

УДК 622.276.4/553.982

DOI: 10.52531/1682-1696-2026-26-1-15-26

Научная статья

EDN: DDXHCP

ОБЪЕКТИВНЫЙ ВЗГЛЯД НА ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ КАТЕГОРИЯМИ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

С.В. АРЕФЬЕВ

ПАО «Лукойл», Москва, РФ

Статья посвящена актуальной проблеме многолетних исследований геологического строения отложений с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов. Детально описаны эволюция взглядов и результаты исследований геологического строения залежей нефти и газа в различные периоды поисково-оценочных работ на территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Рассмотрены возможные версии моделей сложных структур трудноизвлекаемых запасов ачимовской толщи и неокомского комплекса. Приведены различные геологические, технологические и экономические критерии определения запасов углеводородов в категорию трудноизвлекаемых, а также наглядно представлены варианты классификации объектов разработки по признаку высокой обводненности продукции скважин и сделана попытка обосновать принцип отнесения этих запасов к категории нерентабельных ТРИЗ (объектов с трудноизвлекаемыми запасами). В результате детального изучения геологического строения ряда месторождений Западной Сибири, главным образом, с учетом эксплуатационных скважин, были установлены особенности залегания отложений юрского и мелового периодов и их низов – ачимовской толщи: в том числе, в связи с особенностями ранее сформированных аномальных разрезов баженовской свиты. Анализ изменения толщин ачимовской толщи по месторождениям указывает на компенсацию суммарных толщин баженовской свиты и аномального ее разреза за счет увеличения толщины ачимовских отложений, а в результате детальной корреляции определено поочередное погружение смежных блоков по конседиментационным разломам и происходит постепенное выполаживание положительных структур, что позволяет считать ачимовскую толщу компенсационной.

Ключевые слова: геологическое строение, условия формирования, сложнопостроенные объекты, трудноизвлекаемые запасы, модель осадконакопления, стратиграфическая классификация и терминология, клиноформы неокомских отложений, ачимовская толща, аномальный разрез баженовской свиты, блоковая тектоника, недонасыщенные залежи, интенсификация добычи нефти, методы увеличения нефтеотдачи пласта

Original article

AN OBJECTIVE LOOK AT THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF DEPOSITS WITH HARD-TO-RECOVER HYDROCARBON RESERVES

S.V. AREFYEV

PAO LUKOIL, MOSCOW, RF

The article is devoted to the actual problem of long-term studies of the geological structure of deposits with hard-to-recover hydrocarbon reserves. The evolution of views and the results of studies of the geological structure of oil and gas deposits in various periods of exploration and evaluation work in the West Siberian oil and gas province are described in detail. Possible versions of models of complex structures of hard-to-recover reserves of the Achimov stratum and the Neocomian complex are considered. Various geological, technological, and economic criteria for classifying hydrocarbon reserves as hard-to-recover are presented, and options for classifying development objects based on high water cut of well production are illustrated. An attempt is made to justify the principle of classifying these reserves as unprofitable hard-to-recover reserves. As a result of a detailed study of the geological structure of a number of fields in Western Siberia, mainly taking into account production wells, the features of the Jurassic and Cretaceous deposits and their lower sections, the Achimov formation, were established, including in connection with the features of the previously formed anomalous sections of the Bazhenov formation. An analysis of the changes in the thickness of the Achimov formation by field indicates that the total thickness of the Bazhenov formation and its anomalous section are compensated by an increase in the thickness of the Achimov formation. A detailed correlation has revealed that adjacent blocks are alternately subducted along con-sedimentary faults, and positive structures are gradually flattened, suggesting that the Achimov formation is compensatory.

KEY WORDS: geological structure, formation conditions, complex structures, hard-to-recover reserves, sedimentation model, stratigraphic classification and terminology, Neocomian clinofolds, Achimov formation, anomalous section of the Bazhenov formation, block tectonics, under-saturated deposits, intensification of oil production, and methods of increasing oil recovery

© С.В. Арефьев

Поступила в редакцию 19.02.2026

ВВЕДЕНИЕ

Нефтяная отрасль России подошла к тому периоду, когда уровни падения добычи углеводородов (далее – УВ) из залежей с крупными и уникальными по запасам должны будут в значительной степени компенсироваться за счет объектов с трудноизвлекаемыми запасами (далее – ТРИЗ), которые зачастую представлены сложнопостроенными нефтегазоносными объектами. Такие залежи могут иметь ненадежные покрышки и потенциально приурочены к отложениям, подверженным разломной тектонике, обусловившей повышенную вертикальную трещиноватость пород. Чтобы повысить эффективность разработки подобных залежей, необходимо определить условия залегания продуктивных пород в разрезе, оценить изменчивость фильтрационно-емкостных свойств по площади и, в конечном счете, построить адекватную геологическую модель изучаемого объекта, что, несомненно, приводит к искажению результатов гидродинамического моделирования. Все имеющиеся неопределенности и геологические сложности объекта существенно усугубляют процесс его разработки и эксплуатации, особенно в периоды, когда активно применяется искусственное воздействие на залежь вторичными и третичными технологиями повышения нефтеотдачи пластов (далее – ПНП) и интенсификации добычи нефти (далее – ИДН) [3–6, 35–46].

Не менее значимые проблемы возникают, когда представления об условиях формирования сложнопостроенных платформенных объектов основываются на множестве взаимоисключающих друг друга гипотез. Это касается нефтегазоносных объектов в осадочных образованиях, связанных с отложениями баженовской свиты и вышезалегающими породами, подверженными разрывным нарушениям, применительно к условиям Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Учитывая, что настоящий период в нефтяной отрасли характеризуется увеличением доли ТРИЗ в суммарной добыче нефти на месторождениях, особенно в пределах наиболее перспективных нефтегазоносных провинций страны, возникает задача объективного представления геологического строения залежей в сложнопостроенных объектах, и корреляция разрезов скважин имеет первостепенное значение при создании геологических моделей месторождения.

Методические приемы и основные принципы корреляции разрезов скважин на крупнейших нефтегазоносных объектах с использованием колоссального массива информации были изложены в огромном количестве публикаций И.С. Гутмана и др., где на конкретных примерах показано, как корреляция разрезов скважин позволяет по-новому взглянуть на особенности формирования и залегания сложнопостроенных нефтегазоносных объектов различного геологического строения. В свою очередь, это дает возможность

достоверно оценить запасы углеводородов и, что самое главное, наметить пути оптимального извлечения нефти при проектировании разработки месторождений и дальнейшей ее реализации [16–20].

Возникающие вопросы стратификации и генезиса отложений являются общезначимыми в понимании природных явлений и представляют собой постоянный предмет научных исследований. Все известные сложнопостроенные нефтегазоносные объекты могут быть отождествлены с той или иной геологической моделью. Условия залегания отложений в таких моделях должны отражать обусловившие их процессы формирования. Следовательно, в процессе детального изучения желательно выделить наиболее часто встречающиеся сложные геологические образования, модели которых фиксируют весь набор создавших их процессов, своевременная визуализация которых позволит объективно решать геологические, технологические задачи и своевременно оценить перспективу экономической рентабельности проектов разработки месторождений ТРИЗ.

ФАКТОРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ

Хронология становления нефтяной отрасли насчитывает как минимум пять крупных этапов развития нефтегазового дела и научно-технологического прогресса в нефтегазовой индустрии. Первые три этапа, начиная с 1848 г., а именно – с момента бурения первой в мире скважины в пригороде г. Баку, характеризуются бурным развитием инженерной мысли, внедрением вторичных методов промышленной добычи нефти и резким подъемом ее добычи с применением третичных методов увеличения нефтеотдачи пластов (МУН).

Следующие два этапа, начиная с 1995 г. и по настоящее время, сопровождались отменой всевозможных преференций и льгот, направленных на развитие третичных МУН пластов и ИДН, что вызвало ожидаемое резкое падение дополнительной добычи нефти за счет их внедрения.

Кроме того, это стало причиной снижения добычи нефти в целом, а также привело к некоторой стагнации нефтяной науки и как следствие – дефициту новых отечественных технических средств и технологий для нефтегазовой индустрии, что, в свою очередь, совпало с периодом появившихся проблем разработки месторождений с нерентабельными ТРИЗ.

Текущий период характеризуется умеренным ростом добычи УВ с применением инновационных технологий увеличения нефтеотдачи пластов и ИДН, в первую очередь, за счет категории нерентабельных техногенных ТРИЗ. Соответственно, нерентабельные природные и техногенные ТРИЗ, как перспективная проблема, не сходит с повестки дня и становится предметом особой заботы государства и недропользователя.

В разные периоды времени в нефтегазовой практике широко использовались близкие по смыслу и содержанию определения, в том числе такие, как: нетрадиционные, некондиционные, аномальные, забалансовые, истощенные, технологические и нерентабельные запасы УВ, которые подчеркивают определенные трудности при их добыче и не гарантируют экономическую эффективность извлечения.

Эти факторы, как правило, зависят от цены вопроса, точнее, возникают при высокой стоимости инновационных технологий извлечения этих ТРИЗ или при низкой цене продажи нефти и нефтепродуктов. Поэтому, с такой же логичностью ТРИЗ правомерно называть «дорогостоящими извлекаемыми» запасами. Следовательно, степень технологической успешности и экономической эффективности добычи любых запасов жидких и газообразных УВ предопределяет экономическая рентабельность их добычи [36].

Очевидно, что категория рентабельности или нерентабельности привносит требуемую транспарентность в классификацию запасов жидких и газообразных УВС и целесообразнее было бы придерживаться этой, более адекватной дефиниции.

Так или иначе, определения термина ТРИЗ были представлены в законе «О недрах», в налоговом Кодексе, в постановлениях Правительства, приказах и нормативно-правовых документах министерств и ведомств, а также в многочисленных научных печатных изданиях.

В работе [21] на основе анализа классификаций ТРИЗ, данных в различных исследованиях, сделан вывод о том, что все запасы, к каким бы геологическим условиям они ни были приурочены, являются в разной степени и на разных стадиях изученности и освоения «трудноизвлекаемыми», а сам термин является сугубо экономическим, и к таким запасам должны относиться только запасы, разработка которых нерентабельна при действующих ценах на сырье и системе налогообложения.

Согласно определению, представленному в [50]: «ТРИЗ – это запасы залежей (месторождений, объектов разработки) или частей залежи, отличающиеся сравнительно неблагоприятными для извлечения геологическими условиями залегания нефти и (или) физическими ее свойствами, разработка которых существующими технологиями в условиях действующей налоговой системы неэффективна».

Наиболее созвучное и консервативное определение представлено в [41]: «ТРИЗ – нерентабельные природные и техногенные запасы жидких и газообразных углеводородов, залегающих в неблагоприятных территориально-климатических условиях, с крайне низко оцененными геологическими, физическими, технологическими параметрами, рентабельная добыча которых определяется в установленном законом порядке в зависимости от волатильности энергетического и валютного рынков».

В законе «О недрах» предлагается дефиниция, справедливо указывающая на то, что «под ТРИЗ целесообразно понимать запасы залежей со сравнительно неблагоприятными для добычи геолого-физическими характеристиками или худшими свойствами флюидов, разработка которых нерентабельна или низко рентабельна в существующих экономических условиях».

В приказе Минприроды РФ №41 от 13 февраля 1998 г. – «Трудноизвлекаемыми запасами следует считать запасы, экономически эффективная (рентабельная) разработка которых может осуществляться только с применением методов и технологий, требующих повышенных капиталовложений и эксплуатационных затрат по сравнению с традиционно используемыми способами».

Сложнопостроенные недонасыщенные коллекторы занимают все больший объем при вводе в разработку новых месторождений. Основные проблемы при их разработке создают обширные водонефтяные зоны (ВНЗ), пониженная нефтенасыщенность и высокая переходная зона, низкие фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС), высокая неоднородность коллектора, а также разломы.

Объективный взгляд на существующую ресурсную базу месторождений Западной Сибири свидетельствует о значительном объеме запасов в высокообводненных и недонасыщенных нефтью залежах, которые, вероятно, необходимо также рассматривать к отнесению в категорию ТРИЗ. Природа происхождения таких залежей связана, судя по всему, с временным фактором, что указывает на более позднее начало их формирования и позволяет относить Западно-Сибирскую нефтегазоносную провинцию к «молодой платформе» относительно других.

Воздействие различными технологиями на подобные коллекторы не всегда оказывается высокоэффективным в силу известных природных и техногенных обстоятельств. Суть проблемы детально была рассмотрена в работе А.Х. Шахвердиева и др. [37], где наглядно представлены варианты классификации объектов разработки по признаку высокой обводненности продукции скважин и сделана попытка обосновать принцип отнесения этих запасов к категории нерентабельных ТРИЗ. Для определенной группы нерентабельных высокообводненных скважин было рекомендовано включение их в перечень ТРИЗ, предусматривающий налоговые льготы по признаку высокой обводненности скважин, разрабатывающих недонасыщенные нефтью неоднородные пласты (рис. 1).

Таким образом, разработка нерентабельных природных и техногенных ТРИЗ актуальная, востребованная и долгосрочная задача, решение которой требует системного подхода, а также внесение уточнений в критерии определения категорий трудноизвлекаемых запасов с обеспечением гармонизации геологических, технологических, экономических, нормативно-правовых параметров и показателей для обоснования

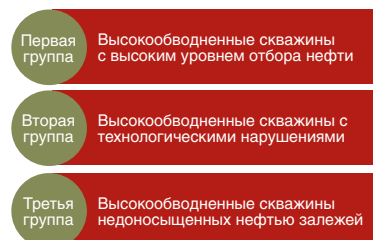


РИС. 1.

Классификация высокообводненных скважин

выбора объектов, подпадающих под льготы и оценки ожидаемого эффекта от принятых решений.

Представления о геологическом строении ТРИЗ неомских отложений Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна

По условиям формирования неомских отложений можно выделить четыре принципиально различные модели [15]:

1. Плоскопараллельное строение неокома (ранняя модель) [32–34].
2. Представления о косослоистом, кулисообразном строении неомских отложений (модель А.А. Наумова) [27].
3. Главенство тектоники [8].
4. Горизонтально-слоистая или клиноформная модель, рассматриваемая часто как седиментация по типу «бокового наращивания осадочных тел» [23, 25, 28].

При анализе литературных и фондовых источников [1–4, 29–31], касающихся вопросов условий осадконакопления в юрско-меловое время на территории Западной Сибири, видно, что последнюю модель

предпочитает большинство исследователей, опирающихся лишь на результаты интерпретации сейсмических материалов, не учитывая при этом колоссальный объем эксплуатационного и разведочного бурения.

Существует множество различных точек зрения на условия формирования клиноформного комплекса Западной Сибири. Основной является теория, в соответствии с которой неомские отложения зачастую представлены как циклически построенная толща заполнения глубоководного бассейна путем бокового наращивания континентального склона.

Термин «клиноформа» был впервые применен Дж. Ричем в 1951 г. для обозначения трех различных обстановок осадконакопления в пределах континентального склона: шельф (ундаформа), склон (собственно клиноформа/ортоформа) и подножие шельфового склона (фондоформа).

Ф.Г. Гулари рассмотрел и обобщил основные представления о строении и условиях образования клиноформ неомских отложений Западно-Сибирской плиты, проведя обзор почти 200 публикаций, вышедших в 1956–2000 гг. [13–15].

По материалам региональных и субрегиональных исследований на территории Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна в пределах Нижневартовского свода выделяются три сейсмостратиграфических комплекса, разделенные по разрезу пачками реперных глин – урьевской, самотлорской, тагринской и бахилловской. Названия комплексов даны одними исследователями по названиям подстилающих реперных глин [23], другими – по названиям перекрывающих глин (рис. 2).

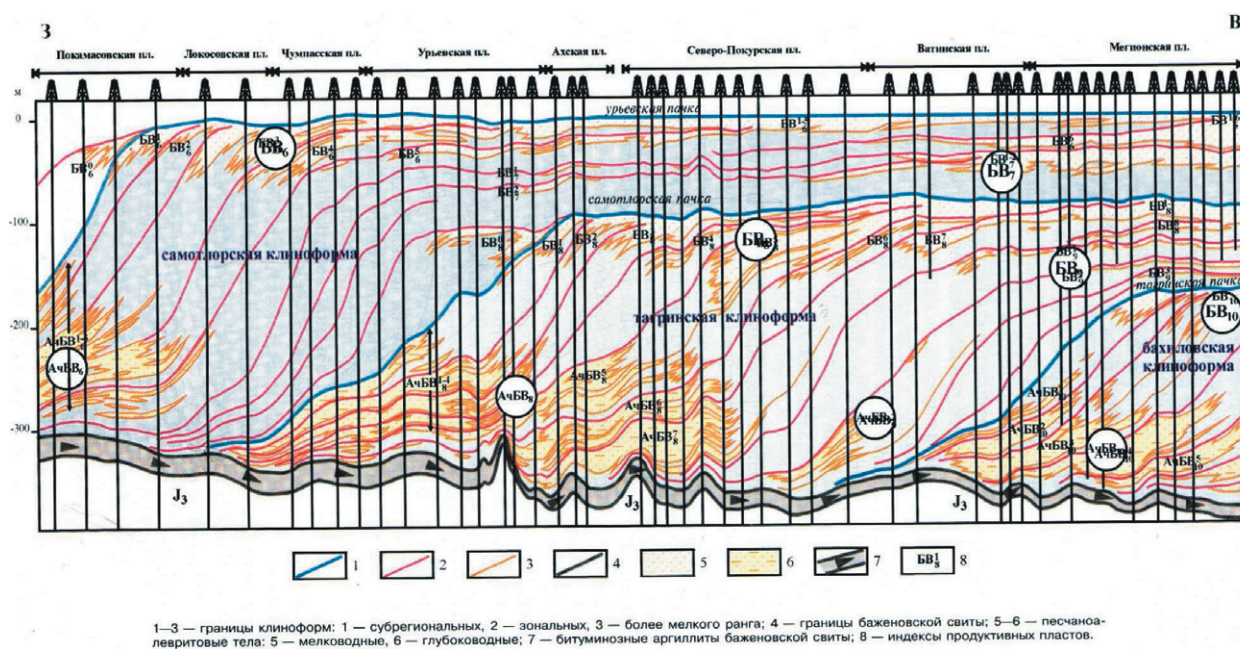


РИС. 2.

Геологический разрез ачимовских отложений северо-западной части Нижневартовского свода (С.В. Ершов и др., 2000 г.)

Учитывая перспективность неокомского комплекса для поиска новых залежей УВ и необходимость детализации строения ранее выявленных залежей, изучение строения и условий формирования этих отложений является весьма важной задачей [2, 3, 7].

Дальнейшее изучение условий формирования нижнемелового комплекса свидетельствует об иной природе клиноформ [12, 28] и связано в большей степени с волнообразно-колебательными движениями блоков кристаллического фундамента, установленными еще в 1951 г. А.А Бакировым, которые находят свое подтверждение на основании детальной корреляции сотен скважин Западной Сибири.

В многочисленных публикациях И.С. Гутман с соавторами [16–20] неоднократно подчеркивает, что большой интерес для повышения эффективности разработки месторождений представляют интервалы разреза, содержащие сложнопостроенные нефтегазоносные объекты, залегающие между интервалами с плоскопараллельным строением разреза. Это отложения, формирование которых происходило именно на границе смены юрской и меловой систем.

Для этого интервала времени характерны:

- неоднократно возобновляемые и различной интенсивности блоковые погружения пород по конседиментационным и постседиментационным разломам;
- многочисленные факты несогласного залегания пород, обусловленные различного рода размывами или перерывами в осадконакоплении;
- клиноформное залегание пород как результат разнотемпного прогибания в один и тот же временной интервал.

Именно с приведением толщин исследуемого объекта в разрезе отложений во всех скважинах по профилю к одной толщине появляется возможность отличать клиноформное залегание пород от стратиграфического несогласия.

Особое внимание следует уделить различного рода процессам формирования самой нижней в меловых отложениях ачимовской пачке, которая по своим геолого-физическим характеристикам относится к ТРИЗ, разработка которых может осуществляться в основном с применением капиталоемких методов и технологий. Только после этого необходимо остановиться на совершенствовании представлений о последовательном моделировании всей толщи сложнопостроенных продуктивных верхнеюрских и нижнемеловых отложений между двумя интервалами плоскопараллельного залегания пород: васюганской свитой снизу и урьевской пачкой сверху.

С учетом данного подхода представляется целесообразным рассматривать вопросы последовательного осадконакопления, начиная с плоскопараллельно залегающих верхнеюрских отложений и заканчивая аналогично залегающими неокомскими отложениями [17].

Принимая во внимание доказанное ранее блоковое строение рассматриваемого разреза [20], необходимо учесть, что интенсивные тектонические движения, происходившие в момент формирования отложений аномального разреза баженовской свиты, проявлялись в процессе формирования отложений ачимовской толщи, которая представляет собой наиболее ранние отложения неокома.

Наличие интенсивных тектонических движений при формировании отложений аномального разреза баженовской свиты и ачимовской толщи требует анализа территории с помощью структурных карт и карт общих толщин.

На рис. 3 представлена структурная карта кровли ачимовской толщи, демонстрирующая максимум абсолютных отметок на востоке, что свидетельствует о вовлеченности всей территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в серию обширных погружений, интенсивность которых сильно различалась в пределах каждого тектонического блока. Западная часть территории погружалась менее интенсивно, нежели восточная, что обуславливало минимальные толщины ачимовской толщи в западной части и максимальные в восточной.

Баженовская свита, ее аномальный разрез (АРБ) и клиноформы Западной Сибири, в окончании которых выделяют ачимовскую толщу, обычно рассматривались отдельно, хотя немаловажной представлялась увязка особенностей формирования указанных сложнейших объектов на стыке юрского и мелового периодов, и понимание того, что переход от одного объекта к другому в тектоническом плане редко происходил гладко. Поскольку эти объекты содержат залежи нефти, проблемы их геометризации напрямую связаны с установлением особенностей осадконакопления каждого объекта, содержащего продуктивные пласты.

В волновом сейсмическом поле ачимовская толща отражается пологонаправленными на запад отражающими горизонтами, которые примыкают к баженовской свите и прекращаются или воздымаются в шельфовую область на востоке.

Блоковое залегание пород ачимовской толщи, судя по всему, это наиболее распространенный вариант формирования ачимовских отложений. Об обусловленности формирования ачимовской толщи блоковой тектоникой свидетельствует характер изменения толщин в этот временной интервал с толщинами того же аналогичного разреза, наблюдается практически обратная картина: в блоках, где толщины АРБ максимальны, толщины ачимовки минимальны, и наоборот.

В результате детальной корреляции по скважинам установлено (рис. 4), что западная часть рассматриваемой территории не так интенсивно погружалась, как восточная, и соответственно содержит минимальные толщины ачимовских отложений, где аномальный разрез баженовской свиты отсутствовал, а максимальные

толщины присутствуют в восточной части. Такая картина свидетельствует о том, что во время формирования ачимовской пачки территория испытывала активные тектонические движения, сопровождающиеся разнородным погружением блоков по конседиментационным разломам. Эта закономерность находит свое подтверждение практически на всех известных крупных месторождениях Западной Сибири.

Толщины надachimовских отложений зоны максимальных значений расположены на западе изучаемой территории. Схожую картину накопления отложений,

но в отраженном виде, можно наблюдать при формировании ачимовской толщи. Это объясняется разнородными тектоническими погружениями, происходившими в момент их формирования. Основное же свойство этих движений состоит в том, что в одном и том же месте поднятие может смениться опусканием, и наоборот [17].

Сравнивая условия осадконакопления на месторождениях, расположенных на сводах, с месторождениями, расположенными в прогибе между сводами и крупными поднятиями, выявлено, что:

- на сводах формирование нижнемеловых отложений происходило в виде клиноформ в результате волнообразных тектонических движений;
- на сводах и в прогибах процессы осадконакопления нижнемеловых-верхнеюрских отложений сопровождались разнородным погружением блоков по конседиментационным разломам.

Анализируя изменение толщин ачимовской толщи по всей рассматриваемой территории, можно сказать, что, произошла компенсация суммарных толщин баженовской свиты с аномальным ее разрезом за счет увеличения толщин ачимовских отложений. Тектонические про-

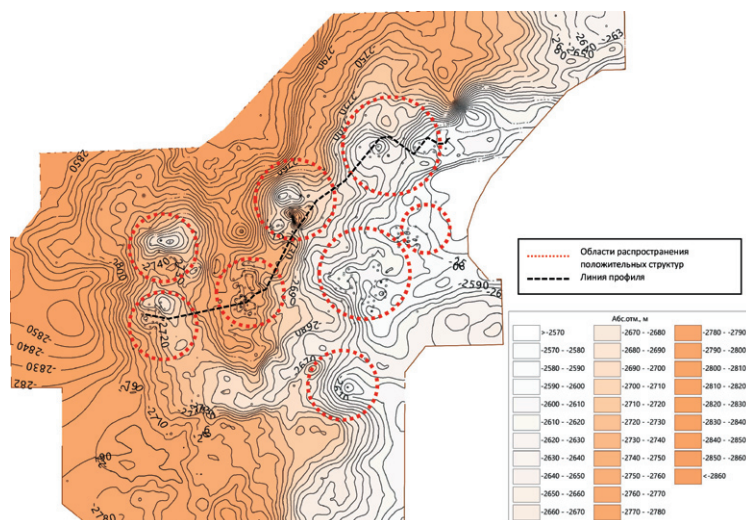


РИС. 3.
Структурная карта кровли ачимовской толщи демонстрирующая максимум абсолютных отметок на востоке

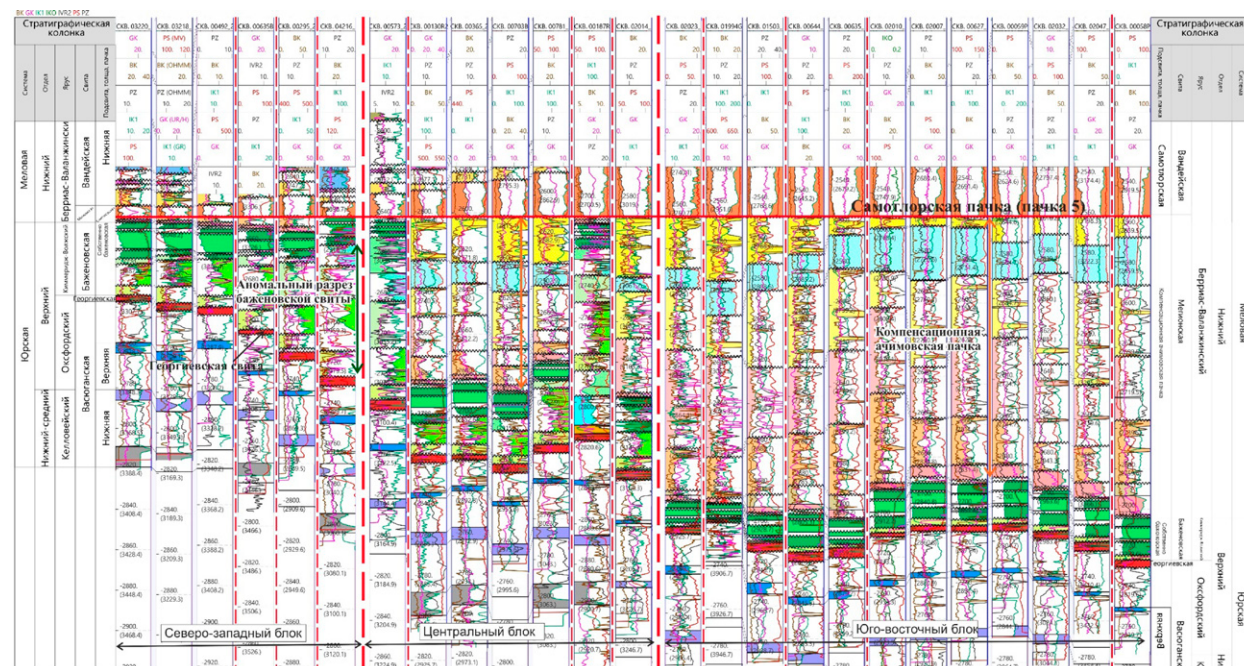


РИС. 4.
Палеогеографический разрез ачимовской толщи с типичным блоковым строением

цессы, проявившиеся в позднеюрское время, возобновились в раннемеловое время.

При комплексном рассмотрении месторождений Сургутского и Нижневартовского сводов прослеживается смещение оси максимальных толщин отложений пачек, выделенных внутри сортымской и мегнионской свит соответственно, в направлении с юго-востока на северо-запад, что может являться свидетельством единой природы волнообразных тектонических движений в этом направлении.

Подводя итог, можно утверждать, что в нефтегазовой геологии и разработке месторождений недостаточно учитывается влияние разломно-блоковой тектоники на формирование залежей, их поиски и разработку.

В последние годы многие ученые в своих работах [9, 17–20, 22, 24, 26] делают вывод и признают, что разломно-блоковая тектоника играет важнейшую роль в формировании продуктивных отложений, способствуя разуплотнению пород, развитию зон деструкций, вертикальной миграции флюидов, что в свою очередь подтверждается термобарическими и геохимическими аномалиями.

Таким образом, можно полагать, что значительная часть невовлекаемых запасов нефти находится в трещиновато-пористых коллекторах, которые представлены разрывными (малоамплитудными) или дизъюнктивными нарушениями, т.е. деформациями пластов, при которых нарушается целостность горных пород, что, в свою очередь, приводит к формированию не дренируемых (застойных) зон внутри залежи вблизи этих деформаций.

Подобные нарушения могут образовывать массивные зоны скопления углеводородов, игнорирование которых при разработке месторождений, в том числе и при размещении скважин будет приводить к снижению эффективности процесса нефтеизвлечения. В тоже время, учет таких площадей при проектировании разработки месторождений позволит добывать нефть, которая скапливается в застойных зонах, образуемых около разрывных нарушений, тем самым получая более высокие коэффициенты нефтеотдачи.

В связи с неоднородностью рассматриваемых коллекторов по проницаемости и низкой нефтенасыщенности происходит защемление нефти в застойных зонах, что создает определенные проблемы при разработке таких объектов. Одним из решений данной проблемы может стать создание трещин ГРП, которые будут способствовать повышению охвата пласта дренированием и вовлечению в разработку нефтенасыщенных зон коллекторов с пониженной проницаемостью, которые ранее не участвовали в работе пласта.

С момента публикации А.А. Наумовым клиноформной модели неокома Западной Сибири, несмотря на большие объемы бурения и геофизических работ, накопилось очень много нерешенных вопросов,

обусловленных различным толкованием формирования нижнеэокомских отложений и соотношением их низов (ачимовской толщи) со смежными аномальными разрезами баженовской свиты верхней юры.

Это еще раз подчеркивает, что неомом является сложным по своему строению и требует более детального изучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ и обобщение многолетнего опыта исследований геологического строения отложений с традиционными и трудноизвлекаемыми запасами углеводородов (ТРИЗ) на территории Западной Сибири позволяют сформулировать следующие ключевые положения.

1. Клиноформное строение – до настоящего времени считалось универсальной моделью, объединяющей традиционные и нетрадиционные ресурсы. Клиноформы юрско-мелового разреза представляют собой иерархическую ловушку-резервуар, где реализуются оба типа запасов:

- в проксимальных и дистальных частях клиноформ (относительно высокие фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС)) формируются традиционные залежи стратиграфического и литологического типов;

- в центральных, наиболее глинистых и низкопроницаемых зонах клиноформных тел (область «палеосклона») концентрируются ТРИЗ, связанные с тонкослоистыми, низкопроницаемыми коллекторами.

Разрывные нарушения здесь выступают связующим элементом, обеспечивающим сообщение между различными частями клиноформной системы и формирующим единую «слоеную» нефтегазоносную структуру.

2. Тектонический режим – представлен как фундаментальный контролирующий фактор. Сравнительный анализ различных научных подходов выявил эволюцию взглядов на роль тектоники: от модели относительно стабильной, изометричной платформы к признанию значительной роли унаследованной гетерогенности фундамента и активизированных неотектонических движений.

Современная парадигма рассматривает Западно-Сибирскую плиту как «живую» тектоническую систему, где длительно развивающиеся зоны глубинных разломов фундамента предопределяют локализацию рифтов, палеовпадин, валов и, как следствие, основных осадочных комплексов и зон нефтегазоаккумуляции.

3. Роль разрывных нарушений – от барьеров к проводникам. Существуют две конкурирующие концепции в оценке роли разломов:

- традиционный взгляд (преимущественно для классических залежей) рассматривает разломы, особенно в глинистых толщах, прежде всего как флюидо-

упоры, формирующие тектонически экранированные ловушки;

– современный взгляд (ключевой для ТРИЗ в низкопроницаемых коллекторах баженовской, абалакской, тюменской свит и др.) подчеркивает их роль как каналов для вертикальной и латеральной миграции углеводородов, а также как зон, формирующих вторичную трещиноватость, резко повышающую ФЕС пород.

Таким образом, для нетрадиционных резервуаров разломно-трещинные зоны сами являются объектом разработки. Обобщение показывает, что наиболее продуктивны зоны пересечения разломов разных направлений и порядков, создающие объемную улучшенную фильтрационную сеть.

Сравнительный анализ месторождений на аналогичных последовательно меняющихся этапах их развития, показал сходство основных особенностей геологического строения разреза в интервале верхнеюрских-нижнемеловых отложений. Вместе с тем, каждому из месторождений присущи свои особенности. Но самое главное – и те, и другие обусловлены, в первую очередь, ярко проявившимися на стыке юрского и мелового периодов тектоническими процессами как разрывного, так и пликативного характера, последовательно сменявшими друг друга.

Представленный опыт исследований геологического строения Западной Сибири демонстрирует, что различия между традиционными и трудноизвлекаемыми запасами носят не принципиальный, а градуальный характер и определяются, в первую очередь, позицией в рамках единой тектоно-седиментационной системы, представляющей клиноформный комплекс, активизированный разломами. Дальнейшее приращение запасов, особенно в категории ТРИЗ, будет зависеть от способности прогнозировать пространственное распределение зон, улучшенных ФЕС, возникающих на пересечении благоприятных фациальных обстановок, представленных песчаными языками клиноформ и динамически активными разрывными нарушениями.

Изложенные результаты выполненного анализа требуют выработки более объективных подходов к оценке углеводородного потенциала залежей ТРИЗ и разработки наиболее эффективных методов добычи нефти из столь сложных геологических объектов, а также применения интегральных подходов, сочетающих сейсмофациальный, палеотектонический и геомеханический анализ.

ЛИТЕРАТУРА

1. АРЕФЬЕВ С.В., НИКИФОРОВ В.В., КОТЕНЕВ Ю.А., ШАБРИН Н.В., ШАРАФУТДИНОВ А.Р. Особенности выработки запасов нефти юрско-нижнемеловых отложений на основании уточнения литолого-фациального строения месторождения // Нефть. Газ. Новации. 2022. № 3. С. 26–30.
2. АРЕФЬЕВ С.В. Обзор взглядов о геологическом строении валанжин-готеривских отложений Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна / Труды X международного симпозиума студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», посвященного 100-летию первого выпуска сибирских инженеров и 110-летию основания Томского политехнического университета, Томск. 2006. С. 287–290.
3. АРЕФЬЕВ С.В. Определение по данным ГИС параметров коллекторов и оценка характера насыщения Ачимовских отложений Западного склона Нижневартовского свода // Технологии ТЭК. 2006. №6. С. 16–19.
4. АРЕФЬЕВ С.В. Освоение трудных недр как источник пополнения сырьевой базы нефтяных компаний // Нефть, газ и бизнес. 2006. №4. С. 13–17.
5. АРЕФЬЕВ С.В. Особенности и перспективы разработки трудноизвлекаемых запасов месторождения им. А. Усольцева // Нефтяное хозяйство. 2023. № 3. С. 36–41.
6. АРЕФЬЕВ С.В. Покорение «трудных» недр // Нефть России. 2005. №12. С. 48–51.
7. АРЕФЬЕВ С.В. Разработка модели геологического строения ачимовской толщи в Северо-Западной части Нижневартовского свода. Дис. на соискание уч.-ой ст. к.г.-м.н. Томск: Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья. 2008. 155 с.
8. АРТЮШКОВ Е.В. Вертикальные движения земной коры на континентах как отражение глубинных процессов в коре и мантии Земли: геологические следствия // Вестник РАН. 2012. Т. 82. № 12. С. 1075–1091.
9. БЕМБЕЛЬ С.Р. Моделирование сложнопостроенных залежей нефти и газа в связи с разведкой и разработкой месторождений Западной Сибири. Дис. на соиск. уч. ст. д.г.-м.н. Тюмень: Тюменский Государственный нефтегазовый университет. 2001.
10. БРАДУЧАН Ю.В., ЯСОВИЧ Г.С., УШАТИНСКИЙ И.Н. Условия формирования мезозойских отложений Нижневартовского нефтегазоносного района / Геология и нефтегазоносность Нижневартовского района. Тюмень: ЗапСибНИГНИ. 1974. С. 73–89.
11. ГОЛЬБЕРТ А.В., ГУРАРИ Ф.Г., КЛИМОВА И.Г. О возрастной миграции неокомских свит Западной Сибири // Новосибирск: Труды СНИИГГиМС. вып. 115. 1971. С. 4–9.
12. ГРИШКЕВИЧ В.Ф., ЛАГУТИНА С.В., ПАНИНА Е.В. и др. Геомеханическая модель формирования аномальных разрезов баженовской свиты: физическое моделирование и практическое применение // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2017. №3. С. 33–47.

13. Гурари Ф.Г. Клиноформы – особый тип литостратонов // Геология и геофизика. 1994. № 4. С. 19–25.
14. Гурари Ф.Г., Нестеров И.И., Рудкевич М.Я. О стратификации мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской низменности // Геология и геофизика. 1962. № 3. С. 3–10.
15. Гурари Ф.Г. Строение и условия образования клиноформ неокотских отложений Западно-Сибирской плиты. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2003. С. 3–141.
16. Гутман И.С., Арефьев С.В., Батулин А.Ю., Гапоненко Е.С. Выявление блокового строения продуктивных отложений на основе детальной корреляции разрезов эксплуатационных скважин с целью повышения эффективности разработки на поздней стадии (на примере пласта БС102+3) Тевлинско-Рускинского нефтяного месторождения ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь» / Мат-лы Двадцать седьмой науч.-практи. конф. Ханты-Мансийск. 2024. С. 41–48.
17. Гутман И.С., Арефьев С.В. и др. Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция / Корреляция разрезов скважин сложнопостроенных объектов и геологическая интерпретация ее результатов. 2022. Раздел. 5.4. С. 146–172.
18. Гутман И.С., Арефьев С.В., Митина А.И. Методические приемы детальной корреляции разрезов скважин при изучении геологического строения верхнеюрских и нижнемеловых комплексов пород на примере Тевлинско-Рускинского нефтяного месторождения Сургутского свода. Ч. 2 // Нефтяное хозяйство. 2020. № 10. С. 25–29.
19. Гутман И.С., Арефьев С.В., Обгольц А.А., Федосеева Е.Н. Особенности блокового строения Баженовско-Ачимовского комплекса пород на примере Нонг-Еганского месторождения // Нефтяное хозяйство. 2022. № 7. С. 70–75.
20. Гутман И.С. Комплексное обоснование тектонической природы аномальных разрезов верхнеюрской баженовской свиты и нижнемеловой ачимовской толщи. Аномальные разрезы нижнемеловой ачимовской толщи // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. № 3(26).
21. Давыдов А.В. Анализ и прогноз разработки нефтяных залежей // Москва, ОАО «ВНИИОЭНГ». 2008. 316 с.
22. Дмитриевский А.Н. Доюрский комплекс Западной Сибири – новый этаж нефтегазоносности (Проблемы поисков, разведки и освоения месторождений углеводородов). Изд-во "LAP LAMBERT Academi Publishing", 2012. С. 1–135.
23. Ершов С.В., Казаненков В.А., Конторович А.Э. Строение и перспективы нефтегазоносности клиноформных отложений неокот Нижневартовского свода, Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО (третья научно-практическая конференция), под редакцией Волкова В.А., Ханты-Мансийск. 2000. С. 39–48.
24. Запывалов Н.П. Флюидодинамические модели залежей нефти и газа. Под ред. В. Г. Канакина. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003. С. 1–198.
25. Карагодин Ю.Н., Ершов С.В., Казаненков В.А. Модель геологического строения и нефтегазоносности клиноформного комплекса неокот Западной Сибири / Мат-лы 2-й междунар. конф. «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа», М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1998. С. 92–93.
26. Муслимов Р.Х. Определяющая роль фундамента осадочных бассейнов в формировании постоянной подпитки (возобновлении) месторождений // Нефтяное хозяйство. 2007. № 3. С. 24–29.
27. Наумов А.Л. К методике реконструкции рельефа дна Западно-Сибирского раннемелового бассейна // Геология и геофизика. 1977. №10. С. 38–47.
28. Нежданов А.А., Кулагина С.Ф., Корнев В.А., Хафизов Ф.З. Аномальные разрезы баженовской свиты: взгляд через полвека после обнаружения // Нефть и газ. 2017. №6. С. 34–41.
29. Ростовцев Н.Н. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Западно-Сибирской низменности / Инф. сборник ВСЕГЕИ. 1955. № 2.
30. Рудкевич М.Я., Максимов Е.М. Размещение зон регионального нефтегазоаккумуляции в юрско-меловых отложениях Западной Сибири // Геология нефти и газа. 1978. №5. С. 11–16.
31. Соколова Т.Н. Факторы, определяющие условия седиментации отложений ачимовской толщи Западной Сибири // Прогноз месторождений нефти и газа. М.: ВНИГНИ. 1989. С. 135–142.
32. Трушкова Л.Я. К стратиграфии отложений неокот Обь-Иртышского междуречья // Геология нефтегазоносных районов Западно-Сибирской низменности. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1966. С. 52–64.
33. Трушкова Л.Я. Основные закономерности распространения продуктивных пластов и покрышек в неокоте Обь-Иртышского междуречья / Тр. СНИИГГиМС. Вопросы литологии и палеогеографии Сибири. Новосибирск. 1970. вып. 106. С. 4–12.
34. Трушкова Л.Я. Особенности строения продуктивной толщи неокот Обь-Иртышского междуречья // Проблемы стратиграфии. Новосибирск: СНИИГГиМС. 1969. Вып. 94. С. 164–168.
35. Шахвердиев А.Х., Арефьев С.В., Бруслова Ю., Денисов А.В. Способ разработки нефтяной залежи. Патент на изобретение RU 2814697 С1, 16.11.2022. Заявка № 2022129699 от 04.03.2024.
36. Шахвердиев А.Х., Арефьев С.В., Давыдов А.В. Проблемы трансформации запасов углеводородного сырья в нерентабельную техногенную категорию трудноизвлекаемых // Нефтяное хозяйство. 2022.

- №4. С. 38–43.
37. ШАХВЕРДИЕВ А.Х., АРЕФЬЕВ С.В., ДАВЫДОВ А.В. Трудноизвлекаемые запасы недонасыщенных нефтью коллекторов // Геология и недропользование. 2022. №10. С. 76–85.
 38. ШАХВЕРДИЕВ А.Х., АРЕФЬЕВ С.В., ДЕНИСОВ А.В., ЮНУСОВ Р.Р. Методика восстановления оптимального режима функционирования системы пласт – скважина с учетом неустойчивости фронта вытеснения // Нефтяное хозяйство. 2020. № 6. С. 52–57.
 39. ШАХВЕРДИЕВ А.Х., АРЕФЬЕВ С.В. Концепция мониторинга и оптимизации процесса заводнения нефтяных пластов при неустойчивости фронта вытеснения // Нефтяное хозяйство. 2021. № 11. С. 104–109.
 40. ШАХВЕРДИЕВ А.Х., АРЕФЬЕВ С.В. Негативное влияние гистерезисных явлений на процесс разработки месторождений нефти и газа // Вестник РАЕН. 2024. Т. 24. № 1. С. 3–19.
 41. ШАХВЕРДИЕВ А.Х., АРЕФЬЕВ С.В., ПОЗДЫШЕВ А.С., ИЛЬЯЗОВ Р.Р. О включении высокообводненных запасов недонасыщенных нефтью коллекторов в категорию трудноизвлекаемых // Нефтяное хозяйство. 2023. №4. С. 34–39.
 42. ШАХВЕРДИЕВ А.Х., АРЕФЬЕВ С.В., ПОЛИЩУК А.А., ВАЙНЕРМАН Б.П., ЮНУСОВ Р.Р., ДЕНИСОВ А.В. Актуализация геологической модели залежи с целью оптимизации заводнения при добыче остаточных запасов нефти застойных зон // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2020. № 5. С. 28–41.
 43. ШАХВЕРДИЕВ А.Х., ШЕСТОПАЛОВ Ю.В., МАНДРИК И.Э., АРЕФЬЕВ С.В. Альтернативная концепция мониторинга и оптимизации заводнения нефтяных пластов в условиях неустойчивости фронта вытеснения // Нефтяное хозяйство. 2019. № 12. С. 118–123.
 44. ШАХВЕРДИЕВ А.Х., ЗАХАРОВ И.В., СУЛЕЙМАНОВ И.В. Исследование степени информативности параметров, определяющих процесс образования застойных и слабодренлируемых зон залежей углеводородов // Нефтяное хозяйство. 2004. № 8. С. 64–68.
 45. ШАХВЕРДИЕВ А.Х., МАНДРИК И.Э. Влияние технологических особенностей добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на коэффициент извлечения нефти // Нефтяное хозяйство. 2007. № 5. С. 76–79.
 46. ШПУРОВ И.В. Сырьевая база и трудноизвлекаемые запасы России и Западной Сибири // «НЕФТЬ-ГАЗТЭК» / Мат-лы VI Межд-ого Инновационного Форума и выставки. Тюмень, 16–17 сентября 2015.

REFERENCE

1. AREFYEV S.V., NIKIFOROV V.V., KOTENEV YU.A., SHABRIN N.V., SHARAFUTDINOV A.R. Features of the development of oil reserves in the Jurassic-Lower Cretaceous deposits based on the clarification of the lithofacies structure of the field. *Neft' Gaz. Novatsii*. 2022; 3: 26–30. (In Russian).
2. AREFYEV S.V. Review of views on the geological structure of the Valanginian-Hauterivian deposits of the West Siberian oil and gas megabasin. Proceedings of the X International Symposium of Students and Young Scientists named after Academician M.A. Usova, "Problems of Geology and Subsoil Development," dedicated to the 100th anniversary of the first graduation of Siberian engineers and the 110th anniversary of the founding of Tomsk Polytechnic University, Tomsk. 2006. 287–290. (In Russian).
3. AREFYEV S.V. Determination of reservoir parameters based on well logging data and assessment of the saturation nature of the Achimov deposits on the western slope of the Nizhnevartovsk arch. *Tekhnologii TEK*. 2006; 6: 16–19. (In Russian).
4. AREFYEV S.V. Development of difficult subsoil resources as a source of replenishment of the raw material base of oil companies. *Neft' gaz i biznes*. 2006; 4: 13–17. (In Russian).
5. AREFYEV S.V. Features and prospects of development of hard-to-recover reserves of the A. Usoltsev field. *Neftyanoye khozyaystvo*. 2023; 3: 36–41. (In Russian).
6. AREFYEV S.V. Conquering "difficult" subsoil resources. *Neft' Rossii*. 2005; 12: 48–51. (In Russian).
7. AREFYEV S.V. Development of a model of the geological structure of the Achimov formation in the north-western part of the Nizhnevartovsk arch: dis. ... Cand. of Geology and Mineralogy Sciences: 25.00.12. Tomsk, 2008: 155. (In Russian).
8. ARTYUSHKOV E.V. Vertical movements of the earth's crust on the continents as a reflection of deep processes in the crust and mantle of the Earth: geological consequences. *Vestnik RAN*. 2012; 82(12): 1075–1091. (In Russian).
9. BEMBEL S.R. Modeling of complex oil and gas deposits in connection with exploration and development of fields in Western Siberia. Dissertation for the degree of Doctor of Geological and Mineral Sciences. Tyumen: Tyumenskiy Gosudarstvennyy neftegazovyy universitet, 2001. (In Russian).
10. BRADUCHAN YU.V., YASOVICH G.S., USHATINSKY I.N. Conditions of formation of Mesozoic deposits of the Nizhnevartovsk oil and gas region. Geology and oil and gas potential of the Nizhnevartovsk region. Tyumen: ZapSibNIGNI. 1974: 73–89. (In Russian).
11. GOLBERT A.V., GURARI F.G., KLIMOVA I.G. On the age migration of Neocomian formations of Western Siberia. Novosibirsk: Trudy SNIIGiMS. 1971; 115: 4–9. (In Russian).

12. GRISHKEVICH V.F., LAGUTINA S.V., PANINA E.V. ET AL. Geomechanical model of the formation of anomalous sections of the Bazhenov Formation: physical modeling and practical application. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*. 2017; 3: 33-47. (In Russian).
13. GURARI F.G. Clinoforms – a special type of lithostratons. *Geologiya i geofizika*. 1994; 4: 19–25. (In Russian).
14. GURARI F.G., NESTEROV I.I., RUDKEVICH M.YA. On the stratification of Mesozoic and Cenozoic deposits of the West Siberian Lowland. *Geologiya i geofizika*. 1962; 3: 3–10. (In Russian).
15. GURARI F.G. Structure and conditions of clinoform formation in Neocomian deposits of the West Siberian Plate. Novosibirsk: SNIIGiMS, 2003: 3–141. (In Russian).
16. GUTMAN I.S., AREFYEV S.V., BATURIN A.YU., GAPONENKO E.S. Identification of the block structure of productive deposits based on detailed correlation of production well sections in order to increase the efficiency of development at a late stage (using the BS102+3 formation as an example) of the Tevlinsko-Russkinskoye oil field of LUKOIL – Western Siberia LLC. Proceedings of the Twenty-seventh scientific and practical conference. Khanty-Mansiysk. 2024; 41–48. (In Russian).
17. GUTMAN I.S., AREFYEV S.V. ET AL. West Siberian oil and gas province. Correlation of well sections of complex structures and geological interpretation of its results. 2022. Section 5.4: 146–172. (In Russian).
18. GUTMAN I.S., AREFYEV S.V., MITINA A.I. Methods of detailed correlation of well sections in the study of the geological structure of upper jurassic and lower cretaceous rock complexes on the example of the Tevlinsko-Russldnskoye oil fields of the Surgut arch. Part 2. *Neftyanoye khozyaystvo*. 2020; 10: 25–29. (In Russian).
19. GUTMAN I.S., AREFYEV S.V., OBGOLTS A.A., FEDOSEEVA E.N. Features of the block structure of the Bazhenov-Achimov complex rocks on the example of the Nong-Eganskoye field. *Neftyanoye khozyaystvo*. 2022; 7: 70–75. (In Russian).
20. GUTMAN I.S. Comprehensive confirmation of tectonic nature of the anomalous sections of the bazhenov formation and the lower cretaceous achimov stratum of western Siberia. Part 1. The anomalous sections of the bazhenov formation and the lower cretaceous achimov stratum of western Siberia. Actual problems of oil and gas. 2019;3;(26). (In Russian).
21. DAVYDOV A.V. Analysis and forecast of oil deposit development. Moscow: JSC VNIIOENG. 2008. 316. (In Russian).
22. DMITRIEVSKY A.N. Pre-Jurassic complex of Western Siberia – a new level of oil and gas potential (Problems of prospecting, exploration and development of hydrocarbon deposits). LAP LAMBERT Academi Publishing. 2012; 1–135. (In Russian).
23. ERSHOV S.V., KAZANENKOV V.A., KONTOROVICH A.E. Structure and oil and gas potential prospects of Neocomian clinoform deposits of the Nizhnevartovsk arch, Ways to realize the oil and gas potential of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug (third scientific and practical conference), edited by Volkov V.A., Khanty-Mansiysk, 2000, 39–48. (In Russian).
24. ZAPIVALOV N.P. Fluid-dynamic models of oil and gas deposits. Edited by V. G. Kanalin. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, branch "Geo", 2003; 1–198. (In Russian).
25. KARAGODIN YU.N., ERSHOV S.V., KAZANENKOV V.A. Model of the geological structure and oil and gas potential of the Neocomian clinoform complex of Western Siberia. Proceedings of the 2nd international conference "New ideas in geology and geochemistry of oil and gas", Moscow: Izd-vo Mosk. Un-ta, 1998, 92–93. (In Russian).
26. MUSLIMOV R.KH. Determinative role of sedimentary basin substructure in formation, a constant inflow (renewal) of hydrocarbons deposits. *Neftyanoye khozyaystvo*. 2007; 3: 24–29. (In Russian).
27. NAUMOV A.L. On the Methodology of Reconstructing the Bottom Relief of the West Siberian Early Cretaceous Basin. *Geologiya i geofizika*. 1977; 10: 38–47. (In Russian).
28. NEZHDANOV A.A., KULAGINA S.F., KORNEV V.A., KHAFIZOV F.Z. Anomalous Sections of the Bazhenov Formation: A View Half a Century After Their Discovery. *Nef't i gaz*. 2017; 6: 34–41. (In Russian).
29. ROSTOVTSSEV N.N. Geological Structure and Oil and Gas Prospects of the West Siberian Lowland. Inf. Collection of VSEGEI. 1955; 2. (In Russian).
30. RUDKEVICH M.YA., MAKSIMOV E.M. Location of regional oil and gas accumulation zones in the Jurassic-Cretaceous deposits of Western Siberia. *Geologiya nef'ti i gaza*. 1978; 5: 11–16. (In Russian).
31. SOKOLOVA T.N. Factors determining the sedimentation conditions of the Achimov formation deposits of Western Siberia. Forecast of oil and gas fields. Moscow: VNIGNI. 1989: 135–142. (In Russian).
32. TRUSHKOVA L.YA. On the stratigraphy of Neocomian deposits of the Ob-Irtysh interfluv. Geology of oil and gas bearing regions of the West Siberian lowland. Novosibirsk: SNIIGiMS, 1966: 52–64. (In Russian).
33. TRUSHKOVA L.YA. Main patterns of distribution of productive layers and seals in the Neocomian of the Ob-Irtysh interfluv. Proceedings of SNIIGiMS. Issues of lithology and paleogeography of Siberia. Novosibirsk. 1970; 106: 4–12. (In Russian).
34. TRUSHKOVA L.YA. Features of the structure of the productive sequence of the Neocomian Ob-Irtysh interfluv. *Problemy stratigrafii*. Novosibirsk: SNIIGiMS. 1969;94: 164–168. (In Russian).
35. SHAKHVERDIEV A.KH., AREFIEV S.V., BRUS-

- LOV A.YU., DENISOV A.V. Method for developing an oil deposit. Patent for invention RU 2814697 C1, 11.16.2022. Application N 2022129699 dated 03.04.2024. (In Russian).
36. SHAKHVERDIEV A.KH., AREFIEV S.V., DAVYDOV A.V. Problems of transformation of hydrocarbon reserves into an unprofitable technogenic hard-to-recover reserves category. *Neftyanoye khozyaystvo*. 2022; 4: 38–43.
37. SHAKHVERDIEV A.KH., AREFIEV S.V., DAVYDOV A.V. Hard-to-recover reserves of reservoirs undersaturated with oil. *Geologiya i nedropol'zovaniye*. 2022; 10: 76–85. (In Russian).
38. SHAKHVERDIEV A.KH., AREFIEV S.V., DENISOV A.V., YUNUSOV R.R. Method for restoring the optimal mode of operation of the reservoir – well system, taking into account the instability of the displacement front. *Neftyanoye khozyaystvo*. 2020; 6: 52–57. (In Russian).
39. SHAKHVERDIEV A.KH., AREFIEV S.V. The concept of monitoring and optimization of oil reservoirs waterflooding under the conditions of displacement front instability. *Neftyanoye khozyaystvo*. 2021; 11: 104–109. (In Russian).
40. SHAKHVERDIEV A.KH., AREFIEV S.V. Negative Impact of Hysteresis Phenomena on the Process of Oil and Gas Field Development. *Vestnik RAYEN*. 2024; 24: 1: 3–19. (In Russian).
41. SHAKHVERDIEV A.KH., AREFIEV S.V., POZDYSHEV A.S., ILYAZOV R.R. On inclusion of high-watered reserves of oil-poor reservoirs in the category of hard-to-recover reserves. *Neftyanoye khozyaystvo*. 2023; 4: 34–39. (In Russian).
42. SHAKHVERDIEV A.KH., AREFIEV S.V., POLISCHUK A.A., VAINERMAN B.P., YUNUSOV R.R., DENISOV A.V. Updating the geological model of the reservoir to optimize waterflooding during the production of residual oil reserves in stagnant zones. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka*. 2020; 5: 28–41. (In Russian).
43. SHAKHVERDIEV A.KH., SHESTOPALOV YU.V., MANDRIK I.E., AREFIEV S.V. Alternative concept of monitoring and optimization water flooding of oil reservoirs in the conditions of instability of the displacement front. *Neftyanoye khozyaystvo*. 2019; 12: 118–123. (In Russian).
44. SHAKHVERDIEV A.KH., ZAKHAROV I.V., SULEIMANOV I.V. Investigation of self-descriptiveness of parameters which determine stagnate and low drainage zones formation in hydrocarbon deposits. *Neftyanoye khozyaystvo*. 2004; 8: 64–68. (In Russian).
45. SHAKHVERDIEV A.KH., MANDRIK I.E. Influence of technological features of hardly recoverable hydrocarbons reserves output on an oil-recovery ratio. *Neftyanoye khozyaystvo*. 2007; 5: 76–79. (In Russian).
46. SHPUROV I.V. Raw Material Base and Hard-to-Recover Reserves of Russia and Western Siberia. "NEFT-GASTEK". Proceedings of the VI International Innovation Forum and Exhibition. Tyumen, September 16–17, 2015. (In Russian).

Арефьев Сергей Валерьевич,
к.г.-м.н., начальник Управления разработки нефтяных и
газовых месторождений Западно-Сибирского и Пермского
регионов ПАО «Лукойл»

✉ 101000, г. Москва, Сретенский бульвар, д. 11,
101000, Moscow, Sretensky Boulevard, 11,
тел.: +7 (495) 627-44-44, e-mail: svarev@mail.ru