

О. А. Смирнов^{1,2}, В. Н. Бородкин^{2,3}, А. В. Лукашов¹*

Характеристика сейсмогеологической модели пласта П₂ парфеновского горизонта в пределах Ковыктинского, Чиканского и Хандинского лицензионных участков Сибирской платформы

¹ООО «ИНГЕОСЕРВИС», г. Тюмень, Российская Федерация

²Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень, Российская Федерация

³Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация

*osmirnov@ingeos.info

Аннотация. В статье на базе сейсморазведки 3D в комплексе с данными бурения рассмотрена модель формирования отложений пласта П₂, входящего в состав парфеновского горизонта, на базе сейсмофациального анализа района исследований разделен на две области, выделены 7 классов. Выполнен и проанализирован набор карт, свидетельствующих о неоднородном строении пласта.

Ключевые слова: Сибирская платформа, горизонт, пласт, сейсмофации

О. А. Smirnov^{1,2}, V. N. Borodkin^{2,3}, A. V. Lukashov¹*

Characteristics of the seismic geological model of the P₂ formation in the Parfenovsky horizon within the Kovyktinsky, Chikansky and Khandinsky license areas of the Siberian platform

¹LLC «INGEOSERVICE», Tyumen, Russian Federation

²West Siberian branch of the Trofimuk Institute of Oil and Gas Geology and Geophysics SB RAS, Tyumen, Russian Federation

³Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

*osmirnov@ingeos.info

Abstract. In the article, based on 3D seismic exploration in combination with drilling data, a formation model of P₂ stratum deposits included in the Parfenovsky horizon is considered; based on seismic facies analysis, the study area is divided into two areas, 7 classes are identified. A set of maps indicating the heterogeneous structure of the formation was completed and analyzed.

Key words: Siberian platform, horizon, formation, seismic facies

Введение

В район исследований входят Ковыктинский, Чиканский и Хандинский лицензионные участки (ЛУ), в составе которых выявлены Ковыктинское и Чиканское газоконденсатное месторождения.

В данной части Сибирской платформы выделяются два структурных яруса: фундамент, сложенный кристаллическими породами архей-протерозойского возраста и осадочный чехол, представленный отложениями рифея, венда, ниж-

него кембрия, а также среднего, верхнего кембрия и ордовика, толщиной до 3500 м.

Встречаются силурийские и юрские отложения. Доминируют ранне-средне-кембрийские образования.

Согласно схеме нефтегазоносности Сибирской платформы (А.Э. Конторович, 2001 г.), исследованная территория находится в пределах Ангаро-Ленской нефтегазоносной области, входящей в состав Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции.

Как отмечено многочисленными исследованиями, основные ресурсы УВ Ангаро-Ленской НГО сосредоточены в вендском терригенном комплексе, который перекрыт карбонатно-галогенными толщами венда и нижнего кембрия. Главным газоносным горизонтом нефтегазоносной области является парфеновский [1-4].

В разрезе осадочного чехла Ангаро-Ленской ступени (АЛС) выделяются три нефтегазоносных комплекса (НГК): вендский терригенный, верхневендско-нижнекембрийский карбонатный и кембрийский галогенно-карбонатный.

В их состав входят 8 перспективных горизонтов, основным по продуктивности является парфеновский горизонт терригенного венда, в разрезе которого выделяются два пласта – P_2 и P_1 [5-7].

В настоящее время предпринимаются попытки прогнозирования распределения коллекторов парфеновского горизонта на основе комплексирования дистанционных методов [7-10].

Ниже кратко рассмотрим существующее представление на модель формирования пласта P_2 и его сейсмофациальную характеристику.

Сейсмогеологическая модель пласта P_2

Пласт-коллектор P_2 представлен разнозернистыми, мелко-средне, средне-мелкозернистыми песчаниками, вверх по разрезу отмечается тенденция увеличения их гранулометрической размерности.

Ранее нами [11, 12] по результатам сейсмогеологической характеристике пласта в пределах Ковыктинского ЛУ было установлено, что при формировании отложений пласта P_2 преобладали процессы развития дельтовой системы флюидального типа с доминированием речного стока над волновыми и приливными процессами.

В работе П.Н. Мельникова со авторами [13] в разрезе пласта P_2 выделены 6 пачек. Пачки 1, 3, 5 представлены песчаниками, пачки 2, 4, 6 сложены алевролитами с прослоями глинистых пород. По мнению авторов, песчаные пачки 1 и 3 формировались в континентальных условиях аллювиального комплекса и связаны с фациями палеорусел.

В целях уточнения обстановок осадконакопления пласта P_2 на рис. 1 приведена карта распределения сейсмофаций (7 классов).

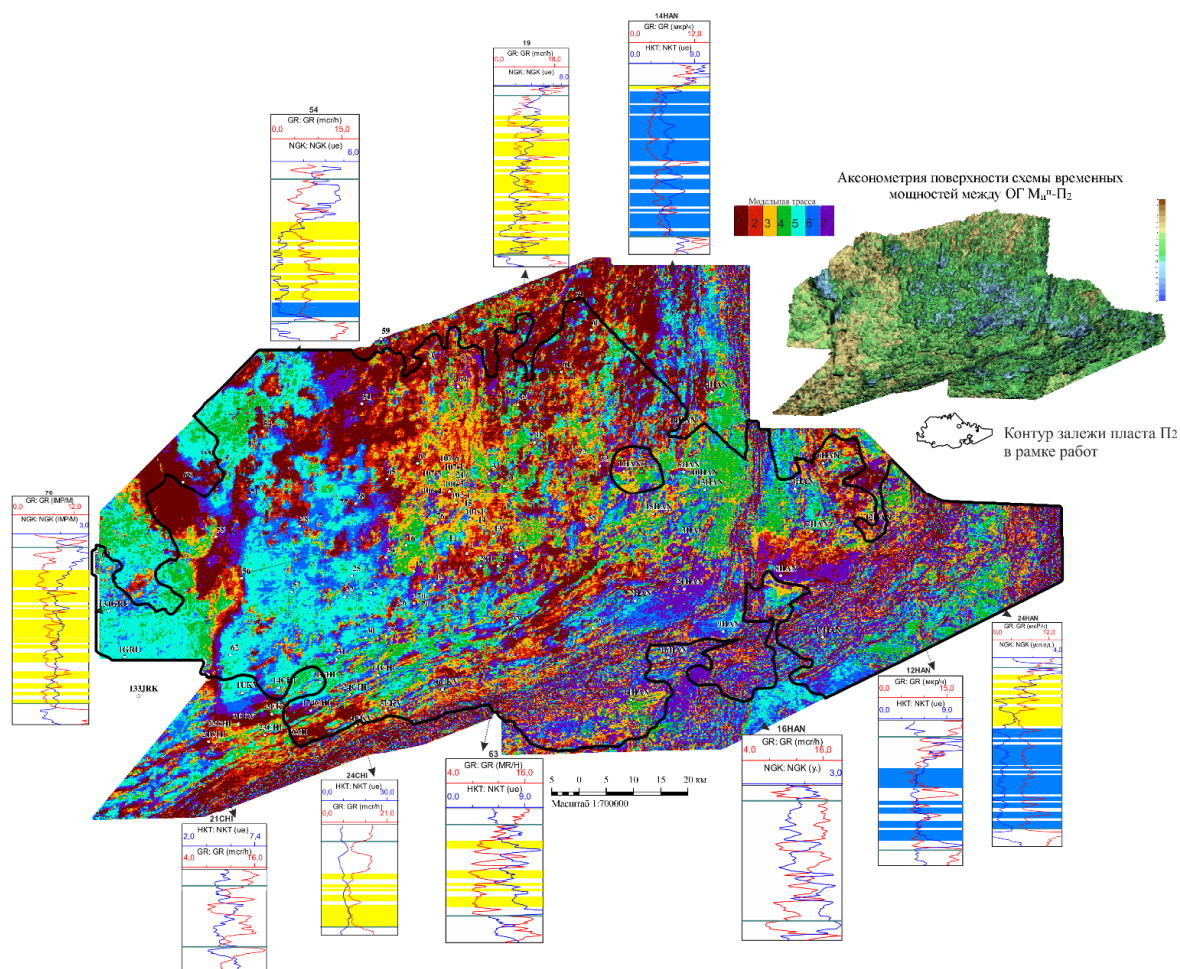


Рис. 1 Карта сейсмофациального районирования пласта П₂

Следует отметить, что, по мнению Маляровой Т.Н. [14, 15], прямой корреляции между определенным типом рисунка волновой картины и литологическим составом пород не существует. К примеру, низкоамплитудные отражения могут соответствовать как очень маломощным пластам, так и зонам развития пород одного литологического типа: песчаникам (при высокоэнергетической обстановке осадконакопления) или глинам (при низкоэнергетической обстановке) [16, 17]. Анализ изменяющихся характеристик отражений в комплексе со всеми имеющимися данными (данные ГИС, керны, опробований и т.д.) позволяет сделать представления об условиях осадконакопления и получить приемлемые оценки литологии [15].

Для Ковыктинского месторождения нами разработана концептуальная седиментационная модель парфеновского горизонта (венд Ангаро-Ленской ступени Восточной Сибири) [18]. По данным авторов, модель седиментации представляет собой мелководную пологую грубозернистую фен-дельту, сложенную континентальными, прибрежными и мелководно-морскими фациями, распределение которых контролировалось колебаниями уровня моря [19, 20]. Предложенная модель наиболее близка к опубликованным ранее моделям Е.М. Хабарова и др. и Е.В. Бобковой (Мальцевой) [21, 22].

Проанализировав сейсмофациальную карту с вынесенным контуром залежи пласта P_2 (см. рис. 1), можно предположить, что осадки в пределах исследуемой территории сильно дифференцированы по площади.

Территория Ковыктинского ЛУ условно делится на две фациальные области: западная с преобладанием фаций 5, 6 и 7 классов и восточная с доминированием 1, 2, 3 и 4 классов (см. рис.1).

Сопоставив сейсмофациальную карту (рис. 1) с картой эффективных газонасыщенных толщин, можно предположить, что переход классов (1, 2, 3) к классам (5, 6, 7) связан с ухудшением коллекторских свойств.

Проанализировав карту сейсмofаций с имиджами кривых ГК и НГК из разных фациальных зон, можно предположить, что осадконакопление происходило в переходных условиях.

В докембрийских породах, где фауна отсутствует, а почвы встречаются очень редко, часто бывает трудно провести различие между аллювиальными и мелководными морскими отложениями в мощных формациях песчаников [17].

Вероятно, часть территории в исследуемое время занимали пойменные равнины, относящиеся как к внешней (с накоплением песчаного материала), так и внутренней (глинистый состав) частям пойм. Однако, о существовании пойменных равнин в вендское время при полном отсутствии растительности утверждать сложно, поэтому более правильно будет употреблять термин «отложения межруслового пространства» [23].

На рис. 2 представлена предполагаемая модель условий формирования отложений пласта P_2 . Основной акцент в модели сделан на карту распределения коэффициента песчаности.

По совместному анализу с картой изопахит пласта P_2 можно предположить, что основной снос осадочного материала происходил с северо-запада, локальный - с юга.

Для прогноза зон распространения коллекторов пласта P_2 также в работе был выполнен динамический анализ. На рис. 3 представлены фрагменты сейсмических и акустических разрезов с характеристикой парфеновского горизонта, также приведены карты средних амплитуд и распределения акустической жесткости (Z_p) по результатам синхронной инверсии. Анализ карты распределения акустической жесткости (Z_p) совместно с данными бурения показал, что район исследований по акустическим свойствам можно разделить на три зоны – юго-западную, центрально-восточную и южную (см. рис. 3). Юго-западная зона характеризуется пониженными и повышенными значениями параметра.

По характеру изменения динамических параметров район исследований подразделяется на юго-западную и северо-восточную части (рис. 4). Юго-западная часть характеризуется повышенными значениями амплитуд, средневзвешенных по частоте, мгновенных частот, что, исходя только из динамического анализа, свидетельствует об ухудшении коллекторских свойств пласта и согласуется с результатами сейсмофациального районирования (см. рис. 1).

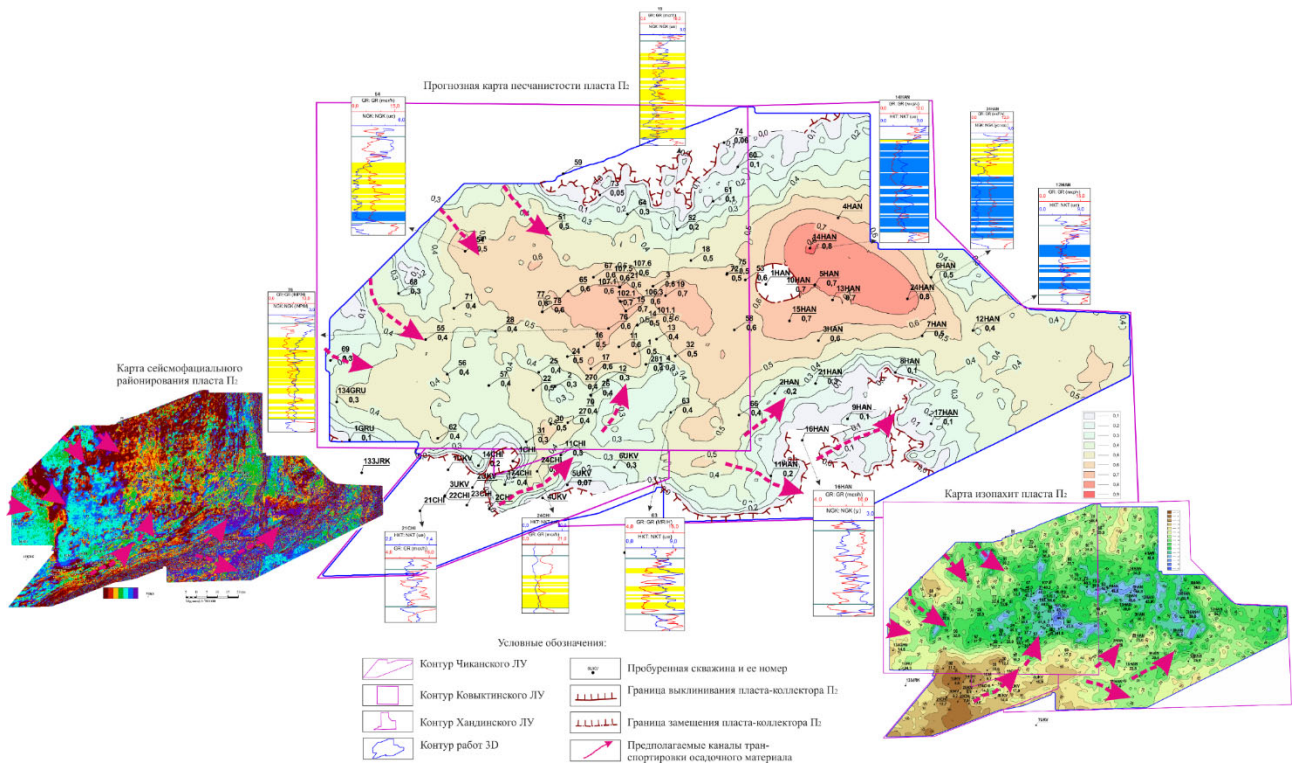


Рис. 2 Модель условий формирования отложений пласта П₂

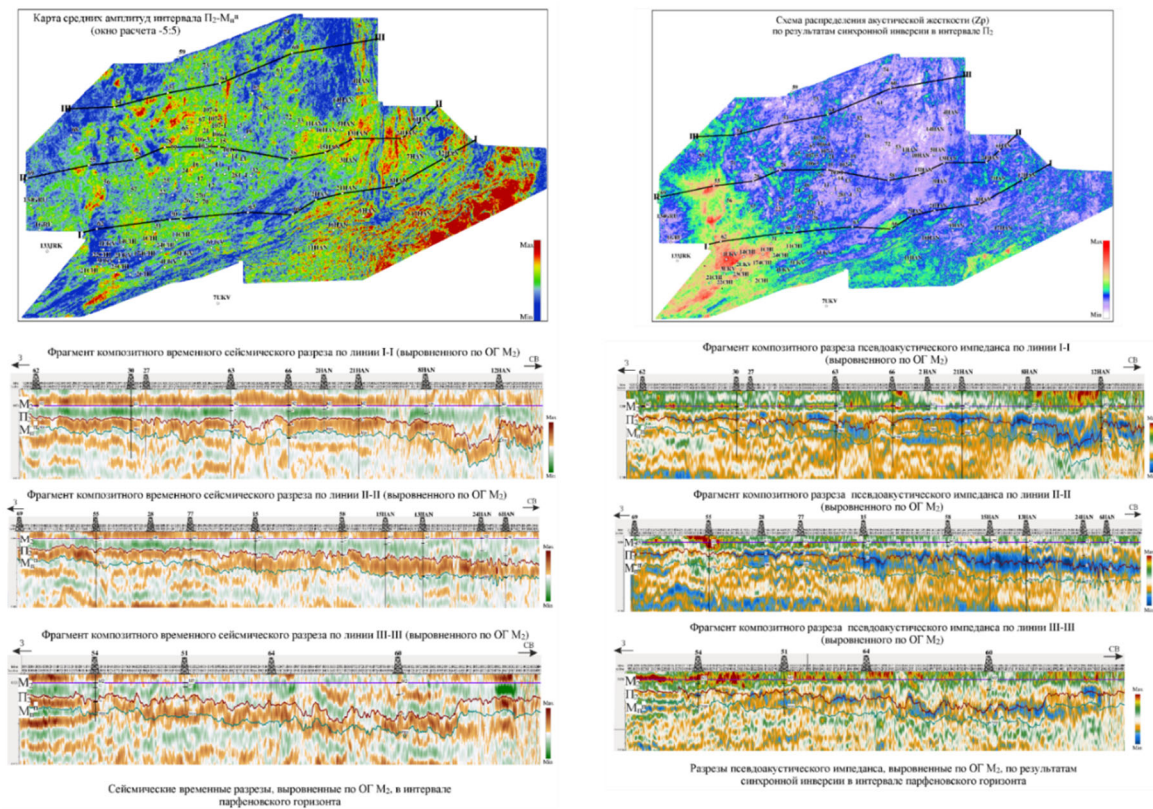


Рис. 3 Характеристика парфеновского горизонта по сейсмическим разрезам и разрезам псевдоакустического импеданса

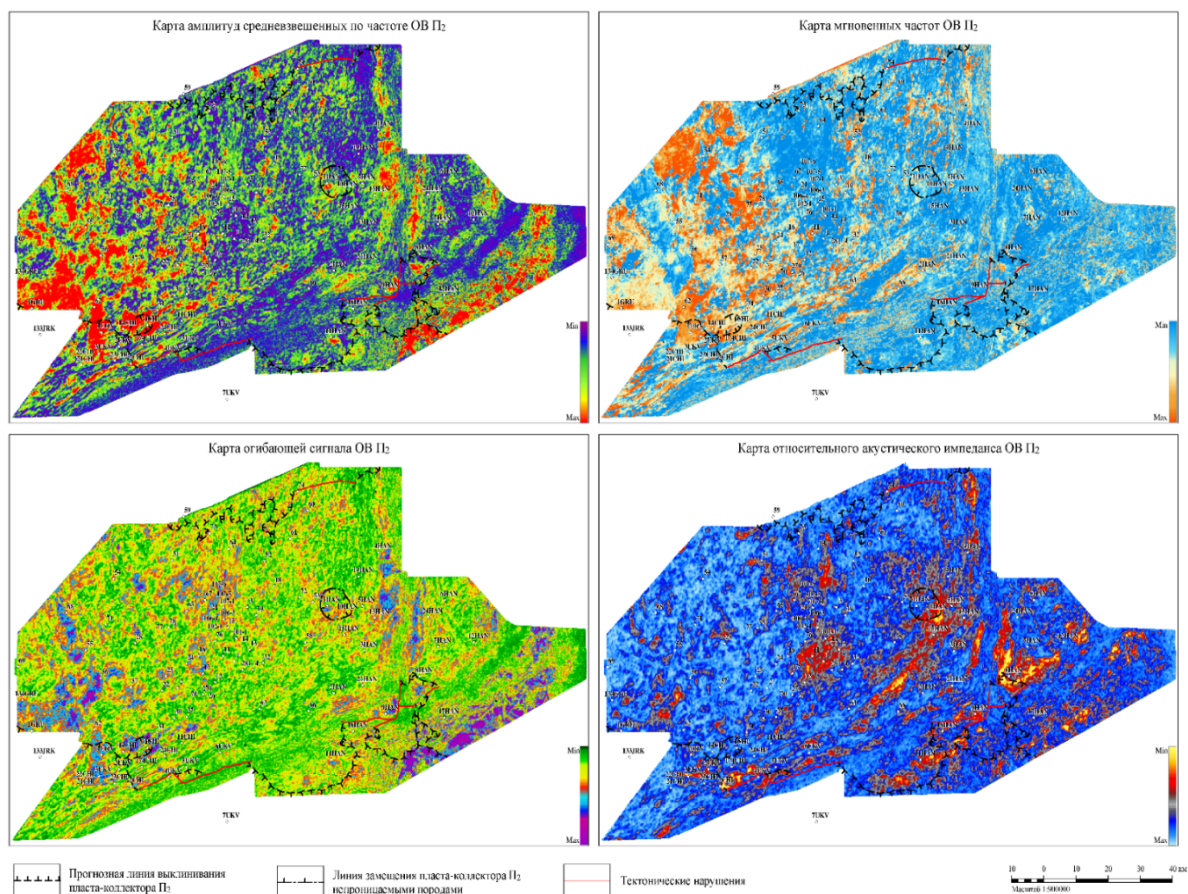


Рис. 4 Динамическая характеристика отложений пласта П₂

Северо-восточная часть района исследований характеризуется мозаичным характером распределения динамических параметров, что также подтверждает неоднородное строение пласта. Скважины, в которых вскрыты максимальные газонасыщенные толщины, располагаются в областях пониженных значений мгновенных частот, средневзвешенных по частоте амплитуд и повышенными значениями огибающей сигнала и относительного акустического импеданса (RAI).

Проведенный динамический анализ показал, что закартировать распространение газоконденсатной залежи на качественном уровне не представляется возможным. Связано это с тем, что в низкопоровых резервуарах, какими являются отложения парфеновского горизонта, доля газа в объеме снижается, поэтому значительного уменьшения акустической жесткости не происходит, и в сейсмическом поле аномалии типа «яркое пятно» не проявляются.

Таким образом, на основании выполненных исследований установлено, что отложений пласта П₂ сформировались в переходных обстановках осадконакопления. Выполнен и проанализирован набор карт, свидетельствующих о неоднородном строении пласта, сделан прогноз развития коллекторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геология нефти и газа Сибирской платформы / Под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука. – М., Недра, 1981. – 550 с.
2. Скузоватов М.Ю. Комплексирование данных ГИС, сейсморазведки и петрофизических исследований при прогнозе фильтрационно-емкостных свойств парфеновского горизонта Ковыктинского месторождения // Труды Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых, посвященной 100-летию акад. А.А. Трофимука «Трофимукские чтения». – Новосибирск, РИЦ НГУ, 2011, – С. 285-286.
3. Скузоватов М.Ю. Критерии оценки перспектив газоносности парфеновского горизонта центральных районов Ангаро-Ленской ступени // Геология нефти и газа. – 2014. – № 1. – С. 101-109.
4. 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.
5. Литология и условия формирования парфеновского горизонта венда Ковыктинского газоносного месторождения / Л.С. Чернова, А.М. Фомин, М.М. Потлова, Э.В. Кокаulina [и др.]. // Методика разведки и условия формирования нефтегазоносных отложений Сибирской платформы: сб. науч. тр. / СНИИГГиМС; гл. ред. В. С. Сурков. – Новосибирск. – 1991. – С. 49-55.
6. Гой В.Ю. Палеогеографическая модель формирования парфеновского горизонта с целью прогноза зон нефтегазоносности Ангаро-Ленской ступени // ГЕО-Сибирь-2010: Сб. матер. VI VI международного научного конгресса, 19-29 апреля 2010 г., Новосибирск. Т. 2. Недропользование. Горное дело. Новые направления и технология поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Ч. 1 Сибирская гос. геодезическая акад. – Новосибирск, 2010. – С. 102-106.
7. Ахияров А.В., Орлов В.И., Бондарев А.Н. Зависимость продуктивности терригенных коллекторов от их фациальной принадлежности на примере парфеновского горизонта Ковыктинского месторождения // Геофизика, 2007. – № 6. – С. 60-67.
8. Барышев Л.А. Физико-геологическая модель подсолевого комплекса осадочного чехла и прогноз продуктивности терригенных коллекторов на Ковыктинском месторождении // Технологии сейсморазведки, 2003. – № 2. – С. 38-43.
9. Барышев Л.А. Комплексирование сейсморазведки и электроразведки на Ковыктинском месторождении // Изв. СО Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений, 2015 – № 3. – С. 36-42.
10. Пушкарева М.М., Хабаров Е.М., Варакина И.В. Литологическая характеристика парфеновского и ботубинского продуктивных горизонтов венда Ангаро-Ленской ступени и Непско-Ботубинской антеклизы // Изв. ТПУ, 2013. – Т. 323. – № 1 – С. 78-83.
11. Сейсмофациальная характеристика разреза парфеновского горизонта Ковыктинского лицензионного участка Восточной Сибири на основе комплексирования данных сейсморазведки 3Д и бурения // О.А. Смирнов, В.Н. Бородкин, А.С. Недосекин, А.В. Лукашов [и др.]. // Геология, геофизика и разработки нефтяных и газовых месторождений. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2018. – № 3. – С. 4-14.
12. Характеристика геологического строения парфеновского горизонта Ковыктинского лицензионного участка Восточной Сибири на базе сейсморазведки 3D и бурения (тезисы доклада) / О.А. Смирнов, А.С. Недосекин, А.В. Лукашов, Н.А. Фарышева [и др.]. // EAGE, ГеоБайкал-2018. – Иркутск, 2018.
13. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири / Н.В. Мельников, М.С. Якшин, Б.Б. Шишкин [и др.] // Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2005. – 428 с.

14. Малярова Т.Н. Сейсмофациальный анализ как универсальное средство понимания строения резервуара // Технологии сейсморазведки, 2007.
15. Малярова Т.Н., Иванова Н.А. Современные методы сейсмофациального анализа на реальных примерах. // Тезисы докладов VIII Международной научно-практической конференции Геомодель-2006.
16. Пейтон Ч. Сейсмическая стратиграфия. – Мир, 1982. – ч. II. – 846 с.
17. Обстановки осадконакопления и фации / Х.Г. Реддинг, Дж. Д. Коллинсон, Ф.А. Аллен [и др.]. – М.: Мир, 1990. – 352 с.
18. К седиментологии парфеновского горизонта в районе Ковыктинского газоконденсатного месторождения (венд Восточной Сибири) (тезисы доклада) Литогенез и минерагения осадочных комплексов докембрия и фанерозоя Евразии. / Е.Ю. Барабошкин, О.А. Смирнов, А.В. Лукашов, Я.В. Бельтиков // Материалы X Международного совещания по литологии – Воронеж, ВГУ, 18-23 сентября 2023 г. – С. 27-31.
19. Deposition and preservation of fluvio-tidal shallow-marine sandstones: A re-evaluation of the Neoproterozoic Jura Quartzite (western Scotland) / В.К. Levell, Н.Д. Johnson, D.S. Collins, M. van Cappelle // Sedimentology. – 2020. – Vol. 67. – Iss. 1. – P. 173-206.
20. Postma G. Depositional architecture and facies of river and fan deltas: a synthesis // Coarse-grained deltas. A. Colella, D. Prior (Eds.). The Internat. Assoc. Sedimentologists. Special Publication No.10. Blackwell Scientific: Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne, Paris, Berlin, Vienna, 1990. – P. 13-27.
21. Бобкова Е.В., Лобанова Е.В. Комплексный подход к восстановлению обстановок осадконакопления терригенных пород парфеновского горизонта Ангаро-Ленской и горизонта В₁₀ Непско-Ботуобинской нефтегазоносных областей // Нефтегаз. геол. Теория и практика. – 2018. – Т. 13. - № 1 – С. 1-22.
22. Обстановки осадконакопления и фильтрационно-емкостные свойства парфеновского горизонта венда Ангаро-Ленской ступени / Е.М. Хабаров, Н.В. Вараксина, М.М. Пушкарева, С.А. Кугаколов [и др.]. // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 2. – С. 66-75.
23. Пинус О.В., Пайразян К.В. Особенности геологического моделирования продуктивных пластов флювиального происхождения. // Геология нефти и газа. – 2008. – № 1.

© О. А. Смирнов, В. Н. Бородкин, А. В. Лукашов, 2024