

Тектоническое развитие южной части Мансийской синеклизы в мезозойско-кайнозойское время (Западная Сибирь)

Кузнецов Р.О.

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия
kuznetsovroipng@gmail.com

Аннотация

Применена методика палеотектонического анализа для восстановления тектонического развития южной части Мансийской синеклизы с учетом эффекта уплотнения пород.

Количественно подтверждено, что основной прирост амплитуды структур южной части Мансийской синеклизы произошел в меловое время; на протяжении кайнозойского этапа развития территории не было существенного прироста амплитуды структур.

Результаты анализа тектонического развития являются основой для реконструкции процессов нефтидогенеза и прогноза месторождений нефти и газа.

Материалы и методы

Материалы: информация разномасштабных геолого-геофизических исследований, включая исследования керна, интерпретации ГИС, региональные и локальные данные сейсмических исследований.

Методы: использованы методики интерпретации ГИС и сейсмических данных, палеотектонический метод, методы математического моделирования эволюции чехла осадочного бассейна.

Ключевые слова

осадочный чехол Западно-Сибирской геосинеклизы, тектоническое развитие, палеоструктурные разрезы, эффект уплотнения пород, месторождения нефти и газа

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПНГ РАН (тема «Создание научных основ новой системной методологии прогноза, поисков и освоения залежей углеводородов, включая залежи матричной нефти в газонасыщенных карбонатных отложениях нефтегазоконденсатных месторождений», № 122022800274-8).

Для цитирования

Кузнецов Р.О. Тектоническое развитие южной части Мансийской синеклизы в мезозойско-кайнозойское время (Западная Сибирь) // Экспозиция Нефть Газ. 2023. № 3. С. 19–25. DOI: 10.24412/2076-6785-2023-3-19-25

Поступила в редакцию: 25.04.2023

GEOLOGY

UDC 551.242, 571.1 | Original Paper

Tectonic development of the southern part of the Mansi syncline in the mesozoic-cenozoic time (Western Siberia)

Kuznetsov R.O.

Oil and gas research institute RAS, Moscow, Russia
kuznetsovroipng@gmail.com

Abstract

A technique of paleotectonic analysis was applied to restore the tectonic development of the southern part of the Mansi syncline, taking into account rock compaction effect. It has been quantitatively confirmed that the main increase in the amplitude of structures of the southern part of the Mansi syncline occurred in Cretaceous; during the Cenozoic stage of the development of the territory, there was no a significant increase in the amplitude of the structure. The results of the tectonic development analysis are a basis for reconstructions of naftidogenesis processes and a forecast of oil and gas fields.

Materials and methods

Materials: information from multi-scale geological and geophysical studies, including core studies, well logging interpretations, regional and local seismic data.

Methods: well logging and seismic data interpretation techniques, paleotectonic method, methods of mathematical modeling of the evolution of the sedimentary basin cover were used.

Keywords

sedimentary cover of the West Siberian geosyncline, tectonic development, paleostructural sections, rock compaction effect, oil and gas fields

For citation

Kuznetsov R.O. Tectonic development of the southern part of the Mansi syncline in the mesozoic-cenozoic time (Western Siberia). Exposition Oil Gas, 2023, issue 3, P. 19–25. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2023-3-19-25

Received: 25.04.2023

Введение

Анализ тектонического развития какой-либо территории с целью прогноза ее нефтегазоносности применяется в нефтяной геологии уже около 100 лет.

Тектоническое развитие для осадочного чехла бассейнов восстанавливается, с некоторыми поправками и допущениями, с помощью метода анализа мощностей. Для того чтобы выводы о тектоническом развитии территории были более корректными, анализируются условия осадконакопления.

При этом принимается, что если осадконакопление было компенсированным или близким к компенсированному, то в этом случае зоны отсутствия отложений или уменьшенных толщин принципиально будут соответствовать таковым, которые испытывали поднятие (в абсолютных величинах). Зоны присутствия отложений или увеличенных толщин будут принципиально соответствовать территориям с нисходящими (в абсолютных величинах) тектоническими движениями.

Элементы подхода анализа мощностей и фаций, вероятно, были разработаны и впервые применены М. Бертраном в 1892 г. (согласно Карпинскому, 1894 г.) для проведения анализа развития Парижского бассейна. Почти одновременно этот подход нашел отражение в трудах А.П. Карпинского [5, 6], который использовал его для анализа тектонических движений на Восточно-Европейской платформе. Впервые метод графического изображения распределения мощностей отложений по площади был применен в 1908 г. при подсчетах запасов угля Геологической службой США.

В России первопроходцем применения метода анализа мощностей в нефтяной геологии был И.М. Губкин в 1912–1913 гг. [3, 4]. С целью выяснения топографии древней эрозионной ложбины, в которой отложились продуктивные пески Нефтяно-Ширванского месторождения, им были построены карты изопакит. Систематическая работа над методом изучения тектонических структур с помощью анализа мощностей была начата в Геологическом институте Академии наук СССР по инициативе академика Н.С. Щатского, который использовал этот метод в своей статье в 1924 г. при исследовании тектоники Донецкого бассейна [15].

Весомый вклад в разработку метода анализа мощностей внесли В.В. Белоусов, В.С. Бочкарев, Р.Г. Гарецкий, И.М. Губкин, М.П. Казаков, Ю.А. Косыгин, В.Б. Нейман, И.И. Нестеров, В.И. Попов, А.Б. Ронов, М.Я. Рудкевич, М.М. Тетяев, В.Е. Хаин, П.Е. Харитонов, А.Л. Яншин, Е.М. Максимов, а также N.W. Bass, K. Emery, D. Nager, S. Rittenberg, C.L. Moddy и другие.

В Западной Сибири этот метод использовали В.С. Бочкарев, С.Ю. Беляев, В.В. Гребенюк, Ф.Г. Гурари, Н.П. Запывалов, А.Э. Конторович, В.А. Конторович, К.И. Микуленко, Е.М. Максимов, И.И. Нестеров, М.Я. Рудкевич, Ф.К. Салманов, В.С. Старосельцев, В.С. Сурков, А.А. Трофимук и другие.

Настоящая работа является элементом в обширном цикле исследований по реконструкции процессов нефтегазообразования в Западно-Сибирском осадочном бассейне. Она направлена на отработку и уточнение методики подобного рода исследований в рамках компьютерного моделирования осадочных бассейнов.

Объект и территория исследования

Территория исследования (рис. 1а)

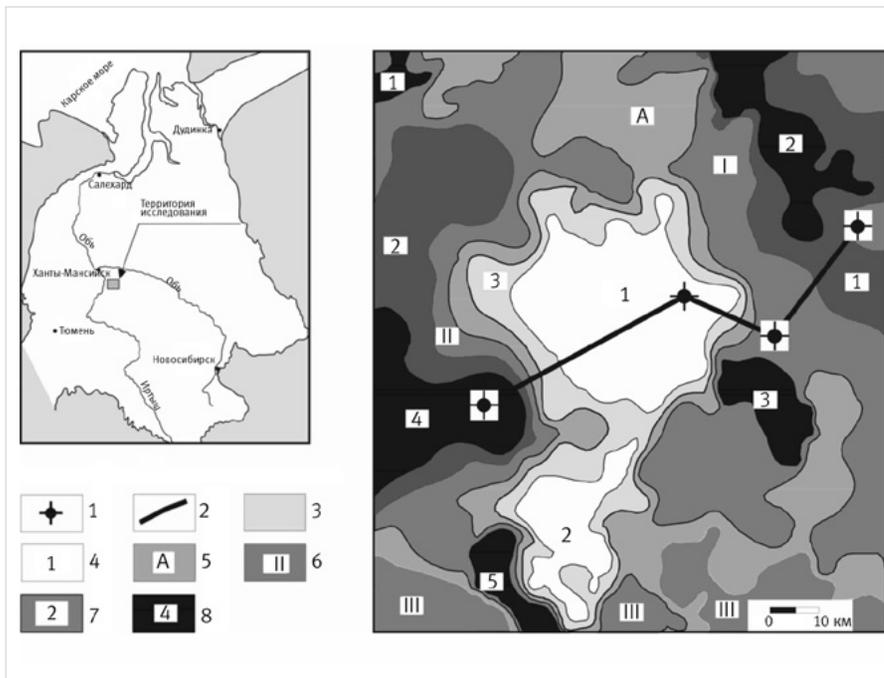


Рис. 1. Тектоническая карта: 1 — изученные скважины; 2 — линия профиля; 3–8 — тектонические элементы: 3 — Демьянское куполовидное мезоподнятие, 4 — положительные III порядка (1 — Верхнесалымское куполовидное поднятие, 2 — Северо-Демьянское куполовидное поднятие), 5 — Мансийская синеклиза, 6 — отрицательные I порядка (I — Юганская мегавпадина, II — Нижнедемьянская мегавпадина, III — Усть-Демьянская мегавпадина), 7 — отрицательные II порядка (1 — Салымский мезопрогиб, 2 — Усть-Демьянская мезовпадина), 8 — отрицательные III порядка (1 — Алтайская впадина, 2 — Северо-Салымский прогиб, 3 — Западно-Юганская впадина, 4 — Лымкойская впадина, 5 — Большекуньякский прогиб)

Fig. 1. Tectonic map: 1 — studied wells; 2 — profile line; 3–8 — tectonic elements: 3 — Demyansk dome-shaped meso-uplift, 4 — positive III order (1 — Upper Salym dome-shaped uplift, 2 — North Demyansk dome-shaped uplift), 5 — Mansi syncline, 6 — negative I order (I — Yugansk megadepression, II — Lower Demyansk megadepression, III — Ust-Demyansk megadepression), 7 — negative II order (1 — Salym mesotrough, 2 — Ust-Demyansk mesodepression), 8 — negative III order (1 — Altai depression, 2 — North Salym trough, 3 — West Yugansk depression, 4 — Lymkoi depression, 5 — Bolshekunyak trough)

расположена в центральной части Западной Сибири, на правом берегу реки Иртыш, приблизительно в 100 км от г. Ханты-Мансийска и 130 км от г. Сургута.

В качестве объекта исследования в работе был выбран осадочный мезозойско-кайнозойский чехол в южной части Мансийской синеклизы.

Мансийская синеклиза — отрицательная замкнутая надпорядковая структура, выделенная В.Д. Наливкиным и другими еще в 1965 г. На карте тектонического районирования кровли юрского структурного яруса она находится во внутренней области Западно-Сибирской геосинеклизы, в пределах Обской региональной ступени. В пределах исследуемой территории Мансийская синеклиза осложнена крупной положительной структурой II порядка — Демьянским куполовидным мезоподнятием [12].

Демьянское куполовидное мезоподнятие имеет длину почти 100 км при максимальной ширине 60 км. Оно ограничено изогипсой минус 2 840 м. Демьянское куполовидное мезоподнятия имеет площадь 2 280 км² и амплитуду 110 м. Оно осложнено двумя структурами III порядка [12].

Целью работы является реконструкция тектонического развития территории с учетом эффекта уплотнения осадочных пород южной части Мансийской синеклизы в меловое, палеогеновое, неогеновое и четвертичное время и определение времени и величины изменения амплитуд структур.

Методика исследования

Принципиально схема исследования тектонического развития осадочного бассейна включает следующие стадии:

- формирование банка данных с разбивками разрезов поисково-разведочных, колонковых скважин и определение современных толщин стратиграфических интервалов по данным ГИС и опубликованной литературы [7, 14];
- определение литологического состава отложений на основе ГИС данных поисково-разведочных, информации колонковых скважин, описания ядра и опубликованной литературы [1, 2, 8, 14, 16];
- расчет толщины отдельных стратиграфических интервалов на определенные моменты времени с учетом разуплотнения; на этой основе расчет глубины залегания подошвы и кровли комплексов на те же моменты времени;
- анализ линейных зависимостей залегания глубины баженовской свиты от толщин мегакомплексов согласно методике [11] без учета эффекта уплотнения пород;
- анализ линейных зависимостей залегания глубины баженовской свиты от толщин мегакомплексов с учетом эффекта уплотнения пород;
- анализ результатов тектонического развития территории в мезозойско-кайнозойское время.

В работе для решения задач интерполяции использованы структурные карты

по основным отражающим горизонтам схема тектонического районирования территории, построенные В.А. Конторовичем и др. [11, 12], данные по стратиграфическому расчленению юрской и меловой частей разреза.

Для эталонных расчетов разуплотнения были выбраны три скважины: Верхнесалымская 7, Соровская 1, Каренская 400, которые вскрыли мезозойско-кайнозойский осадочный чехол на значительную толщину. Скважины находятся в разных структурно-тектонических обстановках: в центральной части территории исследования — на Верхнесалымском куполовидном поднятии (Верхнесалымская 7), в переходной зоне (Соровская 1) и в депрессионной зоне — около Салымского мезопргиба скважина Каренская 400 (рис. 1б).

Для характеристики западной части территории исследования для расчетов была создана Псевдоскважина 1 (ПС 1), которая приурочена к Усть-Демьянской мезовпадине. ПС 1 представляет собой гипотетическую скважину, абсолютные отметки залегания стратиграфических интервалов, литология

и другие параметры определены на основании геолого-геофизических данных соседних территорий и с помощью методов тематической статистики. При определении геолого-геофизических параметров, характеризующих ПС 1, учитывалась также опубликованная информация.

Для расчета мощностей осадочных комплексов, с учетом разуплотнения слагающих их пород, разрез мезозойско-кайнозойских отложений был разбит на 40 слоев. Наиболее мощные отложения покурской свиты и клиноформного комплекса нижнего мела разделены на 7 и 8 слоев соответственно. Восстановление первоначальной мощности производилось с использованием программного пакета «Genex» на основе зависимости изменения пористости с глубиной для различных пород [17, 19].

Так как, по литературным данным [8], основной прирост амплитуды положительных структур произошел в мелу — кайнозое, в данной работе использовано по возможности детальное расчленение верхней части разреза мезозойско-кайнозойского чехла.

Некоторые черты геологического строения района исследований

Фундамент представлен эффузивами разного состава, а также туфопесчаниками, песчаниками, алевролитами, конгломератами, глинистыми известняками, сланцами (глинистого, хлорит-серцит-кварцевого состава и др.), известняками. Возраст образований фундамента для центральных районов Западной Сибири — доюрский. Осадочный мезозойско-кайнозойский чехол состоит из песчаников, алевролитов, аргиллитов, углей и их неуплотненных аналогов, которые были разделены на пять комплексов: юрский, неокомский, альб-туронский, коньяк-маастрихтский и кайнозойский.

В работе была использована тектоническая карта (А.Э. Конторович), построенная на основе данных по отражающему горизонту IIa, который является хорошо маркируемым горизонтом в осадочном мезозойско-кайнозойском чехле Западно-Сибирской геосинеклизы [11]. На рисунке 1б приведен фрагмент тектонической схемы с привязкой детально изученных скважин к тектоническим элементам.

В центральной части Западно-Сибирского мегабассейна одним из нефтегазоносных комплексов является горизонт Ю0 верхней юры (титон). На этой территории главным генератором нефти было органическое вещество (ОВ) баженовской и в меньшей мере горелой и тюменской свит и их аналогов. В горизонте Ю0, как показали геохимические исследования нефтегазовых систем «нефтепроизводящие породы — нефти», аккумулировались нефти баженовской свиты. Основным источником нефтей мелового комплекса и частично среднеюрского являлось также аквагенное органическое вещество баженовской свиты [9, 10].

Тектоническое развитие южной части Мансийской синеклизы в мезозойско-кайнозойское время

Согласно схеме исследования, приведенной выше, были рассчитаны толщины отдельных комплексов на определенные моменты времени с учетом разуплотнения; на этой основе определены глубины залегания подошвы и кровли комплексов на те же моменты времени. Было построено (рис. 2) 5 разрезов (четыре палео и один современный), проходящих через четыре детально изученные скважины.

Палеоразрезы созданы на момент формирования кровли баженовской (конец юры, титон), алымской (конец неокома, апт), кузнецовской (верхний мел, турон) и ганькинской (конец мела, маастрихт) свит.

Палеоразрез на баженовское время (конец юры, титон)

Отложения аналогов тогурской свиты и нижележащих свит, с которых начинается осадочный чехол, расположены в наиболее погруженных частях юрского палеорельефа на территории южной части Мансийской синеклизы. Они выклиниваются на склонах Демьянского куполовидного мезоподнятия и полностью отсутствуют в его сводовой части.

Толщина юрского разуплотненного разреза не превышает 650 м. В сводовой части современного Демьянского куполовидного мезоподнятия (скважина Верхнесалымская 7) в раннеюрское время существовало палеоподнятия, относительно контрастно выраженное в рельефе подошвы осадочного чехла (рис. 2а). Минимальное значение

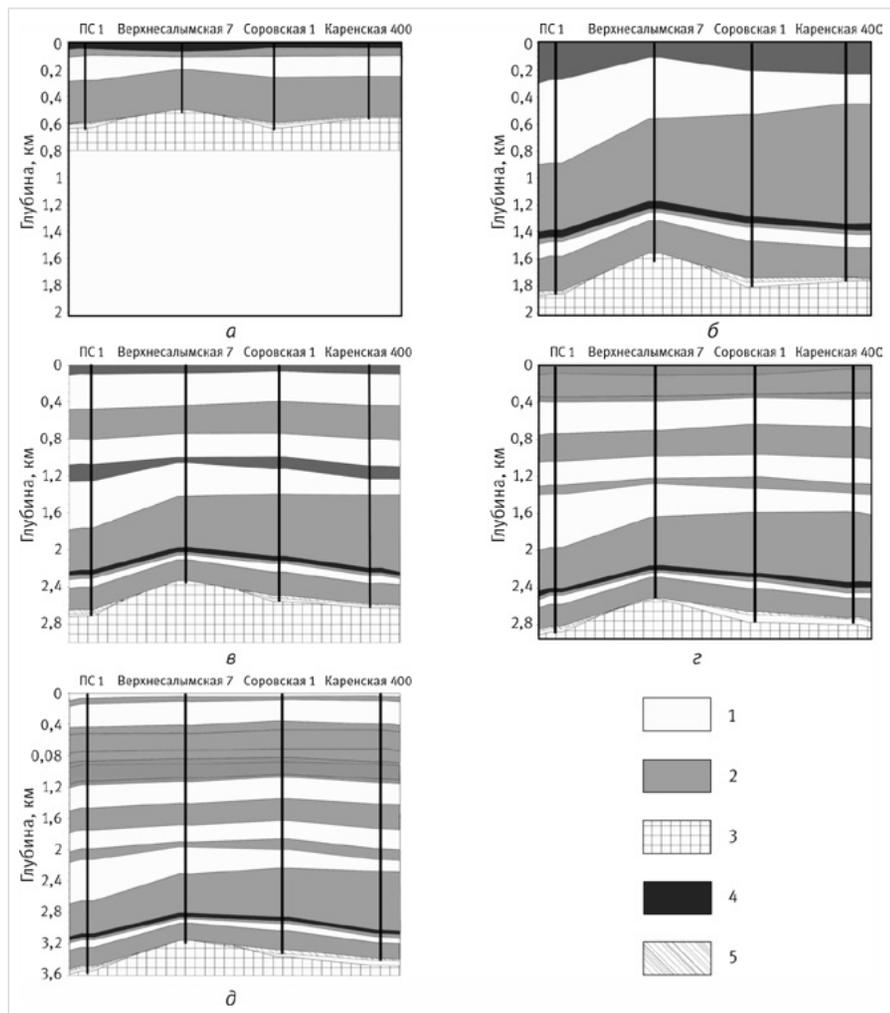


Рис. 2. Геологические разрезы территории южной части Мансийской синеклизы (на различные временные моменты): а — на время формирования кровли баженовской (конец юры, титон), б — алымской (конец неокома, апт), в — кузнецовской (верхний мел, турон), г — ганькинской (конец мела, маастрихт) свит, д — современный: 1 — преимущественно песчаные отложения, 2 — преимущественно глинистые отложения, 3 — фундамент, 4 — баженовская свита, 5 — аналоги тогурской свиты
Fig. 2. Geological sections of the territory of the southern part of the Mansi syncline (at different time points): а — at the time of the formation of the top of the Bazhenov (end of the Jurassic, Tithonian), б — Alymskaya (end of the Neocomian, Aptian), в — Kuznetsovskaya (Upper Cretaceous, Turonian), г — Gankinskaya (late Cretaceous, Maastrichtian) formations, д — modern: 1 — mostly sandy deposits, 2 — mostly clayey deposits, 3 — basement, 4 — Bazhenov formation, 5 — analogues of the Togur formation

глубины залегания подошвы юрского комплекса на это время (около 500 м) — в скважине Верхнесалымская 7. На территории Усть-Демьянской мезовадины (ПС 1) и в районе скважины Соровская 1 глубина залегания фундамента составляла около 650 м. На глубине почти 560 м фундамент залегал в районе скважины Каренская 400.

Палеоразрез на алымское время (конец неокома, апт)

За период между баженовским и алымским временем в южной части Мансийской синеклизы накопился неокомский комплекс, толщиной около 1 300 м. Глубина залегания его подошвы варьирует от 1 170 до 1 380 м.

Кровля фундамента залегала на глубине в среднем около 1 700 м, однако наиболее приподнятой частью был район, где расположена скважина Верхнесалымская 7 (почти 1 560 м), а наиболее погруженная область (1 870 м) располагалась на территории Усть-Демьянской мезовадины (ПС 1). Анализ палеоразреза показывает, что наиболее приподнятой областью являлся район скважины Верхнесалымской 7 (рис. 2б). Толщина отложений неокомского комплекса больше в западной части, чем в восточной.

К концу формирования алымской свиты (конец неокома, апт) толщина юрской толщи в среднем была 450 м, уплотнение пород составило от 25 до 27 % от первоначальной. За счет уплотнения кровля юрских отложений «опустилась» на 11–13% (130–180 м). Однако реальное прогибание кровли юрского комплекса равно 1 170–1 380 м. Вероятно, что опускание на величину от 1 040 до 1 200 м обусловлено неравномерными вертикальными движениями блоков фундамента, связанными с глубинными процессами.

Палеоразрез на кузнецовское время (турон)

За период между алымским и кузнецовским временем на территории исследования накопились отложения викуловской, ханты-мансийской, уватской и кузнецовской свит. Общая толщина четырех свит составляет около 1 050 м, изменяясь от 1 000 до 1 100 м. Анализ палеоразреза свидетельствует о том, что их рельеф (по кровлям свит) был дифференцирован слабо, а его расчлененность увеличивается вниз по разрезу, достигая максимальной в кровле фундамента (рис. 2в).

Кровля фундамента залегала на глубине в среднем около 2 500 м. Наиболее приподнятой частью остается район скважины Верхнесалымской 7 (около 2 350 м), а наиболее погруженные области (около 2 650 м) располагались в восточной и западной частях территории исследования (скважины Каренская 400 и ПС 1). Кровля баженовской свиты залегала на глубине около 2 150 м (минимальная около 2 000 м, максимальная почти 2 300 м).

Толщина юрского комплекса в среднем составляет 420 м, изменяясь от 360 до 480 м. Породы уплотнились еще почти на 7 %, а общее уплотнение составило не более 35 % от первоначальной толщины комплекса; погружение кровли юрского комплекса за счет уплотнения около 3 % общего погружения за этот период.

К концу кузнецовского времени (турон) толщина неокомского комплекса в среднем составляла около 1 100 м (скважина Соровская 1), при максимальной толщине почти 1 150 м (ПС 1) и минимальной — 980 м (скважина Верхнесалымская 7). Глубина залегания подошвы комплекса не превышает 2 250 м.

Породы неокомского комплекса уплотнились на 190–270 м (16–20 %) от первоначальной толщины. Погружение, вызванное уплотнением неокомского комплекса, составило 20–25 % от общего за альб-туронское время.

Палеоразрез на ганькинское время (конец мела, маастрихт)

За период между кузнецовским и ганькинским временем на территории исследования накопились отложения березовской и ганькинской свит.

Общая первоначальная толщина свит составляет почти 400 м; максимальные толщины (около 450 м) приурочены к западной и восточной частям территории исследования, а минимальные (около 340 м) — к району, где расположена скважина Соровская 1. По кровлям юрских и частично нижнемеловых горизонтов наиболее приподнятая часть расположена в районе скважины Верхнесалымская 7. Для некоторых вышележащих свит, например для кровли ханты-мансийской свиты, характерно уменьшение глубины залегания в восточном направлении.

Среднее значение глубины залегания кровли фундамента равно 2 700 м (рис. 2г). Наиболее приподнятый участок расположен в районе Верхнесалымской скважины (2 600 м), а наиболее погруженные (около 2 800 м) — приурочены к западной и восточной частям территории исследования. Отметки залегания подошвы осадочного мезозойско-кайнозойского чехла в районе скважины Соровская 1 близки к таковым в Каренской 400.

Толщина юрского комплекса изменяется от 340 до 470 м и в среднем составляет почти 400 м. Породы уплотнились еще не более чем на 3 %, а общее уплотнение составило не более 40 % от первоначальной толщины комплекса. Погружение кровли юрского комплекса за счет уплотнения пород не более 3 % общего погружения за этот период.

На момент формирования кровли ганькинской свиты средняя толщина неокомского комплекса равна 1 050 м (минимальная 950 м, а максимальная 1 120 м). Относительно кузнецовского времени породы уплотнились на 2–3 %. За счет уплотнения отложений кровля этого комплекса опустилась на 6–7 % от общего за этот период, что составило не более 50 м; общее уплотнение пород составило 18–21 % от первоначальной толщины комплекса.

Расположенный выше неокомского альб-туронский комплекс имеет минимальную толщину около 900 м, а максимальную — почти 1 000 м, при средней — около 950 м. Толщина комплекса уменьшилась на 9–11 % от первоначальной. Погружение, вызванное уплотнением пород, составило почти 30 % от общего (100 м). Опускание на величину около 250 м обусловлено, вероятно, неравномерными вертикальными движениями блоков фундамента.

Современный разрез

За период между ганькинским и современным временем (т.е. в течение кайнозойского периода) на территории исследования накопились отложения талицкой, люлинворской, тавдинской, туртасской, новомихайловской свит, отложения неогенового и четвертичного возрастов.

Общая толщина отложений составляет около 800 м; максимальные толщины (около 850 м) приурочены к восточной части территории исследования, а минимальные (около 810 м) — к району скважины Соровская 1.

Аналогично предыдущему этапу наиболее приподнятая часть по кровлям юрских и частично нижнемеловых горизонтов расположена в районе скважины Верхнесалымская 7. Для вышележащих свит характерно, что максимально приподнятая область расположена в районе скважины Соровская 1. В целом расчлененность рельефа увеличивается вниз по разрезу (рис. 2д).

Фундамент залегает на глубине около 3 400 м (Соровская 1), изменяясь от почти 3 200 м (Верхнесалымская 7) до 3 600 м (ПС 1). Наиболее погруженные области приурочены к западной и восточной частям территории исследования.

Толщина юрского комплекса изменяется от около 340 до 470 м, при средней — почти 400 м. Отложения уплотнились не более чем на 0,5%, а их общее уплотнение составило не более 40 % от первоначальной толщины комплекса; погружение кровли юрского комплекса за счет уплотнения пород не более 0,5 % от общего погружения за этот период.

Отложения неокома уплотнились еще на 3–4 %, что составило около 40–50 м; общее уплотнение пород составило не более 25 % от первоначальной толщины комплекса. Погружение за счет уплотнения пород равно около 4 % от общего. Толщина неокомского комплекса составляет около 1 000 м.

К современному моменту толщина альб-туронского комплекса составляет около 850 м, изменяясь от 820 до 890 м. Отложения, по сравнению с ганькинским временем, уплотнились еще почти на 10 % (95 м); общее уменьшение толщины составило около 20 % от первоначальной.

Расположенный выше альб-туронского коньяк-маастрихтский комплекс имеет минимальную толщину около 210 м, а максимальную — почти 250 м, при средней — около 230 м. Толщина комплекса уменьшилась почти на 32 % от первоначальной. Погружение, вызванное уплотнением пород, равно 11–14 % от общего (110 м). Опускание на величину около 700 м (89–86 %) обусловлено, вероятно, неравномерными вертикальными движениями блоков фундамента.

Таким образом, уменьшение первоначальной толщины комплексов за счет уплотнения для юрского комплекса может достигать 40 %, неокомского — 25 %, альб-туронского — 20 %, коньяк-маастрихтского — 32 %. Наибольший вклад в погружение пород (до 15 % от общего погружения) эффект уплотнения «вносит» на начальных этапах накопления какого-либо комплекса. Это принципиально согласуется с данными, приведенными в работе [13].

Следующим шагом, согласно методике, описанной выше, был анализ линейных зависимостей толщин комплексов от современной глубины залегания кровли юрского комплекса (кровли баженовской свиты), который позволил восстановить тектоническое развитие в меловое и кайнозойское время южной части Мансийской синеклизы с учетом эффекта уплотнения пород.

На территории исследования основной объем скважин пробурен в пределах Демьянского (Верхнесалымского) куполовидного поднятия и значительно меньше в смежных депрессиях. Поэтому очевидно, что развитие поднятия и окружающих его депрессий (из которых состоит южная часть Мансийской синеклизы) отражает тектоническое развитие южной части Мансийской синеклизы.

Анализ зависимости глубины залегания доюрского комплекса от толщины юрских

отложений (рис. 3) показывает, что, вероятно, в постюрское время амплитуда структур южной части Мансийской синеклизы, и в том числе Демьянского куполовидного поднятия, увеличилась почти на 50 % (70 м) от современной. Анализ зависимости (рис. 3) глубины залегания доюрского комплекса от первоначальной (т.е. «разуплотненной») толщины юрских отложений свидетельствует, что процессы структурообразования происходили более активно, амплитуды структур увеличились почти на 87 %.

Анализ полученных уравнений регрессии, построенных без учета эффекта уплотнения пород, показывает, что амплитуда Демьянского куполовидного поднятия в структурном плане баженовской свиты увеличивалась не равномерно на разных этапах развития территории (рис. 4). Коэффициенты регрессии в уравнениях, связывающие толщину берриас-аптских и альб-туронских отложений с глубиной залегания баженовской свиты, показывают, что на момент формирования кровли алымской свиты амплитуда Демьянского куполовидного поднятия была почти 68 % (47 м), а концу формирования кузнецовской свиты увеличилась еще на 17 % (13 м) и составила около 85 % (60 м). В коньяк-кайнозойское время происходит плавное увеличение амплитуды структуры почти на 16 % (11 м), при этом во время накопления коньяк-маастрихтских отложений амплитуда структуры почти не изменялась — и ее увеличение было в кайнозойскую эру.

Таким образом, на основе анализа данных глубокого бурения можно сделать вывод: формирование южной части Мансийской синеклизы, и в том числе Демьянского куполовидного поднятия, произошло в меловое время, т.е. большая часть амплитуды структуры (ловушки) была сформирована к началу кайнозоя. Наиболее интенсивно амплитуда структуры увеличивалась в берриас-аптское время (неокомский комплекс).

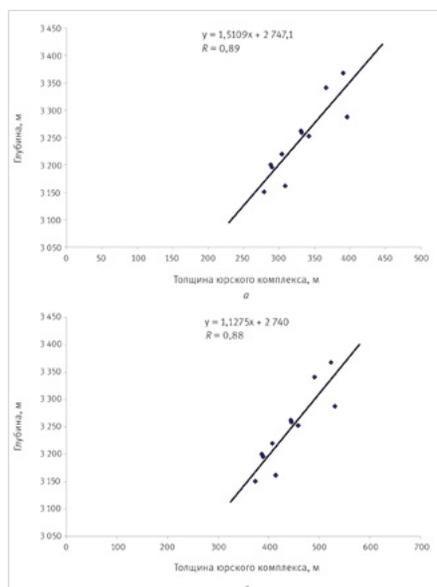


Рис. 3. Зависимости глубины залегания доюрского основания от толщин юрских отложений: а — без учета эффекта уплотнения пород, б — с учетом эффекта уплотнения

Fig. 3. Dependences of the depth of occurrence of the pre-Jurassic base on the thickness of the Jurassic deposits: a — without taking into account the effect of rock compaction, b — taking into account the effect of compaction

С учетом эффекта уплотнения пород к концу формирования неокомского комплекса амплитуда Демьянского куполовидного поднятия была равна 82 % (57 м) от современной (рис. 5). За время накопления альб-туронского комплекса она возросла еще на 20 % (14 м), но, учитывая неравномерное уплотнение пород, реально амплитуда структуры увеличилась на 4 % (около 5 м) и составила около 88 % (62 м). На коньяк-кайнозойском этапе развития амплитуда структуры увеличилась на 16 % (11 м). Однако на исследуемой территории происходили достаточно разнонаправленные процессы: на фоне, вероятно, регионального воздымания бортовых частей Мансийской синеклизы происходило уплотнение пород, что способствовало увеличению амплитуды структуры на 16%, но фактически амплитуда структуры возросла на 12 %. Это подтверждает график зависимости толщин мелового комплекса от глубины залегания баженовской свиты. Согласно ему к концу формирования мелового комплекса амплитуда была практически равна современной и составляла 98 % (68 м).

Увеличение амплитуды структуры на 17 % в кайнозойское время частично вызвано уплотнением осадочных пород. Вероятно, рост амплитуды центральной приподнятой зоны был компенсирован региональным подъемом бортовых частей юга Мансийской синеклизы. Таким образом, реальное увеличение амплитуды Верхнесалымского куполовидного поднятия составило около 2 %.

Анализ толщин отложений показал, что уменьшение первоначальной толщины за счет уплотнения для юрского комплекса может достигать 40 %, неокомского — 25 %, альб-туронского — 20 %, коньяк-маастрихтского — 32 %. «Наибольший вклад» в погружение пород за счет уплотнения внесен на начальных этапах развития территории (до 15 % от общего погружения), что больше, например, чем в пределах Нюрольской мегавпадины Западной Сибири.

Анализ тектонического развития с учетом эффекта уплотнения пород подтверждает, что максимальный прирост амплитуды Верхнесалымского куполовидного поднятия был во время накопления отложений неокомского комплекса.

На примере Верхнесалымского куполовидного поднятия и окружающих его депрессий показано, что амплитуда структуры (ловушки) была почти равна современной к концу мелового этапа развития. Это означает, что для жидких углеводородов, активная генерация которых началась в поздне-меловое время, уже существовали области аккумуляции в южной части Мансийской синеклизы, представленные положительными структурами (антиклинальными ловушками).

Итоги

- Методика палеотектонического анализа с учетом эффекта уплотнения пород применена для восстановления тектонического развития южной части Мансийской синеклизы в юрское, меловое, палеогеновое и неогенное время. На основе анализа фактических данных, вычислительных экспериментов тектоническое развитие проиллюстрировано на серии палеоразрезов на конец формирования: баженовской (конец юры, титон), алымской (конец неокома, апт), кузнецовской (поздний мел, турон) и ганькинской (конец мела, маастрихт) свит. Сделан вывод, что тектонические процессы протекали

наиболее активно в юрское и меловое время на территории южной части Мансийской синеклизы.

- Установлено, что уменьшение первоначальной толщины за счет уплотнения для юрских пород является наибольшим, а «наибольший вклад» в погружение пород за счет уплотнения внесен на начальных этапах развития территории.
- Количественно подтверждено, что на фоне общего погружения в южной части Мансийской синеклизы происходила дифференциация тектонических движений в течение юрского, мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного времени.
- На примере Верхнесалымского куполовидного поднятия и окружающих его депрессий южной части Мансийской синеклизы выяснено, что их формирование произошло в меловое время. Большая часть амплитуд структур (крупной положительной и отрицательных) были сформированы к началу кайнозоя. Основные черты структурного плана осадочного чехла заложены в раннеюрское время.
- Результаты исследования тектонического развития являются основой для реконструкции процессов нефтегенеза и прогноза месторождений нефти и газа.

Выводы

Результаты исследования мезозойско-кайнозойских отложений в центральной части Западно-Сибирской геосинеклизы могут применяться для более детального восстановления эволюции локальных поднятий в осадочном чехле молодых осадочных бассейнов. Более точное восстановление тектонического развития территорий и положительных структурных элементов осадочного чехла с учетом петрофизических характеристик отложений является основой для более точного качественного и количественного прогноза направлений геолого-разведочных работ и подсчета запасов месторождений углеводородов.

Литература

1. Волкова В.С., Архипов С.А., Бабушкин А.Е. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кайнозой Западной Сибири. Новосибирск: СО РАН филиал «ГЕО», 2003. 243 с.
2. Гладков Е.А. Нефтеносное Верхнесалымского нефтяного месторождения // Горные ведомости. 2007. № 3. С. 22–31.
3. Губкин И.М. К вопросу о геологическом строении средней части Нефтяно-Ширванского месторождения нефти. Труды Геологического комитета. Новая серия. Выпуск 88. СПб.: Типография М.М. Стасюлевича, 1913. 95 с.
4. Губкин И.М. Майкопский нефтеносный район: Нефтяно-Ширванская нефтеносная площадь. Труды Геологического комитета. Новая серия. Выпуск 78. СПб.: Типография М.М. Стасюлевича, 1912. 169 с.
5. Карпинский А.П. Общий характер колебаний земной коры в пределах Европейской России // Известия Императорской Академии наук. 1894. Т. 1. № 1. 19 с.
6. Карпинский А.П. Очерк физико-географических условий Европейской России в минувшие геологические периоды. СПб.: Императорская Академия наук, 1887. 36 с.
7. Каталог литолого-стратиграфических разбивок разрезов поисково-разведочных

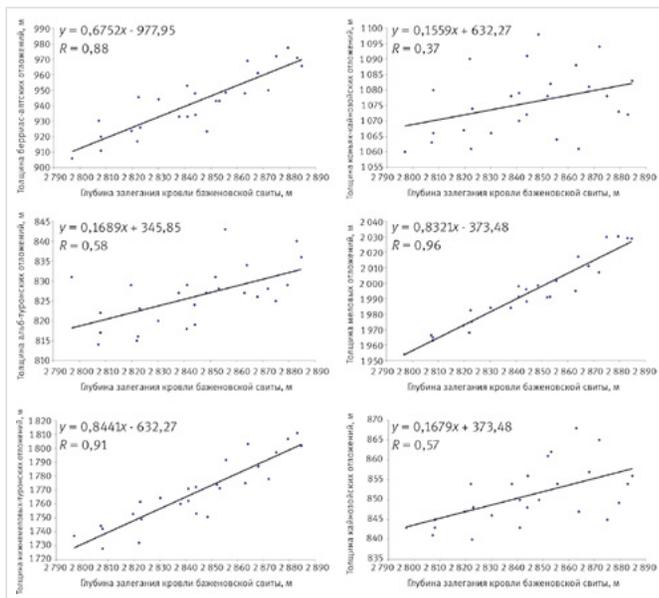


Рис. 4. Зависимости толщин берриас-аптских, альб-туронских, ранний мел-туронских, коньяк-кайнозойских, меловых и кайнозойских комплексов от глубины залегания баженовской свиты без учета эффекта уплотнения пород
Fig. 4. Dependences of the thicknesses of the Berriasian-Aptian, Albain-Turonian, Early Cretaceous-Turonian, Coniacian-Cenozoic, Cretaceous and Cenozoic complexes on the depth of the Bazhenov formation without taking into account the effect of rock compaction

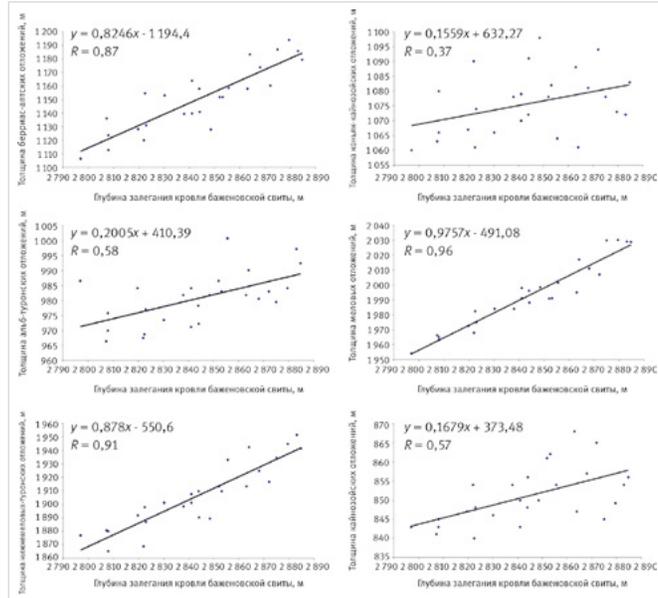


Рис. 5. Зависимости толщин берриас-аптских, альб-туронских, ранний мел-туронских, коньяк-кайнозойских, меловых и кайнозойских комплексов от глубины залегания баженовской свиты с учетом эффекта уплотнения пород
Fig. 5. Dependences of the thicknesses of the Berriasian-Aptian, Albain-Turonian, Early Cretaceous-Turonian, Coniacian-Cenozoic, Cretaceous and Cenozoic complexes on the depth of the Bazhenov formation, taking into account the effect of rock compaction

скважин. Том 1. Ханты-Мансийский автономный округ. Ханты-Мансийск: ГП НАЦ РН ХМАО-ЮГРЫ, 2000. 432 с.

- Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра, 1975. 680 с.
- Конторович А.Э., Данилова В.П., Костырева Е.А. и др. Органическая геохимия абалакской свиты Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Геология и геофизика. 2000. Т. 41, № 4. С. 459–478.
- Конторович А.Э., Меленевский В.Н., Занин Ю.Н. и др. Литология, органическая геохимия и условия формирования основных типов пород баженовской свиты (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 11. С. 1477–1491.
- Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов

Западной Сибири. Новосибирск: СО РАН, филиал «ГЕО», 2002. 252 с.

- Конторович В.А., Беляев С.Ю., Конторович А.Э. и др. Тектоническое строение и история тектонического развития Западно-Сибирского геосинеклизы в мезозое и кайнозое // Геология и геофизика. 2001. Т. 42, № 11–12. С. 1832–1845.
- Кузнецов Р.О., Беляев С.Ю., Жидкова Л.В. Опыт реконструкции времени начала генерации нефти в осадочных бассейнах (на примере восточной части Нюрольско-Колтогорского суббассейна, Западная Сибирь) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006. № 1. С. 18–30.
- Салымский нефтеносный район. Труды ЗапСибНИГНИ. Вып. 41. Тюмень: ЗапСибНИГНИ. 1970. 315 с.
- Шатский Н.С. О тектонике северной

окраины Донецкого бассейна // Бюллетень МОИП. Отдел геологический. 1923/1924. Т. 2. № 3. С. 257–278.

- Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Девятов В.П. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. Новосибирск: изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2001. 480 с.
- Baldwin B., Butler C.O. Compaction curves. AAPG, 1985, Vol. 69, issue 4, P. 622–626. (In Eng).
- Perrier R., Quiblier S. Thickness changes in sedimentary layers during compaction history. AAPG, 1974, issue 58, P. 507–520. (In Eng).
- Schneider F., Potdevin J.L., Wolf S., Faillel. Mechanical and chemical compaction model for sedimentary basin simulators. Tectonophysics, 1996, issue 263, P. 307–317. (In Eng).

ENGLISH

Results

- The technique of paleotectonic analysis, taking into account the effect of rock compaction, was applied to restore the tectonic development of the southern part of the Mansiysk syncline in Jurassic, Cretaceous, Paleogene and Neogene. Based on the analysis of actual data and computational experiments, tectonic development is illustrated on a series of paleosections at the end of formation: Bazhenovskaya (late Jurassic, Tithonian), Alymskaya (late Neocomian, Aptian), Kuznetsovskaya (Late Cretaceous, Turonian) and Gankinskaya (late Cretaceous, Maastrichtian). It is concluded that tectonic processes were the most active in Jurassic and Cretaceous in the southern part of the Mansi syncline.
- It has been established that an decrease in the initial thickness due to compaction was for Jurassic rocks and the “greatest contribution” to the subsidence of rocks due to compaction was made at the initial stages of the development of the territory.
- It has been quantitatively confirmed that, against the background of a general subsidence in the southern part of the Mansi syncline, differentiation of tectonic movements occurred during the Jurassic, Cretaceous, Paleogene, Neogene and Quaternary times.

- Using the example of the Upper Salym dome-shaped uplift and the depressions surrounding it in the southern part of the Mansi syncline, it was found that their formation occurred in Cretaceous. Most of structure amplitudes (large positive and negative) were formed by the beginning of Cenozoic. The main features of the structure of the sedimentary cover were laid down in Early Jurassic.
- The results of the study of tectonic development are a basis for the reconstruction of the processes of naftidogenesis and a forecast of oil and gas fields.

Conclusions

The results of the study of Mesozoic-Cenozoic deposits in the central part of the West Siberian geosyncline can be used for a more detailed reconstruction of the evolution of local uplifts in the sedimentary cover of young sedimentary basins. A more accurate restoration of the tectonic development of territories and positive structural elements of the sedimentary cover, taking into account the petrophysical characteristics of the deposits, are the basis for a more accurate qualitative and quantitative exploration work forecasts and reserves calculation of hydrocarbons fields.

References

1. Volkova V.S., Arkhipov S.A., Babushkin A.E. et al. Stratigraphy of oil and gas basins in Siberia. Cenozoic of Western Siberia. Novosibirsk: SB RAN department "GEO", 2003, 243 p. (In Russ).
2. Gladkov E.A. Oil content of the Upper Salym oil field. Gornye Vedomosti, 2007, issue 3, P. 22–31. (In Russ).
3. Gubkin I.M. On the question of the geological structure of the middle part of the Oil-Shirvan oil field. Proceedings of the Geological Committee. New episode, issue 88. St. Petersburg: publishing house M.M. Stasyulevich, 1913, 95 p. (In Russ).
4. Gubkin I.M. Maykop oil-bearing region: Oil-Shirvan oil-bearing area. Proceedings of geol. com. New episode, issue 78. St. Petersburg: publishing house M.M. Stasyulevich, 1912, 169 p. (In Russ).
5. Karpinsky A.P. The general nature of the fluctuations of the earth's crust within European Russia. Bulletin de l'Académie Impériale des sciences, 1894, Vol. 1, issue 1, 19 p. (In Russ).
6. Karpinsky A.P. Essay on the physical and geographical conditions of European Russia in past geological periods. St. Petersburg: De l'Académie Impériale des sciences, 1887, 36 p. (In Russ).
7. Catalog of lithological and stratigraphic markers of sections of exploration wells. Vol. 1. Khanty-Mansi Autonomous Okrug. Khanty-Mansiysk: GP NAC RN KHMAO-YUGRA, 2000, 432 p. (In Russ).
8. Kontorovich A.E., Nesterov I.I., Salmanov F.K. et al. Geology of oil and gas in Western Siberia. Moscow: Nedra, 1975, 680 p. (In Russ).
9. Kontorovich A.E., Danilova V.P., Kostyreva E.A. et al. Organic geochemistry of the Abalak suite of the West Siberian oil and gas basin. Geology and geophysics, 2000, Vol. 41, issue 4, P. 459–478. (In Russ).
10. Kontorovich A.E., Melenevsky V.N., Zanin Yu.N. Lithology, organic geochemistry and conditions of formation of the main types of rocks of the Bazhenov Formation (Western Siberia). Geology and Geophysics, 1998, Vol. 39, issue 11, P. 1477–1491. (In Russ).
11. Kontorovich V.A. Tectonics and oil and gas potential of the Mesozoic-Cenozoic deposits of the southeastern regions of Western Siberia. Novosibirsk: SB RAN department "GEO", 2002, 252 p. (In Russ).
12. Kontorovich V.A., Belyaev S.Yu., Kontorovich A.E. et al. Tectonic structure and history of tectonic development of the West Siberian geosyncline in the Mesozoic and Cenozoic. Geology and Geophysics, 2001, Vol. 42, issue 11–12, P. 1832–1845. (In Russ).
13. Kuznetsov R.O., Belyaev S.Yu., Zhidkova L.V. Experience in Reconstructing the Start Time of Oil Generation in Sedimentary Basins (on the Example of the Eastern Part of the Nyuroloko-Koltogorsky Sub-basin, Western Siberia). Geology, geophysics and development of oil and gas fields, 2006, issue 1, P. 18–30. (In Russ).
14. Salym oil-bearing region. Proceedings of ZapSibNIGNI. Issue 41. Tyumen: ZapSibNIGNI, 1970, 315 p. (In Russ).
15. Shatsky N.S. On the tectonics of the northern margin of the Donets basin. Bul. Moscow society of nature test., dep. geology. Moscow: Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Department of geological, 1923/1924, Vol. 2, issue 3, P. 257–278. (In Russ).
16. Shurygin B.N., Nikitenko B.L., Devyatov V.P. et al. Stratigraphy of oil and gas basins in Siberia. Jurassic system. Novosibirsk: department "GEO", 2001, 480 p. (In Russ).
17. Baldwin B., Butler C.O. Compaction curves. AAPG, 1985, Vol. 69, issue 4, P. 622–626. (In Eng).
18. Perrier R., Quiblier S. Thickness changes in sedimentary layers during compaction history. AAPG, 1974, issue 58, P. 507–520. (In Eng).
19. Schneider F., Potdevin J.L., Wolf S., Faille I. Mechanical and chemical compaction model for sedimentary basin simulators. Tectonophysics, 1996, issue 263, P. 307–317. (In Eng).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Кузнецов Роман Олегович, научный сотрудник, лаборатория ресурсной базы нефтегазового комплекса, Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия
Для контактов: kuznetsovroipng@gmail.com

Kuznetsov Roman Olegovich, research assistant, oil and gas complex resource base laboratory, Oil and gas research institute RAS, Moscow, Russia
Corresponding author: kuznetsovroipng@gmail.com



10–14 ИЮЛЯ 2023, ТЮМЕНЬ

Инновационные технологические решения при эксплуатации и ремонте скважин

04–08 СЕНТЯБРЯ 2023, МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ (отель «МАСК»)

Бурение, освоение, испытания, ремонт и эксплуатация горизонтальных скважин. Инновации в области добычи нефти и газа.
Промышленная безопасность на ОПО нефтегазовой отрасли

09–13 ОКТЯБРЯ 2023, ТЮМЕНЬ

Кадровый ресурс – потенциал повышения эффективности и безопасности компании. Оценка квалификаций и развитие персонала

+7 3452 520-958

бронирование участия в конференциях
academy.intechol.com

Генеральный информационный партнер

**ЭКСПОЗИЦИЯ
НЕФТЬ ГАЗ**