

Д. С. Горяйнов^{1,2✉}, И. В. Вараксина¹, И. Г. Закирьянов¹

Фациальная интерпретация отложений парфеновского продуктивного горизонта Ангара-Ленского месторождения

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: d.goryajnov@g.nsu.ru

Аннотация. Статья посвящена фациальной интерпретации отложений парфеновского продуктивного горизонта венда в пределах Ангара-Ленского газоконденсатного месторождения (Ангара-Ленская ступень). Актуальность работы обусловлена существенной неоднородностью данного горизонта, выявленной в ходе предыдущих геолого-геофизических исследований, что затрудняет прогнозирование распределения коллекторов с высокими фильтрационно-емкостными свойствами. Целью работы является реконструкция обстановок осадконакопления и установление закономерностей геологического строения продуктивной толщи для локализации перспективных зон местонахождений углеводородов. Методологической основой послужил комплексный литолого-фациальный анализ, включавший макроскопическое описание керна, петрографическое изучение 250 шлифов и гранулометрический анализ 200 проб. В результате проведенного анализа в разрезе горизонта выделено 10 литофаций, объединенных в 7 литофациальных ассоциаций. Установлено, что формирование отложений происходило в обстановках дельтового комплекса, испытывавших активное влияние приливно-отливных процессов. Наилучшими коллекторскими свойствами характеризуются русловые фации, тогда как баровые фации отличаются более низкими показателями. Выявленные закономерности строения продуктивной толщи свидетельствуют о сложном, фациально-изменчивом характере распределения коллекторов, что необходимо учитывать при планировании дальнейших геологоразведочных работ.

Ключевые слова: парфеновский горизонт, литофациальный анализ, Ангара-Ленское месторождение, дельтовые обстановки, коллекторские свойства

D. S. Goryaynov^{1,2✉}, I. V. Varaksina¹, I. G. Zakiryaynov¹

Facies interpretation of the parfenovo producing horizon of the Angaro-Lenskoye field

¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
Novosibirsk, Russia Federation

²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: d.goryajnov@g.nsu.ru

Abstract. The article focuses on the facies interpretation of deposits from the Parfenovsky productive horizon of the Vendian within the Angaro-Lenskoye gas condensate field (Angaro-Lenskoye step). The substantial heterogeneity of this horizon, identified during previous geological and geophysical investigations, drives the relevance of the study, as it complicates the prediction of reservoir distribution with high filtration-capacity properties. The aim of the study is to reconstruct the depositional environments and establish the patterns of geological structure of the productive sequence in order to localize prospective zones. The methodological basis consisted of an integrated lithological-facies analysis, including macroscopic core description, petrographic study of 250 thin sections, and grain-

size analysis of 200 samples. As a result of the analysis, 10 lithofacies were identified in the section of the horizon. They were grouped into seven lithofacies associations. It was established that the formation of the deposits occurred under deltaic complex conditions subject to the active influence of tidal processes. Channel facies exhibit the best reservoir properties, whereas bar facies demonstrate considerably poorer characteristics. The identified patterns of productive sequence structure indicate a complex, facies-variable character of reservoir distribution, which must be taken into account when planning further geological and exploration works.

Keywords: Parfenovo producing horizon, lithofacies analysis, Angaro-Lenskoye field, deltaic settings, reservoir properties

Введение

В настоящее время активно формируются новые центры газодобычи и единая система транспортировки газа. Это связано как с государственной программой газификации Российской Федерации, в которой уделяется особое внимание восточным регионам, так и развитию канала экспорта российского газа в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (магистральный трубопровод Сила Сибири). Основные перспективы газоносности на юге Сибирской платформы связаны с Ангаро-Ленской ступенью (АЛС), в пределах которой открыта серия крупных месторождений: Ковыктинское, Братское, Атовское, Левобережное и Ангаро-Ленское. В соответствии с нефтегазogeологическим районированием район исследования приурочен к Ангаро-Ленской нефтегазоносной области в пределах Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. Согласно результатам поисково-разведочных работ, значительная часть углеводородных ресурсов в рассматриваемом регионе приурочена к вендскому терригенному нефтегазоносному комплексу, главным образом, к парфеновскому продуктивному горизонту [1, 2]. Проведенные на территории АЛС геолого-геофизические исследования выявили существенную неоднородность данного горизонта. В связи с этим становится весьма актуальным детальное литологическое изучение верхневендских терригенных коллекторов, которое позволит более обоснованно прогнозировать распределение фильтрационно-емкостных свойств в разрезе и по площади [3, 4]. Применение литофациального анализа открывает возможности для реконструкции обстановок осадконакопления песчаных тел и локализации перспективных зон в разрезе. В связи с этим целью данной работы является изучение фациальной изменчивости для продуктивной толщи верхнего венда в пределах Ангаро-Ленского месторождения.

Методы и материалы

Основой для литолого-фациального анализа послужил комплекс данных, полученных при изучении образцов парфеновского горизонта, вскрытых 6 скважинами Ангаро-Ленского месторождения (рис. 1) с суммарным выходом керна 280 м (мощностью от 32 м до 72 м). Были исследованы: каменный материал (макроскопический текстурно-структурный анализ), 250 шлифов (петрографическое изучение), гранулометрический анализ 200 проб (выполнен в ИНГГ СО РАН на лазерном анализаторе MICROTRAC 9370/3000 Series ASVR). Интерпретация минералогии-

ческих, структурных и текстурных признаков согласно стандартной методике литолого-фациального анализа [5, 6] позволила выделить литофации (ЛФ, рассматриваем как синоним «литогенетического типа» В. Т. Фролова) – осадочные единицы, однородные по комплексу литогенетических характеристик и отличающиеся от соседних. Анализ вертикальной и латеральной изменчивости дал возможность объединить парагенетически связанные ЛФ в литофациальные ассоциации (ЛФА), соответствующие определенным обстановкам седиментации [7].



Рис. 1. Местоположение изученных разрезов [8]

Результаты

В составе парфеновского горизонта терригенного венда Ангаро-Ленского месторождения были выделены 10 литофаций.

ЛФ1 представлена песчаниками массивными крупно-среднезернистыми гравелитистыми, плохо и среднесортированным.

ЛФ2 сложена песчаниками средне-мелкозернистыми с плохой и средней сортировкой и крупной однонаправленной косой слоистостью.

ЛФ3 выполнена песчаниками мелко- и среднезернистыми плохо- и среднесортированными, с четко выраженными сдвоенными глинистыми слойками. Фиксируются разнонаправленные косые серии, часто срезанные под пологим углом. Выше срезанных участков зачастую встречаются слойки песчаников, вмещающие интракласты аргиллитов. Такие текстурные особенности, вероятно, отражают влияние приливно-отливной деятельности.

ЛФ4 состоит из песчаников средне-мелкозернистых плохо- и среднесортированных массивных и косослоистых с интракластами аргиллитов.

ЛФ5 сложена песчаниками мелкозернистыми, преимущественно хорошо и среднесортированными, с флазерной, разнонаправленной косой, косоволнистой и линзовидной слоистостью за счет тонких, иногда сдвоенных, глинистых слоев.

ЛФ6 состоит из песчаников преимущественно мелкозернистых до мелко-среднезернистых хорошо и среднесортированных массивных или с нечеткой однонаправленной косой слоистостью.

ЛФ7 представлена песчаниками преимущественно мелкозернистыми до мелко-среднезернистых хорошо и среднесортированными с субгоризонтальной, разнонаправленной косой, волнистой, косо-волнистой срезанной слоистостью.

ЛФ8 сложена алевро-песчаниками и алевролитами массивными, субгоризонтально- и пологокосослоистыми.

ЛФ9 состоит из аргиллитов и алевролитов глинистых субгоризонтально- и линзовидно-волнистослоистых.

ЛФ10 представлена аргиллитами массивными.

Обсуждение

Вышеописанные литофации образуют 7 литофациальных ассоциаций.

ЛФА1 имеет толщину от 2 до 6 м и состоит в основном из чередования песчаников ЛФ1 и ЛФ2 и представляет собой русла с доминированием аллювиальных процессов. Выделяются циклиты с однонаправленной косой слоистостью (от 0.3 до 2.5 м) с уменьшением зернистости снизу вверх по разрезу, что указывает на постепенное снижение гидродинамики. Эрозионная граница в основании маркируется внутриформационными обломками аргиллитов и алевролитов ЛФ4. В кровле нередко встречаются маломощные прослои пойменных алевро-аргиллитов ЛФ9. Циклиты зачастую неполные, перекрываются песчаниками и алевропесчаниками с линзовидно-волнистой и разнонаправленной пологой косой слоистостью ЛФ5, что свидетельствует о переработке верхних частей приливно-отливными течениями.

ЛФА2, мощностью 3-7 м, представляет собой распределительные русла с активным влиянием приливно-отливных процессов. Главным образом она сформирована косослоистыми песчаниками ЛФ2, присутствуют и более мелкозернистые породы ЛФ3 и ЛФ5. Песчаники формируют циклы с трендом на уменьшение зернистости с эрозионными нижними границами и ЛФ4 в основании циклита, что указывает на их русловой генезис. От ЛФА1 отличается лучшей сортировкой и более мелкозернистым составом, а также активным влиянием приливно-отливных процессов.

ЛФА3 имеет толщину от 1 до 8 м и образована переслаиванием алевро-песчаников ЛФ8, алевролитов ЛФ9 и аргиллитов ЛФ10. Слоистость субгоризонтальная, пологоволнистая или пологонаклонная, реже массивная. Ассоциация находится в генетической связи с русловыми песчаниками ЛФА1 и образуется в поймах, междурусловых озерах и заливах.

ЛФА4, толщиной от 0.4 до 3.5 м, характеризует приливно-отливные равнины и представлена алевро-песчаниками, алевролитами и аргиллитами ЛФ8, ЛФ9, ЛФ10 с тонкими прослоями песчаников ЛФ5, ЛФ6, ЛФ7. Слоистость тонкая субгоризонтальная, пологоволнистая и волнисто-линзовидная. Широко развиты флазерная слоистость и сдвоенные глинистые слойки, являющиеся диагностическим признаком приливно-отливной гидродинамики.

ЛФА5 относится к проксимальной части дельтового фронта, представленной комплексом распределительных каналов и баров, активно переработанных приливно-отливными течениями. Совместно с ЛФА4 формирует мощный баровый комплекс, достигающий 48 м. Ассоциация представлена в основном мелкозернистыми и мелко-среднезернистыми косослоистыми и массивными песчаниками ЛФ6, ЛФ7. Для распределительных каналов наблюдается уменьшение размерности обломочного материала снизу вверх, а для баровых последовательностей характерна обратная картина на укрупнение зернистости вверх. В распределительных руслах иногда фиксируется эрозионная подошва, выше которой залегают массивные и косослойчатые песчаники ЛФ4. Сортировка песчаного материала распределительных каналов в основном средняя. Баровые песчаники в целом сортированы хорошо. Слоистость в основном косая однонаправленная или перекрестная, реже косоволнистая, косая срезанная и субгоризонтальная с повсеместным развитием приливно-отливных текстур.

ЛФА6, мощностью 10-25 м, соответствует дистальной части дельтового фронта (дистальные приливно-отливные бары). Состоит из неравномерного переслаивания мелкозернистых песчаников ЛФ6, ЛФ7 с алевро-песчаниками, алевролитами и аргиллитами ЛФ8, ЛФ9. В баровых циклах наблюдается неотчетливый тренд на увеличение зернистости от мелкозернистых песчаников к мелко- и средне-мелкозернистым. Текстура однонаправленная косая, реже субгоризонтальная и разнонаправленная. Мелкозернистый состав пород и слабо выраженные признаки приливно-отливной деятельности указывают на более низкие энергетические условия чем в ЛФА5.

ЛФА7 имеет мощность 5-7 м и сложена переслаиванием алевролитов и аргиллитов ЛФ8, ЛФ9, ЛФ10 с частыми прослоями алевро-песчаников и мелкозернистых песчаников ЛФ7. Иногда встречаются штормовые темпеститы в виде градиационных прослоев с переходом от массивных мелко-среднезернистых песчаников ЛФ6 к алевро-песчаникам ЛФ8, алевролитам и аргиллитам ЛФ9.

Выделенные литофациальные ассоциации образуют закономерные сочетания или последовательности, которые формировались в различных фациальных зонах дельтовой равнины, фронта дельты и продельты. Наиболее высокие коллекторские свойства наблюдаются у песчаников фациальных ассоциаций, связанных с дельтовыми руслами (ЛФА1 и ЛФА2). Пористость в них меняется от 5 до 18 % от объема породы, преобладающие значения 8-10 %. Проницаемость варьирует от 0.1×10^{-3} до 102.0×10^{-3} мкм², преобладают значения около 1.0×10^{-3} мкм². Песчаники и алевро-песчаники баровых тел характеризуются более низким коллекторским потенциалом: пористость не превышает 6 %, в основном около 3 %; проницаемость 0.001×10^{-3} – 1.0×10^{-3} мкм².

Заключение

В результате проведенного литолого-фациального анализа кернового материала в разрезе парфеновского продуктивного горизонта венда на территории Ангаро-Ленского месторождения было выделено 10 литофаций, объединенных в 7 литофациальных ассоциаций. Установлено, что формирование отложений происходило в обстановках дельтового комплекса с активным влиянием приливно-отливных процессов. Выявленные закономерности вертикального и латерального строения продуктивной толщи свидетельствуют о сложном характере распределения коллекторов, контролируемом фациальной изменчивостью. Наилучшими фильтрационно-емкостными свойствами характеризуются русловые отложения (ЛФА1 и ЛФА2), тогда как в межрусловых, приливно-отливных и баровых обстановках формировались более гетерогенные и низкопроницаемые последовательности.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках научной темы FWZZ-2026-0048 госзадания ИНГГ СО РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. Иркутский бассейн / под ред. А. Э. Конторовича, В. С. Суркова, А. А. Трофимука [и др.]. – Новосибирск, 1995. – Вып. 8. – 60 с.
2. Дробот Д. И. Эпигенез нефтидов в рифей вендских и кембрийских отложениях юга Сибирской платформы / Д. И. Дробот, В. И. Городничев // Нефтегазоносность Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1981. – С. 63–73.
3. Скузоватов М. Ю. Применение комплекса геолого-геофизических данных при прогнозе газоносности вендского терригенного комплекса Ангаро-Ленской зоны газонакопления // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2015. – № 6. – С. 26–33.
4. Горяйнов Д. С., Вараксина И. В., Закирьянов И. Г. Литологические факторы неоднородного распределения коллекторских свойств парфеновского газоносного горизонта венда Ангаро-Ленского месторождения (Иркутская область) // Гетерогенность в осадочных системах: материалы 14 Уральского литологического совещания (г. Екатеринбург, 14-18 октября 2024 г.). – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2024. – С. 30-32.
5. Фролов В. Т. Литология: учебное пособие. – Москва: Изд-во МГУ, 1995. – Кн. 3. – 352 с.
6. Selley R. C. Applied Sedimentology. – 2nd rev. ed. – San Diego: Elsevier Science Publishing Co Inc., 2000. – 523 p.
7. Facies Models; Response to Sea Level Change / ed. by R. G. Walker, N. P. James. – [s. l.]: Geological Association of Canada, 1992. – 409 p.
8. Новые открытия конденсатного газа на юге Сибирской платформы / А. Э. Конторович, С. А. Моисеев, В. А. Топешко, Ю. Г. Еремин // Российско-китайский нефтегазовый форум сотрудничества. – Пекин, 2007.

© Д. С. Горяйнов, И. В. Вараксина, И. Г. Закирьянов, 2026