

УДК 553.982

DOI 10.31087/0016-7894-2018-3-43-47

Сейсмогеологические критерии прогноза коллекторов и нефтегазоносность верхнеюрских отложений юго-востока Западной Сибири

© 2018 г. | А.Ю. Калинин^{1,2}, В.А. Конторович^{1,2}, Л.М. Калинина^{1,2}

¹ФГБУ «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН», Новосибирск, Россия; kalininay@ipgg.sbras.ru; kontorovichva@ipgg.sbras.ru; kalininalm@ipgg.sbras.ru;

²Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия

Поступила 21.03.2018 г.

Принята к печати 18.04.2018 г.

Ключевые слова: *верхняя юра; васюганская, наунакская, тяжинская, георгиевская, баженовская, марьяновская и максимоярская свиты; песчаный и отражающий горизонты; залежи углеводородов; нефтегазоперспективный объект.*

Статья посвящена разработке сейсмогеологических критериев прогнозирования качества коллекторов горизонта Ю₁ в юго-восточных районах Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна (Томская и Новосибирская области), в котором открыто более 100 нефтегазовых месторождений. На базе комплексной интерпретации материалов сейсморазведки, ГИС и аналитических исследований с использованием сейсмофациального, динамического анализов и математического моделирования волновых полей разработаны сейсмогеологические критерии выделения зон распространения и оценки качества коллекторов, построены модели залежей углеводородов и нефтегазоперспективных объектов. Учет всей совокупности геолого-геофизической информации, комплексный подход к интерпретации сейсморазведочных материалов, данных глубокого бурения, математического моделирования волновых полей позволяют решать тонкие задачи прогнозирования геологического разреза и картировать сложнопостроенные нефтегазоперспективные объекты.

Для цитирования: Калинин А.Ю., Конторович В.А., Калинина Л.М. Сейсмогеологические критерии прогноза коллекторов и нефтегазоносность верхней юры юго-востока Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2018. – № 3. – С. 43–47. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-3-43-47.

Geoseismic criteria of reservoir prediction and oil and gas potential of the Upper Jurassic sequence (south-east of Western Siberia)

© 2018 | A.Yu. Kalinin^{1,2}, V.A. Kontorovich^{1,2}, L.M. Kalinina^{1,2}

¹Federal State Budgetary Scientific Institution Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia; kalininay@ipgg.sbras.ru; kontorovichva@ipgg.sbras.ru; kalininalm@ipgg.sbras.ru;

²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Received 21.03.2018

Accepted for publication 18.04.2018

Key words: *Upper Jurassic; Vasyugansky, Naunaksky, Tyazhinsky, Georgievsky, Bazhenov, Maryanovsky and Maksimoyarsky formations; sand level; reflection horizon; hydrocarbon deposits; oil and gas targets.*

The work is devoted to the development of geoseismic criteria for reservoir quality prediction in J₁ Horizon in the south-eastern regions of the West Siberian petroleum basin (Tomsk and Novosibirsk province), where more than 100 oil and gas fields are discovered. Callovian-Upper Jurassic sequence is of the most interest in the context of oil and gas occurrence in the south-eastern West Siberia. Over the large areas of south-eastern West Siberia, the Callovian-Upper Jurassic sequence is represented by the Vasyugansky Fm; it was mainly formed in the marine environment. Towards the margins of the West Siberian sedimentary basin, the Vasyugansky Fm is replaced by predominantly continental and lagoonal facies. The paper discusses the impact of thickness changes of the formations lying between the coal bed U₁ and the Bazhenov Fm on seismic wavefield pattern. Analysis of the available data allowed defining geoseismic criteria of the Upper Jurassic deposits transition from marine to continental type. Considering the defined criteria, results of wavefield amplitude analysis and mathematical modelling, a series of composite seismic sections running across the south-eastern West Siberia in roughly WE and NS trending directions was created. Taking into account all the available geological and geophysical information, integrated approach to seismic data, deep drilling data interpretation, wavefields mathematical modelling make it possible to solve sophisticated problems of section geological prediction and to map structurally complicated oil and gas targets.

For citation: Kalinin A.Yu., Kontorovich V.A., Kalinina L.M. Geoseismic criteria of reservoir prediction and oil and gas potential of the Upper Jurassic sequence (south-east of Western Siberia). *Geologiya nefi i gaza = Oil and gas geology*. 2018;(3):43–47. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-3-43-47.

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

В верхнеюрских отложениях юго-востока Западной Сибири открыто более 100 нефтяных и газовых месторождений. В административном плане исследуемый район приурочен к Томской и северной части Новосибирской областей.

По мере роста дефицита поисковых объектов в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции все большее внимание обращается к периферийным частям бассейна, запасы углеводородов в которых представляют интерес для воспроизводства минерально-сырьевой базы региона, что и предопределяет актуальность исследований. В зонах, приближенных к обрамлению Западно-Сибирской плиты, основные проблемы связаны с выявлением и детальным картированием нефтегазоперспективных объектов, имеющих сложный характер распределения коллекторов, способных концентрировать значительные объемы углеводородов.

Задача исследования — на базе комплексной интерпретации геолого-геофизических материалов разработать сейсмогеологические критерии для картирования зон распространения, фациального замещения и выклинивания коллекторов, оценки фильтрационно-емкостных свойств песчаных пластов и выявления сложнопостроенных объектов в отложениях горизонта Ю₁.

Келловей-верхнеюрские отложения на юго-востоке Западной Сибири характеризуются фациальной неоднородностью. Согласно схеме фациального районирования, район исследований расположен в областях морского, переходного и континентального седиментогенеза [1]. Келловей-волжские отложения представлены васюганским, георгиевским и баженовским горизонтами.

С запада на восток преимущественно морские отложения васюганской свиты сменяются наунакской свитой переходного седиментогенеза, а затем тяжинской свитой континентального седиментогенеза. Георгиевская и баженовская свиты переходят сначала в марьяновскую и далее в максимоярскую свиты.

Васюганская свита на большей части территории трансгрессивно залегает на континентальных отложениях тюменской свиты и по литологическому составу разделена на нижнюю и верхнюю подсвиты [2]. Нижневасюганская подсвита представлена преимущественно аргиллитами с немногочисленными прослоями песчаников и алевролитов мощностью 30–40 м, в наиболее погруженных участках она составляет 55–60 м. Верхневасюганская подсвита сложена переслаивающимися песчаниками, аргиллитами и алевролитами с прослоями углей и углистых аргиллитов. Полный разрез подсвиты содержит 4–5 песчаных пластов, совокупность которых формирует региональный нефтегазоносный горизонт Ю₁.

Наличие регрессивного и трансгрессивного циклов осадконакопления позволяет выделить в разрезе горизонта Ю₁ две пачки — надугольную (Ю₁¹ и Ю₁²) и подугольную (Ю₁³ и Ю₁⁴), которые разделены угольным пластом (У₁) или пачкой переслаивающихся аргиллитов, алевролитов и песчаников с большим числом прослоев углей и углистых аргиллитов (междуугольной пачкой) [3].

В разрезе наунакской свиты, формирование которой происходило в условиях переходного седиментогенеза, нижневасюганская подсвита практически не выделяется. Весь келловей-оксфордский разрез интенсивно углефицирован. Если пытаться формализовать отличия между этими разрезами, то одним из основных критериев их разделения будет отсутствие либо наличие аргиллитов нижневасюганской подсвиты.

Тяжинская свита развита на востоке Томской области, сформирована в континентальных условиях седиментогенеза, по литологическому составу разделяется на две подсвиты. Нижняя подсвита представлена алевролитами и песчаниками, в основании — конгломератами. Верхняя подсвита сложена глинами и пестроцветными аргиллитами с прослоями песчаников.

Георгиевская свита согласно залегает между васюганской и баженовской свитами. Свита представлена аргиллитоподобными глинами, содержащими различное количество алевролитового материала и редкие зерна глауконита, распространена ограниченно.

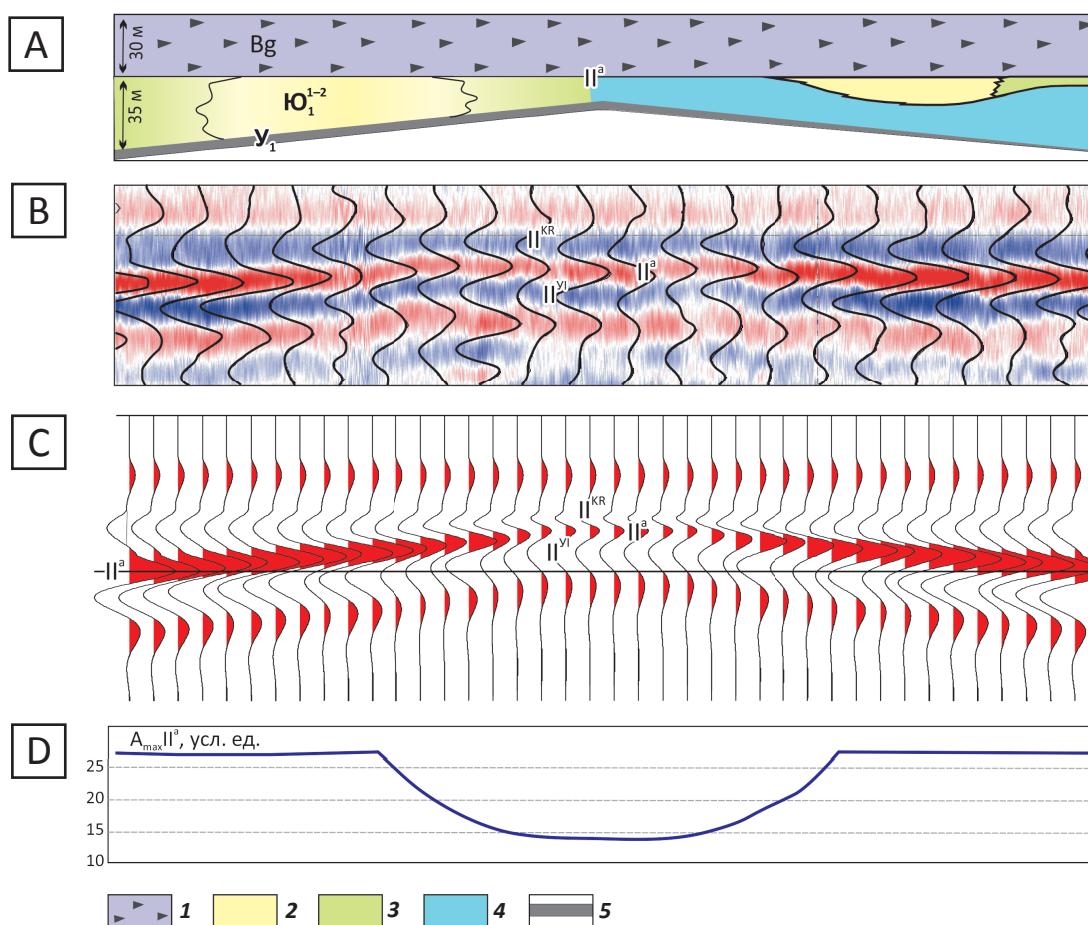
Баженовская свита сложена черными и буровато-черными карбонатно-кремнисто-глинистыми породами с высоким содержанием (до 20 %) органического вещества. На большей части Западной Сибири баженовская свита находится в главной зоне нефтеобразования, является региональным флюидопором мощностью 10–30 м.

Марьяновская свита объединяет георгиевский и баженовский горизонты, представлена аргиллитоподобными, темно-серыми до черных, тонкоотмученными глинами с прослоями битуминозных глин (на западе), серых, зеленовато-серых песчаников и алевролитов (на юго-востоке).

Далее марьяновская свита переходит в максимоярскую, которая представлена песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов.

Весь комплекс отложений верхней юры отображается на временных разрезах одной интерференционной волной (волновой пакет II^а), основной вклад в ее энергию вносят отражения, сформировавшиеся в кровле и подошве баженовской свиты [4]. Влияние васюганской свиты на характер волнового поля проявляется в осложнении фаз интерференционного сигнала и изменении его динамических характеристик. Это связано с тем, что при «среднечастотной»

Рис. 1. Сейсмогеологическая характеристика верхнеюрского комплекса
 Fig. 1. Geoseismic behaviour of the Upper Jurassic complex



A — геологическая модель; B — реальный временной разрез; C — синтетический временной разрез; D — зависимость амплитудных характеристик волнового пакета от толщины надугольной пачки.
 1 — кремнисто-глинистые породы баженовской свиты (Bg); 2 — песчаники; 3 — алевролиты; 4 — аргиллиты надугольной пачки (J_1^{1-2}) васюганской свиты; 5 — угольный пласт (U_1)
 A — geological model; B — actual time section; C — synthetic time section; D — wavefield dynamics as a function of the coal-overlying member.
 1 — siliceous-argillaceous Bazhenov rocks (Bg); 2 — sandstone; 3 — siltstone; 4 — claystone of the coal-overlying member (J_1^{1-2} , Vasyugansky Fm); 5 — coal bed (U_1)

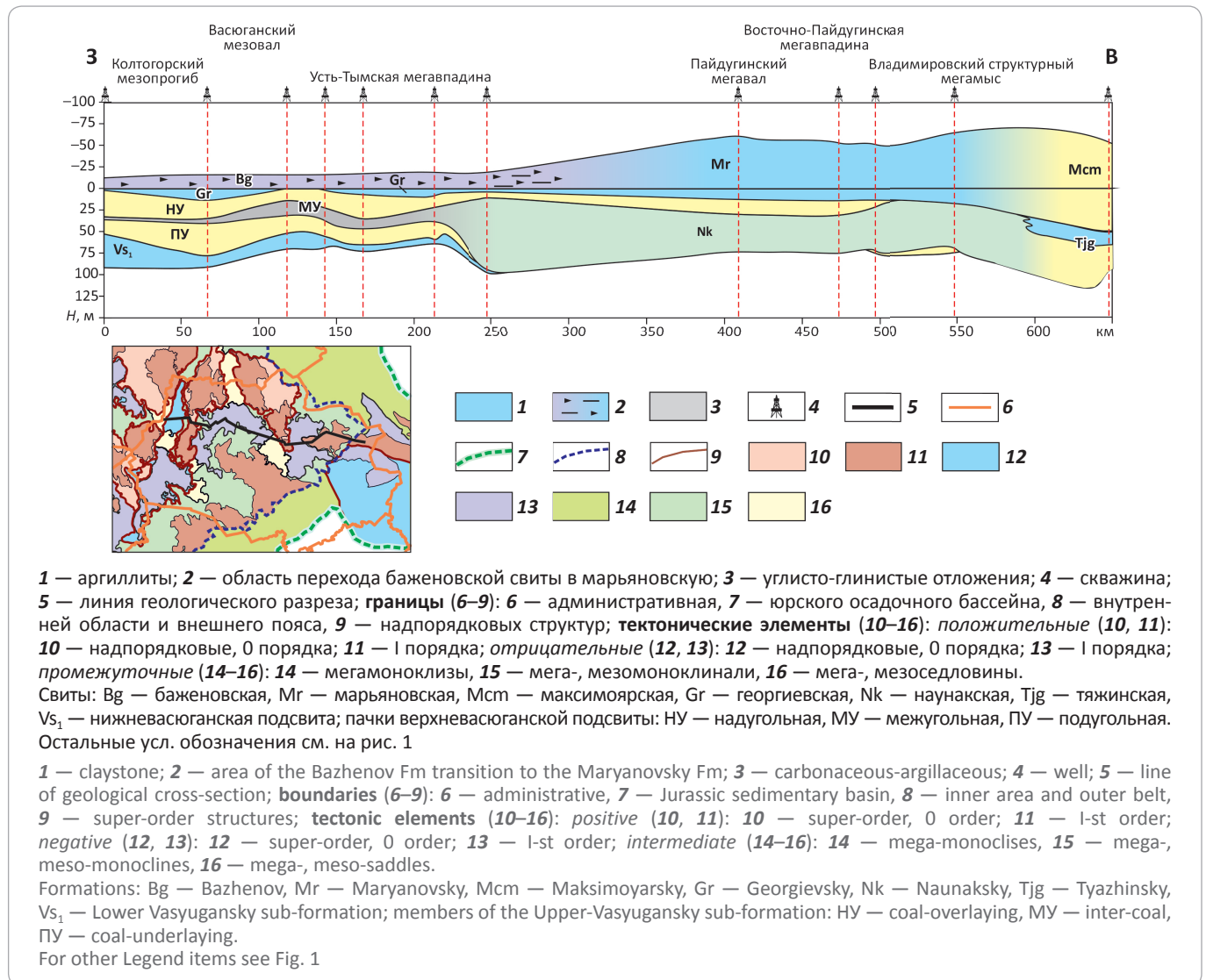
сейсморазведке длина волны составляет около 100 м и практически вся васюганская свита попадает в «область тени» сигнала, сформировавшегося на баженовских аргиллитах. Наличие в геологическом разрезе пачки глинисто-кремнистых пород баженовской свиты, обладающих аномальными скоростями распространения продольных сейсмических волн и благоприятных для формирования интенсивного отражения на частотах 28–30 Гц толщиной (20–30 м), позволяет детально картировать структурную поверхность, но вместе с тем значительно затрудняет прогнозирование разреза верхневасюганской под-свиты по сейсморазведочным данным. При этом, чем лучше свойства баженовской свиты как сейсмического репера, тем сложнее осуществлять этот прогноз.

По скважинным данным района исследований были построены литолого-акустические модели. При анализе акустических характеристик было отмечено, что аномальными скоростями распространения продольных сейсмических волн обладает угольный пласт U_1 и именно на этой границе должна формироваться высокоамплитудная отраженная волна, способная значимо влиять на характер сейсмической записи волнового пакета II^a . В качестве прогнозного критерия была выбрана толщина надугольной пачки.

Рассмотрим, какое влияние на характер волнового поля будет оказывать изменение толщины отложений, залегающих между угольным пластом U_1 и баженовской свитой. На рис. 1 приведен синтетический разрез, рассчитанный с использованием аппарата

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Рис. 2. Геологический разрез келловей-верхнеюрских отложений, выровненный по подошве баженовской свиты
 Fig. 2. Geological cross-section of the Callovian-Upper Jurassic sequence flattened to the Bazhenov Bottom



математического моделирования для случая, когда толщина надугольной пачки уменьшается с 35 до 5 м. Кроме того, приведены графики распределения амплитудных характеристик волнового пакета, а также фрагмент реального временного разреза, характеризующий строение келловей-волжских отложений.

Анализ полученных материалов позволяет отметить, что уменьшение толщины надугольной пачки сопровождается уменьшением следующих показателей: энергетического уровня волнового пакета Π^a ; частоты сейсмической записи; длительности отрицательной фазы Π^a ; длительности фазы Π^{y1} (кровля угольного пласта); ΔT между горизонтами Π^{KR} (кровля надугольной пачки) и Π^a ; ΔT между горизонтами Π^{KR} и Π^{y1} и т.д.

Сейсмогеологических параметров, характеризующих изменение толщины пачек, можно подобрать значительно больше. Все эти параметры так или ина-

че связаны с интерференцией волн, сформировавшихся в баженовской свите и угольном пласте U_1 .

Вдоль сейсмических композитных профилей, составленных по материалам сейсморазведки и глубокого бурения, была построена серия геологических разрезов, которые пересекают юго-восток Западной Сибири в субширотном направлении.

Анализ геолого-геофизических материалов показал, что преимущественно морские отложения васюганской свиты, расположенные на западе исследуемой территории, сменяются отложениями наунакской свиты переходного седиментогенеза, а затем главным образом континентальными отложениями тяжинской свиты. Баженовская и георгиевская свиты, по мере приближения к периферийным частям бассейна, переходят в марьяновскую и максимоярскую свиты (рис. 2).

В юго-восточных районах Западной Сибири большинство месторождений нефти и газа горизонта Ю₁ приурочено к зоне развития васюганской и баженовской свит на западе района исследований [5]. В зоне распространения марьяновской и максимумарских свит залежей углеводородов не выявлено. Также были исследованы изменения келловей-верхнеюрских отложений с севера на юг исследуемой территории. В южном направлении прослеживается аналогичное замещение морских отложений континентальными по мере приближения к бортовым частям Западно-Сибирского бассейна. Учитывая весь объем геолого-геофизических материалов, были построены карты распределения залежей углеводородов и нефтегазоперспективных объектов горизонта Ю₁ для морского и переходного типов седиментогенеза.

На западе Томской области, в зоне развития классической васюганской свиты, залежи углеводородов приурочены к антиклинальным структурам с элементами литологического и тектонического экранирования. В горизонте Ю₁ продуктивны как надугольная, так и межугольная и подугольная пачки.

Для характеристики залежей УВ и нефтегазоперспективных объектов в надугольной пачке горизонта Ю₁ переходной зоны седиментогенеза была выбрана Чузикско-Чижалская зона нефтегазонакопления. В этой зоне развиты залежи, в основном приуроченные к пластам Ю₁^{1,2} надугольной пачки. Для переход-

ной области седиментогенеза типичны антиклинальные ловушки, осложненные зонами литологического замещения коллекторов.

На севере Новосибирской области верхнеюрские отложения также формировались в области переходного седиментогенеза. Открытые залежи углеводородов приурочены к антиклинальным структурам и развиты в горизонте Ю₁. Залежь Верх-Тарского месторождения ограничена на севере тектоническим экраном. Межовское, Восточно-Межовское, Веселовское, Восточно-Тарское, Восточное, Ракитинское и Тай-Дасское месторождения, стоящие на балансе, на сегодняшний момент недоразведаны в силу экономической, а также географической ситуации — очень сильной заболоченности и труднодоступности.

Учет всей совокупности геолого-геофизической информации и комплексный подход к интерпретации сейсморазведочных материалов, данных глубокого бурения, математического моделирования волновых полей позволяют решать тонкие задачи прогнозирования геологического разреза и картировать сложнопостроенные нефтегазоперспективные объекты.

Завершая характеристику, заметим, что адаптированные к конкретным условиям подходы показали высокую эффективность на достаточно большом числе локальных площадей, расположенных в юго-восточных районах Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области, проект 17-45-543214 p_мол_a

Литература

1. *Решение* 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003 г. : объясн. зап. — Новосибирск : Изд-во СНИИГГиМС, 2004. — 113 с.
2. Шурьгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Девятков В.П., Ильина В.И., Меледина С.В., Гайдебурова Е.А., Дзюба О.С., Казаков А.М., Могучева Н.К. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал ГЕО, 2000. — 450 с.
3. Конторович В.А., Бердникова С.А., Калинина Л.М., Поляков А.А. Сейсмогеологические адаптивные методы прогноза качества коллекторов и подготовки сложнопостроенных ловушек нефти и газа в верхней юре центральных и южных районов Западной Сибири (горизонт Ю₁ васюганской свиты) // Геология и геофизика. — 2004. — Т. 45. — № 1. — С. 79–90.
4. Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал ГЕО, 2002. — 253 с.
5. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г. Геология нефти и газа Западной Сибири. — М. : Недра, 1975. — 680 с.

References

1. *Resolution* of the 6-th Inter-Departmental Meeting on the Review and Adoption of the Updated Stratigraphic Charts for the West Siberian Mesozoic Sequences, Novosibirsk, 2003. Novosibirsk: Izdatelstvo SNIIGGiMS, 2004. 113 p.
2. Shurygin B.N., Nikitenko B.L., Devyatov V.P., Il'ina V.I., Meledina S.V., Gaideburova E.A., Dzyuba O.S., Kazakov A.M., Mogucheva N.K. Stratigraphy of the Siberian oil and gas bearing basins. Jurassic system. Novosibirsk: Izdatelstvo SO RAN, filial GEO; 2000. 450 p.
3. Kontorovich V.A., Berdnikova S.A., Kalinina L.M., Polyakov A.A. Reservoir quality and complex traps in Upper Jurassic of central and southern West Siberia: adaptive seismogeological modeling. *Russian Geology and Geophysics*. 2004;45(1):72–81.
4. Kontorovich V.A. South-eastern areas of Western Siberia: tectonics and hydrocarbon potential of Mesozoic-Cenozoic deposits. Novosibirsk: Izdatelstvo SO RAN, filial GEO; 2002. 253 p.
5. Kontorovich A.E., Nesterov I.I., Salmanov F.K., Surkov V.S., Trofimuk A.A., Erv'e Yu.G. Oil and gas geology of the Western Siberia. Moscow: Nedra; 1975. 680 p.