

УДК 551.71+571.1

РАЗНООБРАЗИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗРЕЗОВ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ФРОЛОВСКОЙ МЕГАВПАДИНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В.Д. Немова¹, А.С. Шахов¹, Т.А. Бажукова¹, А.М. Исангулова¹,
О.О. Ким¹, А.Д. Скоморохова²

¹ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», 109028, Москва, Покровский бульвар, 1, стр. 3, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, Москва, ул. Ленинские горы, 1, Россия

Описаны различные типы разреза верхнеюрских отложений западного борта Фроловской мега-впадины, которые относятся к углеродисто-глинисто-кремнистой фации позднеюрского морского бассейна. Установлено, что разнообразие типов разреза на изучаемой территории связано с тектоническим строением и палеорельефом морского дна, контролировалось течением процессами и локальными выходами газа в районах крупных тектонических нарушений. Поисковое бурение последних лет в Елизаровском прогибе и Вынглорской котловине позволило описать новый тип разреза верхнеюрских отложений, отличительной особенностью которого является существенное увеличение толщины нижней низкорadioактивной толщи за счет биогенных вторично карбонатизированных радиоларитовых пропластков, литологическая характеристика которых представлена в тексте статьи. Сделаны предположения об условиях их формирования и площади развития подобных разрезов.

Верхнеюрские отложения, трудноизвлекаемые запасы, ранжирование разрезов, литологические исследования, Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция

UPPER JURASSIC SEDIMENTS IN THE WESTERN SIDE OF THE FROLOVSKOYE BASIN IN WEST SIBERIA: DIVERSE PATTERNS AND ENVIRONMENTS OF DEPOSITION

V.D. Nemova, A.S. Shakhov, T.A. Bazhukova, A.M. Isangulova,
O.O. Kim, A.D. Skomorokhova

The paper presents data on different types of Late Jurassic carbonaceous–siliceous–shale sequences of marine deposits in the western side of the Frolovskoye basin. The diverse sedimentation patterns in the area were presumably controlled by tectonics, sea bottom topography, and currents, with voluminous gas venting through large faults. Recent exploration drilling in the Elizarovo trough and the Vynglor basin revealed Upper Jurassic sections of a previously unknown type with low-radioactivity lower strata markedly thicker at the account of biogenic radiolarite intercalations affected by postdepositional carbonatization. The lithology of these rocks is described with implications for deposition environments and extent of such sections.

Upper Jurassic sediments, hard-to-recover oil reserves, classification of sections, lithology, West Siberian petroleum province

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследований являются высокоуглеродистые нефтематеринские породы позднеюрского-раннемелового возраста, приуроченные к интервалу нижневолжского (J_3v_1)—нижневаланжинского яруса (K_1v_1) Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (ЗС НГП) [Панченко и др., 2016]. В силу «скользящего» характера возраста границ данных отложений [Маринов и др., 2006, 2009] они исторически рассматриваются в рамках верхнеюрского нефтегазоносного комплекса (НГК) (волжский век) [Конторович и др., 1975; Филина и др., 1984; Скоробогатов, 2017]. В данной статье используется термин «верхнеюрские отложения» для обозначения объекта исследований, включающего и раннемеловые отложения.

Впервые предположение о нефтеносности нефтематеринских верхнеюрских отложений высказал Ф.Г. Гурари в 1961 г., что подтвердилось через несколько лет, когда из них были получены первые промышленные притоки нефти. Это позволило рассматривать данные отложения не только как нефтематеринские, но и как потенциально перспективный объект для опосредованного поиска новых залежей, содержащий нетипичный тип коллектора, что привлекло внимание многих советских ученых [Конторович и др., 1986]. В процессе изучения критерии оценки нефтеносности верхнеюрских отложений менялись в за-

висимости от представлений об их строении и составе. Первоначально считалось, что изучаемые отложения имеют довольно однородный литологический состав, представленный преимущественно аргиллитами [Гурова, 1960]. Результаты аналитических исследований разных районов Западной Сибири показали многокомпонентность состава целевых отложений и позволили предложить модель образования «листоватого» коллектора [Гурари, Гурари, 1974], формирующегося в результате флюидоразрыва в процессе созревания нефти, принятую впоследствии многими исследователями [Добрынин, Мартынов, 1979; Трофимук, Карогодин, 1981; Зарипов и др., 1982; Зубков, 1989]. Данную модель коллектора можно условно назвать отправной точкой исследований нефтеносности верхнеюрских отложений.

Интерес геологов к объекту был велик и ряд исследователей предложили альтернативные точки зрения на формирование коллекторов и строение верхнеюрских отложений. Например, Н.А. Крылов и Б.В. Корнев с соавторами [Крылов и др., 1978; Корнев и др., 1980] отдавали главенствующую роль в формировании коллекторов целевых отложений тектоническому фактору и трещиноватости пород. В какой-то мере близки к этому выводу взгляды [Таруц, Гайдебурова, 1978], признававших основной причиной расслоения пород горизонтальные сдвиги блоков фундамента. Было мнение авторов [Корж, Филина, 1980], объясняющее формирование коллекторов сочетанием аномально высоких пластовых давлений с зонами наибольшего тектонического напряжения. О возможной связи зон АВПД и коллекторских интервалов говорили и другие исследователи [Зарипов и др., 1982].

В период 1991—2000 гг. темп исследований, в том числе верхнеюрских отложений, резко снизился в силу известных причин, тем не менее выработка запасов УВ традиционных объектов, научно-технический прогресс и необходимость развития минерально-сырьевой базы страны привели к новой волне исследований нефтематеринских отложений в 2000-х годах. Это стало возможным благодаря бурению новых высокотехнологичных скважин с отбором изолированного керна хорошей и отличной сохранности, что позволило существенно уточнить строение, условия осадконакопления и предпосылки продуктивности изучаемых отложений [Алексеев и др., 2009; Панченко и др., 2016; Калмыков, Балущкина, 2017; Зубков, 2017; Эдер и др., 2022]. Важной вехой стала апробация методики ГКЗ по подсчету запасов УВ, когда впервые в 2018 г. было предложено выделять толщины коллекторов-радиоляритов по геолого-геофизическим данным, утвержденной в 2021 г. [Алексеев и др., 2021], взамен применявшемуся с 2003 г. инженерному подходу, согласно которому эффективная толщина определялась как 1/3 общей толщины разреза. В тот же период ряд нефтяных компаний провели опытно-промышленные работы, направленные на подбор технологий разработки верхнеюрских отложений. Таким образом, несмотря на отсутствие в научном сообществе единого мнения о строении, предпосылках продуктивности и условиях формирования коллекторов верхнеюрских отложений, в настоящее время степень их изученности постоянно повышается, что позволяет делать обоснованные выводы по перечисленным вопросам. Систематическое бурение новых скважин с отбором керна из верхнеюрских отложений позволяет углублять представления об их строении. В данной статье рассматриваются результаты изучения керна, характеризующего новый, ранее не описанный в литературе тип разреза верхнеюрских отложений, вскрытого двумя скважинами во Фроловской мегавпадине Западной Сибири.

В статье использована схема расчленения верхнеюрских отложений на две толщи и шесть пачек (к верхней высокорadioактивной толще относятся пачки 6, 5 и 4, а к нижней низкорadioактивной толще — пачки 3, 2 и 1), обладающих уникальными узнаваемыми свойствами и хорошо коррелируемыми на расстоянии в сотни километров. Эта схема обоснована в 2016 г. авторами [Панченко и др., 2016] на основании проведения масштабных многолетних региональных работ, включающих изучение кондиционного керна. Данное расчленение сопоставимо с подходом В.В. Хабарова, выделявшим чередование пачек С и Р [Хабаров и др., 1981], и было использовано при выполнении государственного контракта №7/14 «Дифференцированная оценка перспектив нефтеносности баженовской свиты Западно-Сибирской НГП (нетрадиционные источники сланцевой нефти с выделением перспективных зон и участков на основе разработки и совершенствования критериев ее потенциальной продуктивности и методических подходов к оценке прогнозных ресурсов», а также в работах [Фомина и др., 2021; Эдер и др., 2022]. На практике такое строение разреза позволило с 2018 г. проводить сопровождение бурения (геонавигацию) по данным шлама при строительстве скважин с протяженным (1000—1700 м) горизонтальным окончанием: различия в минеральном составе пачек в разрезе и его выдержанность по латерали позволило по оперативному анализу состава бурового шлама определять положение долота в разрезе верхнеюрских отложений с точностью до 20 см [Патент № 2728000]. Анализ результатов бурения уже более 50 горизонтальных скважин подтвердил высокую степень прослеживаемости и распознаваемости шести пачек разреза верхнеюрских отложений [Немова, Усачев, 2019].

Разрезы верхнеюрских отложений в геологическом отношении делятся на два типа: с нормальным и аномальным строением (АРБ), для которого характерно сложное внедрение в преимущественно биогенный разрез песчано-алевритовых прослоев терригенного генезиса. В этом случае толщина разреза увеличивается на мощность внедрившихся прослоев. Подобные отложения широко развиты в районе Сургутского свода [Мкртчян и др., 1990; Хабаров, Кузнецов, 2001; Нежданов, 2004; Гатина, 2023].

Нормальные разрезы верхнеюрских отложений имеют различное строение [Брадучан и др., 1986], они представляют основной интерес для разработки, поскольку в настоящее время существует льгота на добычу из них нефти. Далее речь пойдет только о нормальных разрезах [Брадучан и др., 1986], которые различаются минеральным составом и содержанием ОВ. Подмечена закономерность, что в пределах крупных положительных тектонических элементов, например Нижневартковского [Панченко и др., 2016] и Краснотенинского сводов [Фомина и др., 2021] и Шаимского мегавала [Немова и др., 2023], часто присутствуют обширные размыты верхнеюрских отложений с отсутствием в разрезе сразу нескольких пачек. При этом в районе крупных отрицательных элементов — во Фроловской мегавпадине, которая изучена довольно хорошо [Мухер и др., 2013; Щепетова и др., 2015; Зубков, 2017; Эдер, 2022; Немова и др., 2023], верхнеюрские отложения изредка осложняются локальными размытами: чаще из разреза на крайне ограниченной площади «выпадают» лишь небольшие части пачек. На большей части Фроловской мегавпадины верхнеюрские отложения, вскрытые скважинами с керном, имеют нормальное строение и расчленяются на две толщи и шесть пачек, толщины которых меняются плавно. В 2020 г. бурением вскрыты два нетипичных разреза с увеличенной толщиной рассматриваемых отложений, подробное описание которых приводится в данной статье.

МЕТОДИКА

Авторами проведены региональные исследования [Немова и др., 2023] западной части Западно-Сибирской НГП, включающие как западную часть Фроловской мегавпадины, так и районы Шаимского мегавала, Краснотенинского и Полуйского сводов, а также район Сергинского куполовидного поднятия. В процессе региональных работ, направленных на углубленное изучение верхнеюрских отложений с целью оконтуривания наиболее перспективных областей для поиска промышленных скоплений УВ,

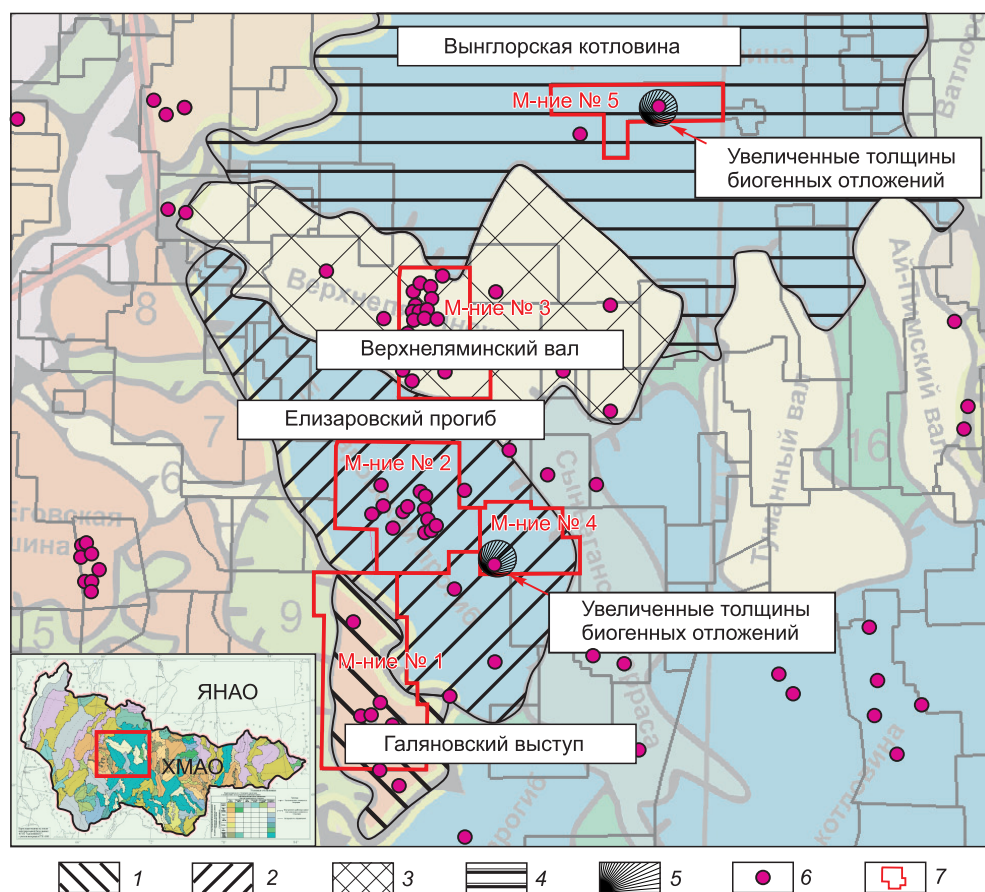


Рис. 1. Тектоническое районирование территории исследований, по В.И. Шпильману и др. (1998 г.), с изученными разрезами скважин с представительным керном и ГИС.

Разрезы верхнеюрских отложений: 1 — Галяновского выступа, 2 — Елизаровского прогиба, 3 — Верхнеяминского вала, 4 — Вынглорской котловины, 5 — разрезы с увеличенной мощностью биогенных отложений; 6 — скважины с керном, 7 — месторождения, упоминаемые в статье. На врезке — тектоническая схема ЗС НГП с указанием района работ.

проанализированы керновые исследования (свыше 100 скважин), данные ГИС, выполнена детальная попачечная корреляция верхнеюрских отложений (более 500 скважин) и интерпретация данных ГИС, построены структурные карты для каждой пачки целевых отложений. По результатам работ составлены фациальные и палеогеографические карты для разных временных интервалов накопления верхнеюрских отложений и определены наиболее перспективные области для постановки поисково-разведочного бурения.

В данной публикации результаты региональных исследований использованы как основа, однако ключевой целью статьи является описание «нового» типа разреза верхнеюрских отложений, отличающегося резко увеличенной мощностью радиоляритовых прослоев, ранее не описанных в литературе. Такие разрезы вскрыты двумя новыми скважинами с полным выносом керна верхнеюрских отложений, расположенных на расстоянии 124 км друг от друга. Описание разрезов дано в сравнении с другими, более типичными; обсуждается возможная природа их формирования. Таким образом, район работ охватывает западную часть Фроловской мегавпадины (рис. 1). Изученные 63 опорных разреза верхнеюрских отложений с керном и ГИС объединены в группы на основании сравнения состава и мощностей двух толщ и шести пачек. Группы разрезов со схожим строением тяготеют к крупным тектоническим элементам, что отражает схожие условия накопления позднеюрских отложений внутри одного элемента и отличие этих условий для разных блоков фундамента. Также рассматриваются фильтрационно-емкостные свойства вторично преобразованных радиоляритов и их мощности в различных разрезах, поскольку авторы считают, что именно эти породы являются основными коллекторами нефти, определяющими продуктивность верхнеюрских отложений. Данное мнение разделяют и другие исследователи [Алексеев и др., 2009; Калмыков, Балущкина, 2017; Фомина и др., 2021].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Типовой разрез Галяновского выступа. К наиболее полным и выдержанным можно отнести разрезы верхнеюрских отложений Галяновского выступа общей толщиной около 32 м, где присутствуют все шесть пачек.

Нижняя толща мощностью 12 м сложена цикличным переслаиванием углеродисто-глинисто-кремнистых пород с радиоляритами, формирующим три нижние пачки. Сохранность исходной структуры биогенных пород улучшается от подошвы к кровле каждой пачки. Радиоляриты вторично замещены кальцитом, доломитом или кремнеземом. Породы с высоким содержанием миграционноспособных УВ, по данным пиролиза, и повышенной пористостью по газу до 15 % тяготеют к пачкам 2, 3.

Верхняя толща мощностью около 20 м сложена высокоуглеродисто-глинисто-кремнистыми породами (ТОС до 20 %) с единичными остатками раковин двустворок (пачка 4 толщиной 4—5 м); выше — (7—10 м) высокоуглеродистыми глинисто-карбонатно-кремнистыми породами (ТОС до 12 %), содержащими в основной массе остатки кокколитофорид, с единичными прослоями вторичных доломитов по радиоляритам толщиной 20—40 см (пачка 5). Завершается разрез углеродисто-глинисто-кремнистыми породами толщиной около 4—5 м (пачка 6).

Для всего разреза характерна горизонтальная слоистость как на макроуровне, так и в шлифах, указывающая на крайне спокойный характер фоновое осадконакопления. Если сравнить разрезы, располагающиеся в верхней части палеосклона обширного Галяновского выступа и нижней его части, то в последних практически вдвое сокращаются толщины радиоляритовых прослоев с повышенной открытой пористостью.

Типовой разрез Елизаровского прогиба. В соседнем Елизаровском прогибе верхнеюрские отложения общей мощностью до 30 м также уверенно расчленяются на шесть пачек со схожим строением, составом и толщинами. Как отличие можно указать меньшую выраженность радиоляритовых коллекторов в пачке 3.

Нижняя толща мощностью около 10 м сложена цикличным переслаиванием углеродисто-глинисто-кремнистых пород с радиоляритами, формирующим три нижних пачки. Радиоляриты первой пачки вторично замещены кремнеземом, второй и третьей пачек — чаще доломитом и кремнеземом с высоким содержанием миграционноспособных УВ, по данным пиролиза, и пористостью по газу до 15 %. Наиболее мощные пропластки коллекторов-радиоляритов присутствуют в пачке 2.

Верхняя толща мощностью около 20 м сложена высокоуглеродисто-глинисто-кремнистыми породами (ТОС до 20 %) с единичными остатками раковин двустворок (пачка 4 толщиной 4—5 м). Для западной части территории в высокоуглеродистых породах насыщенных кокколитофоридами пачки 5 характерно появление обилия пеллоидно-интракластовых известняков, за счет которых толщина пачки 5 существенно увеличивается до 10 м. На восток и по направлению во впадины толщина пачки 5 резко снижается вместе с содержанием пеллоидно-интракластовых известняков. Завершается разрез углеродисто-глинисто-кремнистыми породами толщиной около 4 м (пачка 6). В единичных скважинах, расположенных в куполах локальных поднятий, отмечается частичный размыв пачек верхней толщи.

Важно отметить четкую горизонтальную слоистость в радиоляритовых интервалах разреза, наиболее мощные из которых в Елизаровском прогибе тяготеют к центральной части нижней толщи. Если сравнить разрезы, располагающиеся в верхней части палеосклона и в нижней, то в последних практически вдвое сокращаются толщины радиоляритовых прослоев.

Типовой разрез Верхнеяминского вала. В южной части Верхнеяминского вала разрезы верхнеюрских отложений схожи с описанными выше, в их строении выделено шесть пачек, общая толщина разреза уменьшается в среднем на 5 м.

Нижняя толща мощностью около 10 м сложена цикличным переслаиванием углеродисто-глинисто-кремнистых пород с радиоляритами, формирующим три нижних пачки. Радиоляриты в основном вторично замещены кальцитом, во второй пачке — доломитом и кремнеземом с высоким содержанием миграционноспособных УВ, по данным пиролиза, и пористостью по газу до 15 %.

Верхняя толща мощностью около 12—13 м сложена высокоуглеродисто-глинисто-кремнистыми породами (ТОС до 20 %) с единичными остатками раковин двустворок (пачка 4 толщиной 3—4 м); выше высокоуглеродистыми породами, насыщенными кокколитофорами (пачка 5 толщиной до 5—6 м) и углеродисто-глинисто-кремнистыми породами толщиной около 4 м (пачка 6).

В северной приподнятой части Верхнеяминского вала разрез нижней толщи существенно сокращается по мощности за счет обширного по площади размыва верхней части пачек 2 и 3. Для пород кровли нижней толщи разреза характерно обилие зерен глауконита, свалов ихтеодетрита в радиоляриевых пропластках, пористость которых достигает 19 %. Другие радиоляритовые пропластки данного разреза имеют малую толщину и пористость. В северной части вала пачки 4 и 5 увеличиваются по мощности (до 6 и 8—9 м соответственно), последняя — за счет обилия раковинного детрита и пелоидно-

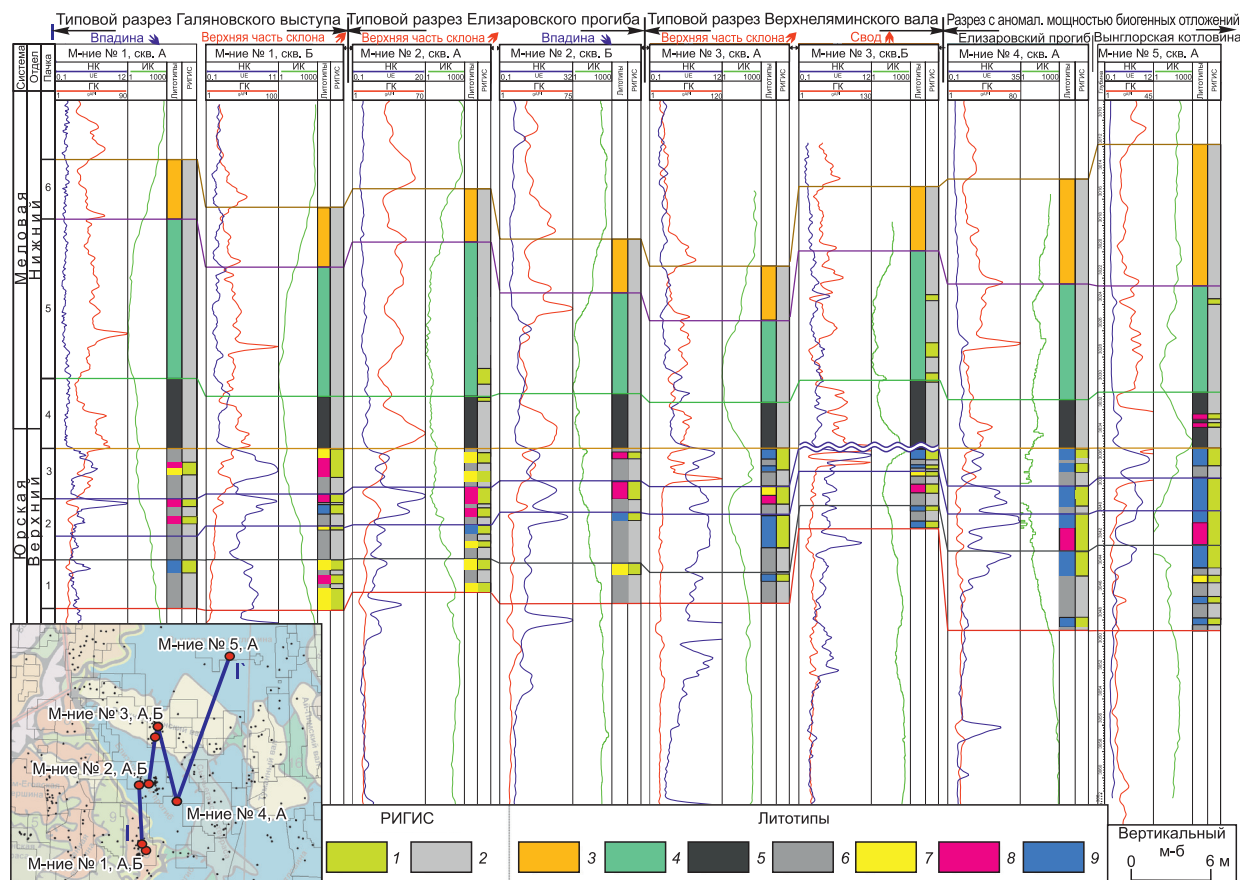


Рис. 2. Схема корреляции типовых разрезов верхнеюрских отложений Галяновского выступа, Елизаровского прогиба, Верхнеяминского вала и Вынглорской котловины.

1 — коллектор, 2 — неколлектор; породы верхней толщи: 3 — тонкое переслаивание послойно пиритизованных углеродистых кремнистых глин и глинистых силицитов (пачка 6), 4 — высокоуглеродистые глинисто-карбонатно-кремнистые породы, характерны скопления раковин бухий, прослои туфов (пачка 5), 5 — высокоуглеродистые глинистые силициты с аммонитами и остатками рыб (пачка 4); породы нижней толщи: 6 — углеродистые тонкослоистые глинисто-кремнистые породы, 7 — кремнистые радиоляриты, 8 — доломитизированные радиоляриты, 9 — кальцитизированные радиоляриты.

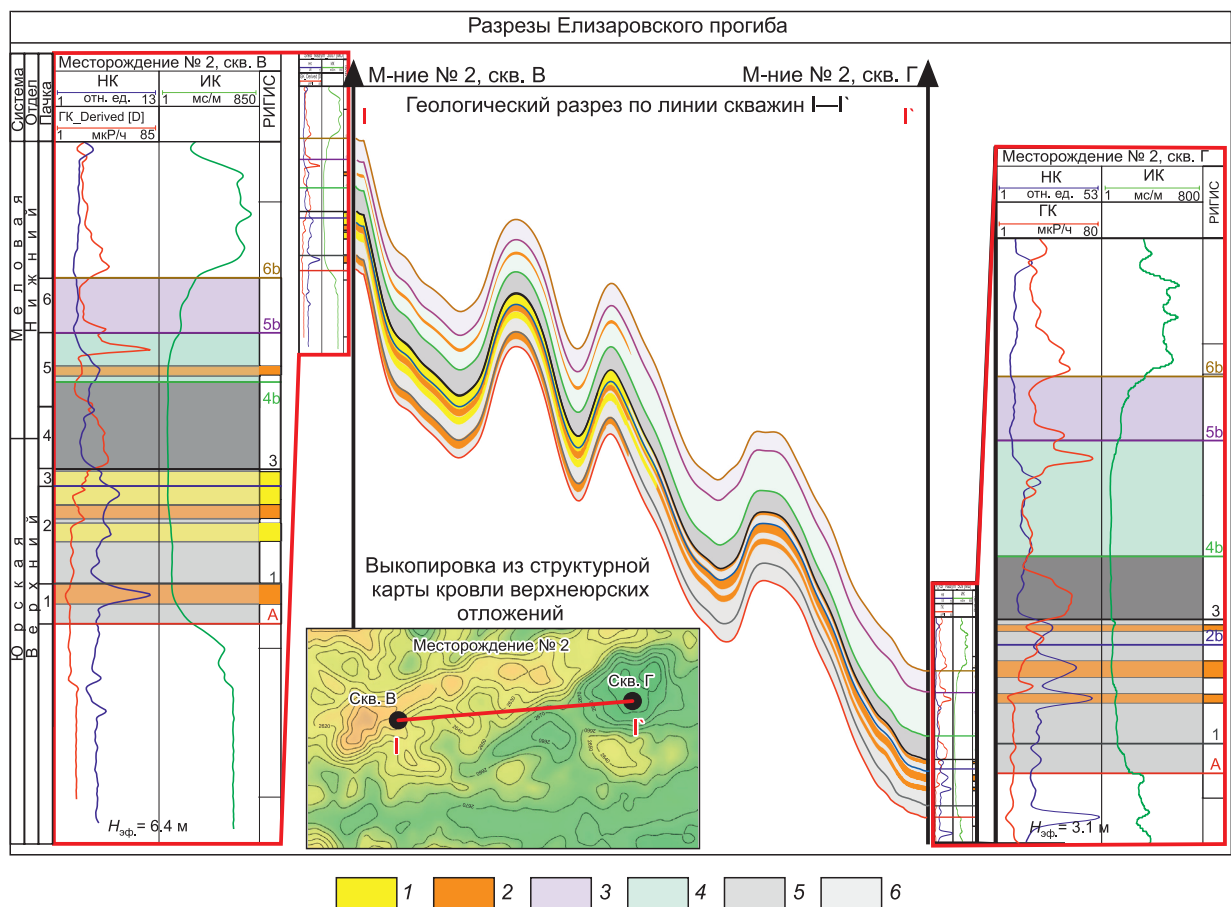


Рис. 3. Изменение толщин радиоляритов в разрезе верхнеюрских отложений на склоне палеоподнятия (Елизаровский прогиб, месторождение № 2).

1 — поровые вторично преобразованные радиоляриты, 2 — низкопоровые вторично преобразованные радиоляриты и известняки, 3 — отложения 6-й пачки, 4 — отложения 5-й пачки, 5 — отложения 4-й пачки, 6 — отложения нижней толщи (пачки 1—3).

интракластовых известняков, указывающих на относительно мелководные условия (рис. 2). Пачка 6 имеет схожую с другими разрезами толщину и состав пород.

Все описанные выше разрезы имеют довольно одинаковое строение, мощность и горизонтально-слоистую форму залегания слоев, указывающую на фоновый характер морской седиментации, скорость которой была низкой, временами — крайне низкой. Перерывы осадконакопления фиксируются в мало-мощных (до десятков сантиметров) конденсированных слоях, сложенных радиоляритами с обилием ихтиодетрита, иногда — зерен глауконита. Повышенное содержание глауконита в верхнеюрских отложениях свойственно для отдельных слоев разрезов, сформированных в районах контрастных палеоподнятий морского дна, где существовали условия для активного перемива осадка, фиксируемого по керновым данным.

Также можно отметить влияние локальных условий палеорельефа морского дна на мощность и степень глинистости радиоляритовых прослоев нижней толщи: на приподнятых участках толщина вторично преобразованных радиоляритов с радиоляриевой или кристаллической структурой с повышенной открытой пористостью выше, чем в локальных впадинах. Толщина разделяющих радиоляриты углеродистых глинисто-кремнистых пород, напротив, увеличивается в сторону палеовпадин (рис. 3). Важно напомнить, что именно радиоляритовые пропластки с увеличенной пористостью и проницаемостью обеспечивают основной приток нефти в скважину на естественном режиме разработки [Немова, Панченко, 2017].

Разрез с увеличенной мощностью биогенных отложений. Поисковое бурение последних лет позволило описать во Фроловской мегавпадине еще один тип разреза верхнеюрских отложений, не выявленный ранее. В двух скважинах, пробуренных с полным отбором керна, расположенных на расстоянии 124 км друг от друга в Елизаровском прогибе и Вынглорской котловине (см. рис. 1, 2, 4), верхне-

Макрофотографии керна
в дневном свете (3-й уч.)

фотографии петрографических
шлифов

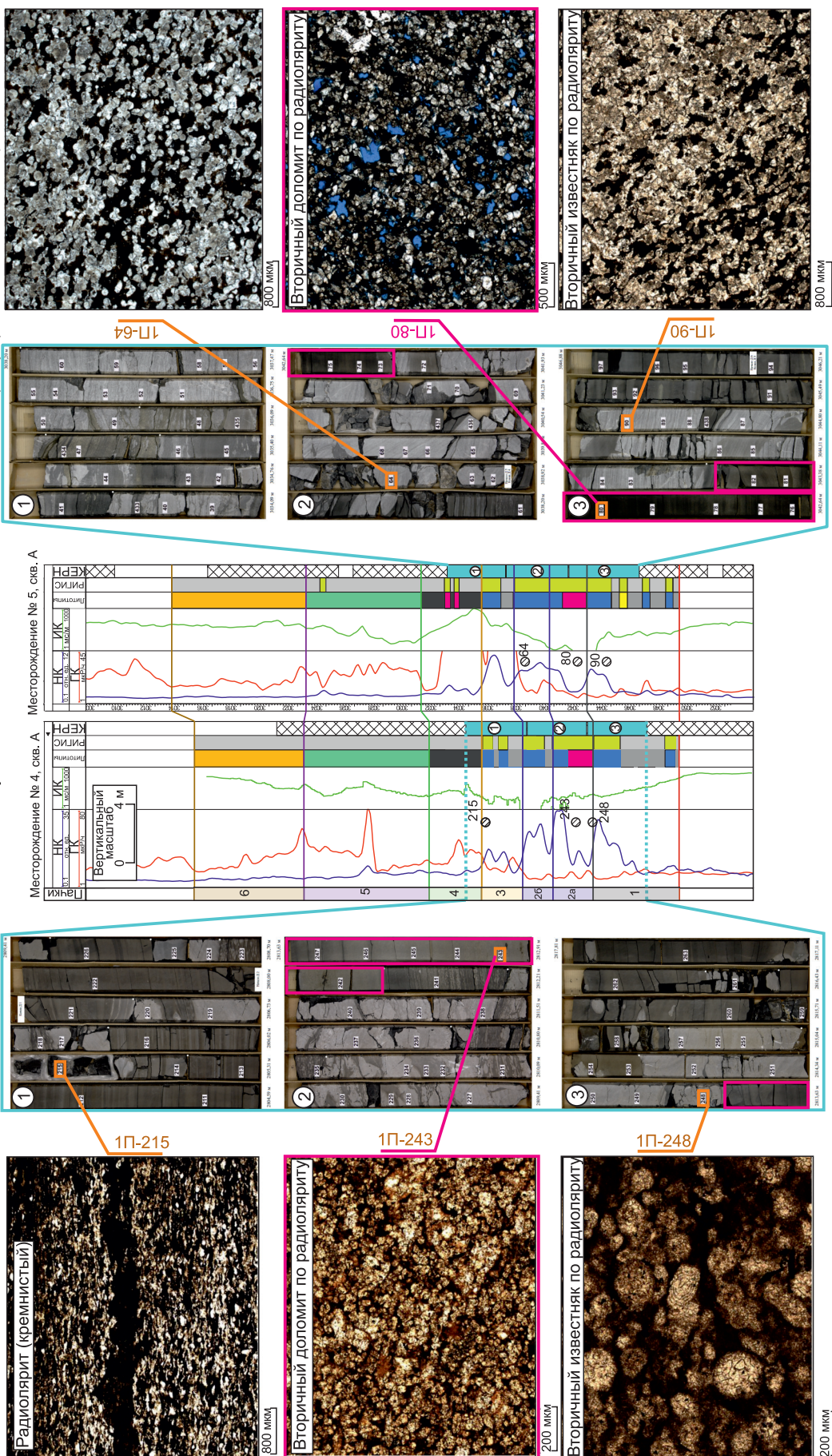


Рис. 4. Сопоставление разрезов верхнеюрских отложений Елизаровского прогиба и Вынглорской котловины с увеличенной мощностью вторично карбонатизированных радиоляритов.

Расположение скважин см. на рис. 2.

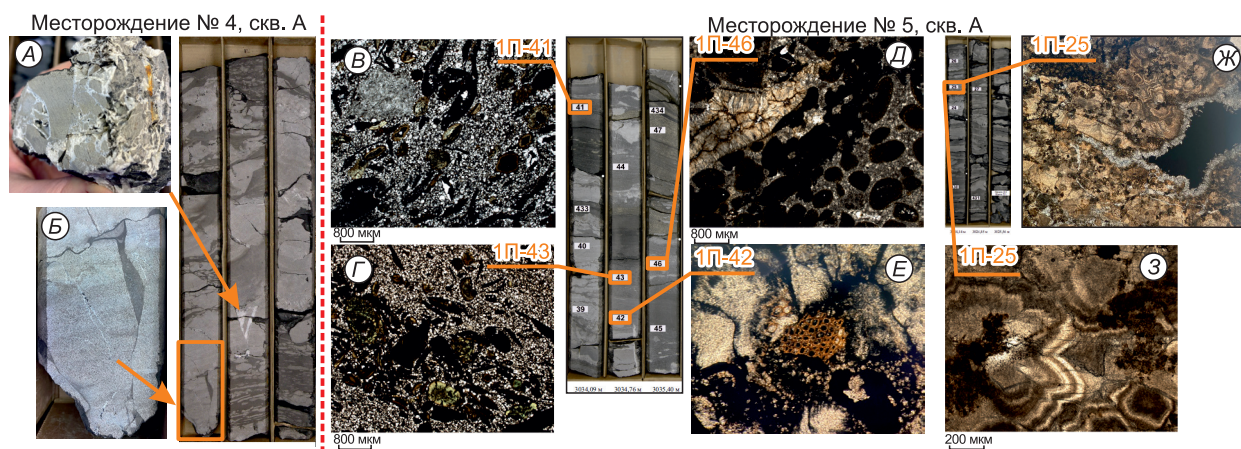


Рис. 5. Литологические особенности разреза верхнеюрских отложений с увеличенной мощностью биогенных отложений.

Образцы вторичных известняков по радиоляритам: *А* — с интенсивным выщелачиванием и образованием трещин и каверн; *Б* — брекчированные. Фотографии шлифов: *В* — вторичные известняки по радиоляритам с обилием глауконита, оолитов и ихтиодетрита; *Г* — вторичные известняки по радиоляритам с обилием глауконита и оолитов; *Д* — вторичные известняки по радиоляритам с обилием пеллоидов и оолитов; *Е* — известняк с остатками водорослей, пиритизированный; *Ж* — натечный известняк (предположительно сипового генезиса) с полостями выщелачивания, инкрустированным кальцитом; *З* — натечный известняк (*Ж*) в увеличенном масштабе.

юрские отложения обладают следующими характеристиками: каротажный облик вскрытых разрезов, на первый взгляд, похож на аномальный тип (АРБ), где выделяются существенно увеличенные толщины потенциально продуктивных прослоев. Определить генезис последних без изучения керна невозможно. Детальный анализ керна показал, что все породы разреза относятся к биогенным отложениям. Это говорит о том, что увеличенные мощности не связаны с терригенными песчано-алевритовыми породами и к «аномальным» разрезам их относить неправомерно. По сравнению с другими разрезами верхнеюрских отложений, изученными во Фроловской мегавпадине, данный тип отличается существенным увеличением мощности нижней толщи за счет биогенных, в основном вторично карбонатизированных, радиоляритовых пропластков (см. рис. 4).

В абалакской свите и пачке 1 нижней толщи верхнеюрских отложений описанные выше и новые разрезы имеют схожее строение: глинисто-кремнистые породы абалакской свиты с обилием пирита и глауконита, с прослоями известняков (0.2—1.0 м) согласно перекрываются переслаиванием углеродистых глинисто-кремнистых пород с тонкими (5—10 см) прослоями и линзами радиоляритов. Вверх по разрезу толщина отдельных радиоляритовых слоев увеличивается до 20—60 см. Нетипичной для ранее изученных разрезов верхнеюрских отложений является мощность радиоляритового интервала пачек 2, 3, варьирующаяся от 8.5 до 11.0 м, обычно не превышающая 3—5 м. Фотографии керна радиоляритового интервала представлены на рис. 4, детальное описание приводится ниже.

Прикровельная часть 1-й пачки сложена горизонтально-слоистыми вторичными известняками по радиоляритам толщиной 1.3—2.0 м интенсивно трещиноватыми (субвертикальные и наклонные трещины, залеченные кальцитом), с полостями выщелачивания вплоть до каверн (рис. 5, *А*), нефтенасыщенными, перекрытыми 10—20-сантиметровыми углеродисто-глинисто-кремнистыми породами. Слоистость пород преимущественно горизонтальная, с единичными крутозалегающими наклонными пропластками с неровной верхней границей со следами брекчирования, заполненной глинисто-кремнистым веществом (см. рис. 5, *Б*). Выше располагается пропласток толщиной 1.2—1.5 м довольно однородного вторичного доломита по радиоляритам (на рис. 4 доломитизированные интервалы керна выделены малиновой рамкой) горизонтально-слоистого, в одном случае, интенсивно нефтенасыщенного с высокой пористостью (до 20 %), в другом — с повышенным содержанием ОВ и глинистой компоненты, которые существенно снизили пористость пород. Перекрываются вторичные доломиты тонким слоем (5—10 см) углеродисто-глинисто-кремнистых пород. Выше — еще один интервал вторичного известняка по радиоляритам толщиной 3.5 м, интенсивно трещиноватого, иногда с кавернами, инкрустированными карбонатными друзами с хорошо ограненными кристаллами прозрачного кальцита, с неравномерным нефтяным насыщением пород. Породы данного интервала брекчированы, отдельные обломки пород обладают тонкой первичной горизонтальной слоистостью, в современном состоянии залегающей под большим углом: крупные угловатые неокатанные обломки (десятки сантиметров) вторичных известняков скреплены

углеродисто-глинисто-кремнистыми породами, слоистость которых располагается в соответствии с заполнением пространства между карбонатными обломками. Выше — прослой углеродисто-глинисто-кремнистых пород 0.5—1.0 м, перекрытых вторичными известняками по радиоляриту (2.2—4.2 м) с обилием оолитов, зерен глауконита, костей рыб, остатков водорослей (см. рис. 5, В, Г, Д, Е). В другом случае — переслаивание пропластков известняков по радиоляритам (40 см) со слоистыми кремнистыми радиоляритами.

В завершении основного этапа накопления радиоляриевых илов сформировался пласт, обильно обогащенный зернами выветрелого глауконита, оолитами, пелоидами, костями рыб, остатками раковинного детрита, указывающими на резкий рост биопродуктивности бассейна, с обилием уголекислоты, способствующей ранней кальцитизации, возможно, даже осадка. Также в самой верхней части данного интервала присутствуют натечные известняки с довольно крупными полостями выщелачивания, инкрустированными кальцитом, что может указывать на сиповый характер их формирования (см. рис. 5, Ж) (пачка 4).

Пачка 5 сложена типичными для нее породами и мощностью, сопоставимой с другими разрезами (4.5 м); пачка 6 имеет несколько увеличенные толщины (9 м), но свойственный для нее минерально-компонентный состав.

Интересным является факт синхронного накопления горизонтально-слоистых радиоляритов (толщиной 1.2—1.5 м), доломитизированных на стадии катагенеза (по аналогии с доломитизированными радиоляритами других разрезов верхнеюрских отложений) при условии контрастных ФЕС пропластков: в одном случае это высокеемкие породы, в другом — глинизированные с низкими ФЕС. При этом данные пропластки в обоих разрезах окружены интенсивно брекчированными вторичными известняками по радиоляритам, чего не наблюдалось ни в одном ранее описанном разрезе. В шлифах, изготовленных из пород мощного вторично карбонатизированного интервала разреза, отсутствуют следы брекчирования, отчетливо видны реликты радиолярий хорошей сохранности (см. рис. 4), что не оставляет сомнений в биогенном характере данных отложений. Одним из возможных объяснений увеличенных толщин радиоляритов может быть наличие сипов на дне «позднеюрского» моря, которые поставляли существенный объем метана и уголекислого газа в придонные воды, что могло в совокупности с прохождением над данными районами мощного северного течения, приносящего с собой максимальный объем планктонного биоматериала [Хабаров и др., 1981], привести к вспышке биопродуктивности и увеличению объема попадающих в осадок скелетов радиолярий и других организмов, их быстрой цементации кальцитом. В результате имела место разная скорость цементации радиоляриевого и радиоляриево-глинистого материала. Последние оставались несцементированными, а свежие карбонатизированные пропластки, ломаясь под собственным весом в еще обводненной верхней части осадка, формировали подобие брекчии, пространство между обломками заполнялось глинисто-кремнистым материа-

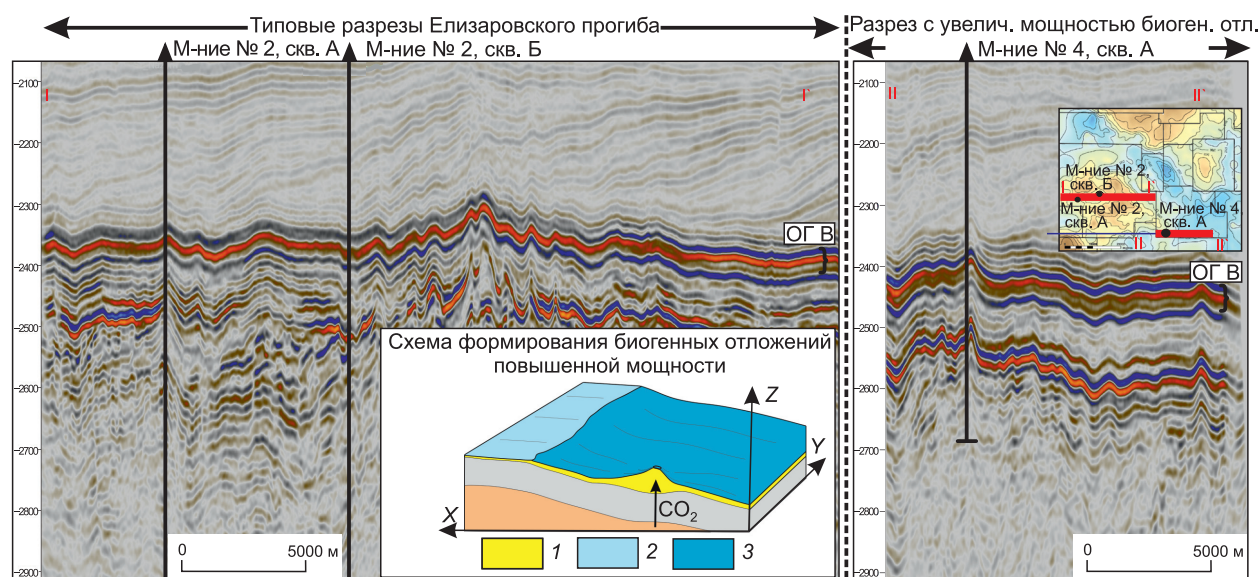


Рис. 6. Сейсмический разрез месторождений № 2 и 4 и схема формирования биогенных верхнеюрских отложений повышенной мощности.

Схема формирования биогенных отложений: 1 — протяженные пропластки коллекторов; относительная глубина моря: 2 — меньшая; 3 — большая.

лом (см. рис. 5, Б). Дополнительными аргументами в пользу наличия сипов можно указать обилие разнообразного детрита в карбонатизированных породах: двустворок, ихтиодетрита, следов водорослей, фораминифер, оолитов, пелоидов (см. рис. 5). Кроме того, о наличии сиповых построек свидетельствуют состав и структура изучаемых пород, так, например в кровле 3-й пачки отмечены натечные известняки (предположительно сипового генезиса) (см. рис. 5, Ж).

На сейсмических материалах (МОГТ 3Д) обе изученные скважины с увеличенной толщиной биогенной части разреза располагаются в районах небольших изометричных поднятий, при этом визуальная толщина ОГБ в таких районах увеличивается на значительной площади по сравнению с обычными разрезами. Локальное поднятие также может являться косвенным аргументом в пользу сиповой постройки (рис. 6). Очевидно, что поступление газов по разломам в осадок носило пульсирующий и «одномоментный» характер на обширной территории западного склона Фроловской мегавпадины. Подобные разрезы являются нетипичными и, вероятно, развитыми на небольшой площади. Возможно, существуют и другие аналогичные постройки на территории исследований. В обеих скважинах проведены опробования верхнеюрского интервала разреза и получены промышленные притоки нефти.

ВЫВОДЫ

Разнообразие типов разреза верхнеюрских отложений западного борта Фроловской мегавпадины связано с условиями их осадконакопления, контролируемые течениевыми процессами, палеорельефом морского дна и возможными выходами газа в районах крупных тектонических нарушений. Вторичные процессы цементации радиоляритовых пропластков сингенетическим или раннедиагенетическим кальцитом и катагенетическим доломитом в изученных разрезах имели повсеместный характер. Впервые встречен и детально описан новый тип разреза верхнеюрских отложений, отличительной особенностью которого является существенное увеличение толщины нижней толщи за счет биогенных вторично карбонатизированных радиоляритовых пропластков. Данный тип разреза может быть встречен в районах крупных глубинных тектонических разломов, предполагается локальный характер его площадного развития и генезис, связанный с формированием сиповых построек.

Прогноз развития разных типов разреза верхнеюрских отложений имеет значение для выбора участков опробования и постановки эксплуатационного бурения горизонтальных скважин с многосекционным гидроразрывом пласта, которое в настоящее время успешно ведется в Елизаровском прогибе и на Галиновском своде.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев А.Д., Немова В.Д., Колосков В.Н., Гаврилов С.С. Литологические особенности строения нижнетурлейской подсвиты Фроловской нефтегазоносной области в связи с особенностями ее нефтеносности // Геология нефти и газа, 2009, № 2, с. 27—33.

Алексеев А.Д., Браткова В.Г., Гутман И.С., Демин В.Ю., Карпов В.Б., Кузьмин Ю.А., Метт Д.А., Немова В.Д., Ревнивых В.А., Ульянов В.С., Федорова Д.В., Чухланцева Е.Р., Шубина А.В. Методические рекомендации по подсчету запасов нефти в отложениях баженовского горизонта Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, 2021, <https://gkz-rf.ru/>.

Брадучан Ю.В., Гольберт А.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А., Булыникова С.П., Климова И.Г., Месежников М.С., Вячкилева Н.П., Козлова Г.Э., Лебедев А.И., Нальняева Т.И., Турбина А.С. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). Новосибирск, Наука, 1986, 217 с.

Гатина Н.Н. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности зон аномального разреза баженовско-ачимовских отложений Широкого Приобья: Автореф. дис.... к.г.-м.н. М., МГУ, 2023, 16 с.

Гурари Ф.Г., Гурари И.Ф. Формирование залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты Западной Сибири // Геология нефти и газа, 1974, № 5, с. 36—40.

Гурова Т.И. О вещественном составе верхнеюрских отложений Западно-Сибирской низменности // Докл. АН СССР, 1960, т. 134, № 4, с. 924—927.

Добрынин В.М., Мартынов В.Г. Коллектор нефти в нефтематеринских глинистых толщах // Геология нефти и газа, 1979, № 7, с. 36—43.

Зарипов О.Г., Сонич В.П., Зубков М.Ю. Региональная перспективность отложений баженовской свиты Западной Сибири // Исследования в области геологии и разработки нефтяных месторождений Западной Сибири / Ред. А.Г. Телишев. Тюмень, СибНИИПИ, 1982, с. 132—144.

Зубков М.Ю. Критерии оценки региональных перспектив нефтеносности баженовской свиты // Нефтяное хозяйство, 1989, № 5, с. 26—30.

Зубков М.Ю. Минеральный состав и значение $\delta^{13}\text{C}$ в трещиноватых карбонатных породах бажено-абалакского комплекса Западной Сибири // Геология нефти и газа, 2017, № 6, с. 67—81.

Калмыков Г.А., Балущкина Н.С. Модель нефтенасыщенности порового пространства пород баженовской свиты Западной Сибири и ее использование для оценки ресурсного потенциала. М., ГЕОС, 2017, 247 с.

Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г. Геология нефти и газа Западной Сибири. М., Недра, 1975, 680 с.

Конторович А.Э., Меленевский В.Н., Фомичев А.С., Шведенков Г.Ю. Пиролиз как метод изучения нефтегазогенерационного потенциала материнских пород // Геология нефти и газа, 1986, № 12, с. 36—41.

Корж М.В., Филина С.И. Особенности литогенеза аргиллитов баженовской свиты и возможный механизм образования в них залежей нефти // Нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири / Ред. Н.А. Крылов. М., ИГиРГИ, 1980, с. 6—17.

Корнев Б.В., Козлова М.И., Беденко Л.А. Роль тектонического фактора в размещении зон нефтегазонакопления баженовской свиты Среднего Приобья // Нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири / Ред. Н.А. Крылов. М., ИГиРГИ, 1980, с. 81—82.

Крылов Н.А., Корнев Б.В., Козлова М.И. Особенности размещения залежей нефти баженовской свиты в районах Среднего Приобья // Закономерности формирования и размещения нефтяных и газовых месторождений / Под ред. М.М. Алиева, Ю.Н. Батурина. М., ИГиРГИ, 1978, с. 44—45.

Маринов В.А., Меледина С.В., Дзюба О.С., Урман О.С., Язикова О.В., Лучинина В.А., Замрайлова А.Г., Фомин А.Н. Биофацциальный анализ верхнеюрских и нижнемеловых отложений центральных районов Западной Сибири // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2006, т. 14, № 4, с. 81—96.

Маринов В.А., Меледина С.В., Дзюба О.С., Урман О.С. Биостратиграфия верхней юры и нижнего мела центральной части Западной Сибири // Новости палеонтологии и стратиграфии. Вып. 12: Приложение к журналу «Геология и геофизика», 2009, т. 50, с. 119—142.

Мкртчян О.М., Гребнева И.Л., Игошкин В.П., Нежданов А.А., Карнеев М.А., Филина С.И. Сейсмогеологическое изучение клиноформных отложений Среднего Приобья. М., Наука, 1990, 105 с.

Мухер А.Г., Кулагина С.Ф., Пахомова Е.А. Районирование баженовского горизонта по типам разреза в пределах Красноленинско-Фроловской зоны (Западная Сибирь) // Материалы VII Всероссийского литологического совещания «Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории». Новосибирск, ИНГГ СО РАН, 2013, с. 297—301.

Нежданов А.А. Сейсмогеологический анализ нефтегазоносных отложений Западной Сибири для целей прогноза и картирования неантиклинальных ловушек и залежей УВ: Автореф. дис...к.г.-м.н. Тюмень, ТГНГУ, 2004, 44 с.

Немова В.Д., Панченко И.В. Локализация приточных интервалов баженовской свиты и их емкостное пространство на Средне-Назымском месторождении // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2017, т. 12, № 1, с. 1—24.

Немова В.Д., Усачев Г.А. Опыт и анализ результатов бурения скважин с протяженными горизонтальными стволами в верхнеюрских отложениях Западной Сибири // Нефтяное хозяйство, 2019, № 8, с. 36—39.

Немова В.Д., Шахов А.С., Исангулова А.М. Фацциальное районирование и палеогеография верхнеюрских отложений западной части Западно-Сибирской НГП // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2023, №7 (379), с. 5—11.

Панченко И.В., Немова В.Д., Смирнова М.Е., Ильина М.В., Барабошкин Е.Ю., Ильин В.С. Стратификация и детальная корреляция баженовского горизонта в центральной части Западной Сибири по данным литолого-палеонтологического изучения и ГИС // Геология нефти и газа, 2016, № 6, с. 22—34.

Патент № 2728000 Способ проводки горизонтального ствола скважины в целевом интервале осадочных пород на основании элементного анализа шлама / В.Д. Немов. Оpubл. в БИ 10.10.2019. <https://searchplatform.rospatent.gov.ru/media/National/RU/C1/2020/07/28/0002728000/document.pdf>.

Скоробогатов В.А. Юрский продуктивный комплекс Западной Сибири: прошлое, настоящее, будущее // Вести газовой науки, 2017, №3 (31), с. 36—58.

Таруц Г.М., Гайдебурова Е.А. Строение нефтегазоносных отложений баженовской свиты Западно-Сибирской плиты в связи с особенностями тектоники верхнеюрского бассейна осадконакопления (на примере Салымского района) // Цикличность осадконакопления нефтегазоносных бассейнов и закономерности размещения залежей / Под ред. А.А.Трофимука, Ю.Н. Карагодина. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1978, с. 80—97.

Трофимук А.А., Карогодин Ю.Н. Баженовская свита — уникальный природный резервуар нефти // Геология нефти и газа, 1981, № 4, с. 29—33.

Филина С.И., Корж М.В., Зонн М.С. Палеогеография и нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири. М., Наука, 1984, 36 с.

Фомина М.М., Балушкина Н.С., Хотылев О.В., Калмыков А.Г., Богатырева И.Я., Калмыков Г.А., Реуцкая И.О., Романенко С.А., Топчий М.С., Алехин А.А. Выделение потенциально-продуктивных интервалов тутлеймской свиты центральной части Краснотеннинского свода // Георесурсы, 2021, № 23 (2), с. 132—141.

Хабаров В.В., Кузнецов Г.С. Аномальные разрезы баженовской свиты Западной Сибири // Известия вузов. Нефть и газ, 2001, № 4, с. 4—12.

Хабаров В.В., Барташевич О.В., Нелепченко О.М. Геолого-геофизическая характеристика и нефтеносность битуминозных пород баженовской свиты Западной Сибири. М., ВИЭМС, 1981, 41 с.

Щепетова Е.В., Панченко И.В., Барабошкин Е.Ю., Немова В.Д., Смирнова М.Е., Зуйкова М.В. Штормогенные отложения в баженовской свите Фроловской мегавпадины (Западная Сибирь) // Материалы VIII Всероссийского литологического совещания «Эволюция осадочных процессов в истории Земли». М., 2015, т. 2, с. 312—314.

Эдер В.Г., Рыжкова С.В., Дзюба О.С., Замирайлова А.Г. Литостратиграфия и обстановки седиментации баженовской свиты (Западная Сибирь) в центральном, юго-восточном и северном районах ее распространения // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2022, т. 30, № 5, с. 46—74.