей сортировкой, расположенные в верхней части ботубинского горизонта. Однако именно в этих отложениях сильнее всего проявились процессы засоления и регенерации кварца, поэтому, в настоящее время, породы верхней части ботубинского горизонта обладают низкими коллекторскими свойствами.

Таким образом, ботубинский горизонт представляет собой сложный объект, характеризующийся неоднородностью состава, изменчивостью фаций и значительным влиянием вторичных процессов на коллекторские свойства.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам журнала и глубоко признательны коллективу журнала «Георесурсы» за внимание, уделённое нашей статье, и ценные замечания к ее содержанию.

Литература

- Акулов Н.И., Валеев Р.Р. (2016). Особенности геологического строения Среднеботубинского нефтегазоконденсатного месторождения. *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле*, 18, с. 3–13.
- Валеев Р.Р. (2022). Литолого-палеогеографические особенности формирования буюксской свиты на среднеботубинском НГКМ (Сибирская платформа). Дисс. канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 147 с.
- Вараксина И.В., Хабаров Е.М., Пушкарёва М.М. (2012). Влияние структурно-сущностных параметров на фильтрационно-ёмкостные свойства пород ботубинского горизонта венда северо-востока Непско-Ботубинской антеклизы. *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*, 1(9), с. 67–74.
- Геологическая карта России и прилегающих акваторий (2004). Масштаб 1 : 2 500 000. Под ред. А. Ф. Морозова, О. В. Петрова.
- Жемчугова В.А. (2014). Практическое применение резервуарной седиментологии при моделировании углеводородных систем. Учебное пособие для вузов. Москва: Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина, 341 с.
- Маслов А.В. (2005). Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Екатеринбург: Издательство Уральского государственного горного университета, 289 с.
- Мельников Н.В. (2018). Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы (стратиграфия, история развития). Второе издание, дополненное. Новосибирск: СНИИГГиМС, 177 с.
- Плюснин А.В. (2019). Концептуальная седиментологическая модель ботубинского продуктивного горизонта Среднеботубинского

нефтегазоконденсатного месторождения. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*, 2, с. 61–69.

Пушкарёва М.М., Хабаров Е.М., Вараксина И.В. (2013). Литологическая характеристика парфеновского и ботубинского продуктивных горизонтов венда Ангара-Ленской ступени и Непско-Ботубинской антеклизы. *Известия Томского политехнического университета*, 323(1), с. 78–83.

Фомин А.М., Данькина Т.А. (2010). Распределение пород-коллекторов в нефтегазоносных горизонтах северо-восточной части Непско-Ботубинской антеклизы. *Известия ТПУ*, 1, с. 57–61.

Фомин А.М., Моисеев С.А., Павлов Н.Ч. (2017). Особенности строения и условия формирования ботубинского горизонта в пределах Мирнинского выступа. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*, 8, с. 4–11.

Сведения об авторах

Дарья Олеговна Смирнова – аспирант, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1
e-mail: d.smirnova@oilmsu.ru

Алина Владимировна Мордасова – кандидат геол.-мин. наук, научный сотрудник, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Наталья Ивановна Коробова – ассистент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Владимир Юрьевич Близнюков – доктор тех. наук, академик РАЕН
Россия, 119002, Москва, пер. Сивцев Вражек, 29/16

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, Ленинские горы, 1

Михаил Евгеньевич Воронин – научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Николай Владимирович Алексеев – магистрант кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Статья поступила в редакцию 19.02.2025;
Принята к публикации 12.05.2025;
Опубликована 30.06.2025

Lithofacies Features of the Botuobinsky Horizon of the Southeastern Part of the Srednebotuobinskoye Oil and Gas Condensate Field (Eastern Siberia)

D.O. Smirnova^{1*}, A.V. Mordasova¹, N.I. Korobova¹, V.I. Bliznyukov², R.S. Sautkin¹,
M.E. Voronin¹, N.V. Alekseev¹

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

²Russian Academy of Natural Sciences, Moscow, Russian Federation

*Corresponding author: Darya O. Smirnova, d.smirnova@oilmsu.ru

Abstract. The article presents the results of the lithofacies study of the Late Vendian Botuobinsky horizon of the southeastern part of the Srednebotuobinskoye field. The main problem solved in the article is the search for intervals with the best reservoir properties within the Botuobinsky horizon and the forecast of their distribution over the area of the Srednebotuobinskoye field using complex lithofacies and cyclic analysis. Based on the description of the core, thin sections, X-ray phase analysis, X-ray fluorescence spectrometry, structural, texture, granulometric analyses and geophysical well logging, a lithofacies scheme was constructed for the time of formation of the Botuobinsky horizon and the horizon was divided into four cyclites. The best reservoir characteristics within the Botuobinsky horizon were established in its middle part (2–3 cyclites) in the deposits of the coastal slope facies, tidal channels and sandy littoral. However, the primary filtration-capacity properties of the Botuobinsky horizon were significantly influenced by secondary processes of salinization, quartz regeneration, anhydritization and dolomitization, which, however, are manifested differently in different facies.

Keywords: Siberian platform, Nepa-Botuobinskaya antecline, Vendian, Srednebotuobinskoye field, Botuobinsky horizon, lithofacies analysis, reservoir properties, secondary changes.

Acknowledgements

The authors express their sincere gratitude to the reviewers and are deeply grateful to the Editorial of the Journal “Georesursy” for the attention paid to the article and valuable comments on its content.

Recommended citation: Smirnova D.O., Mordasova A.V., Korobova N.I., Bliznyukov V.I., Sautkin R.S., Voronin M.E., Alekseev N.V. (2025). Lithofacies Features of the Botuobinsky Horizon of the Southeastern Part of the Srednebotuobinskoye Oil and Gas Condensate Field (Eastern Siberia). *Georesursy = Georesources*, 27(2), pp. 151–160. <https://doi.org/10.18599/grs.2025.2.12>

References

- Akulov N.I., Valeev R.R. (2016). Features of the geological structure of the Srednebotuobinskoye oil and gas condensate field. *Bulletin of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences*, 18, pp. 3–13. (In Russ.)
- Fomin A.M., Dankina T.A. (2010). Distribution of reservoir rocks in oil and gas bearing horizons of the north-eastern part of the Nepa-Botuoba antecline. *TPU Bulletin*, 1, pp. 57–61. (In Russ.)
- Fomin A.M., Moiseev S.A., Pavlov N.Ch. (2017). Features of the structure and conditions of formation of the Botuobinsky horizon within the Mirny ledge. *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*, 8, pp. 4–11. (In Russ.)
- Geological map of Russia and adjacent water areas (2004). Scale 1:2500000. Editors: A.F. Morozov, O.V. Petrov. (In Russ.)

Maslov A.V. (2005). Sedimentary rocks: methods of study and interpretation of the obtained data. Ekaterinburg: Ural State Mining University, 289 p. (In Russ.)

Melnikov N.V. (2018). Vendian-Cambrian salt-bearing basin of the Siberian platform (Stratigraphy, history of development). Novosibirsk: SNIIGGiMS, 177 p. (In Russ.)

Plyusnin A.V. (2019). Conceptual sedimentological model of the Botuobinsky productive horizon of the Srednebotuobinskoye oil and gas condensate field. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2, pp. 61–69. (In Russ.)

Pushkareva M.M., Khabarov E.M., Varaksina I.V. (2013). Lithological characteristics of the Parfenov and Botuobinsky productive horizons of the Vendian Angara-Lena step and the Nepa-Botuobinskaya antecline. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 323(1), pp. 78–83. (In Russ.)

Valeev R.R. (2022). Lithological and paleogeographic features of the formation of the Byuk suite at the Srednebotuobinskoye oil and gas condensate field (Siberian platform). *Cand. geol.-min. sci. diss. Irkutsk*. 147 p. (In Russ.)

Varaksina I.V., Khabarov E.M., Pushkareva M.M. (2012). Influence of structural and material parameters on the filtration and capacity properties of rocks of the Botuobinsky horizon of the Vendian northeast of the Nepa-Botuobinskaya antecline. *Geology and mineral resources of Siberia*, 1, pp. 67–74. (In Russ.)

Zhemchugova V.A. (2014). Practical application of reservoir sedimentology in modeling hydrocarbon systems. Moscow: Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 341 p. (In Russ.)

About the Authors

Darya O. Smirnova – Postgraduate Student, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation
e-mail: d.smirnova@oilmsu.ru

Alina V. Mordasova – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Researcher, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Roman S. Sautkin – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Mikhail E. Voronin – Researcher, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Nataliya I. Korobova – Assistant, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Nikolay V. Alekseev – Graduate Student, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

*Manuscript received 19 February 2025;
Accepted 12 May 2025; Published 30 June 2025*

© 2025 The Authors. This article is published in open access under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)