

Некоторые особенности литогенеза концентрированных форм органического вещества подсолевых отложений Прикаспийской впадины и сопредельных территорий

Юсупова И.Ф.

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия
abukova@ipng.ru

Аннотация

В подсолевых отложениях Прикаспийской впадины и сопредельных территорий изучались два вида высокоуглеродистых отложений с твердым концентрированным органическим веществом: доманикиты ($D_3 f_2 - C_1 t$) и визейские угли ($C_1 v$). Они отличаются сложным строением, для них характерна высокая литологическая неоднородность, разнообразие постседиментационных преобразований.

Породообразующие концентрации органического вещества и участие его в постседиментационной трансформации осадочного материала predetermined анизотропию физико-механических свойств пород, особенности формирования эпигенетической пустотности, трещиноватости, специфику литификации и децементации в отдельных участках.

Материалы и методы

Выявление роли органического вещества высокоуглеродистых пород в перераспределении минерального материала в диагенезе, темпах его литификации, в формировании вторичной пустотности и трещиноватости. Особенности проявления угольного органического вещества в эрозионно-карстовых палеоврезах, его роль в децементации аллювиальных песчаников. Рассматривалась

возможность использования угольных пластов в качестве индикаторов континентальных отложений при корреляции геолого-геофизических данных.

Ключевые слова

прикаспийская впадина, подсолевые отложения, доманикиты, визейские угли, органическое вещество

Финансирование. Работа выполнена за счет госбюджетного финансирования ИПНГ РАН (тема FMME-2022-0001).

Для цитирования

Юсупова И.Ф. Некоторые особенности литогенеза концентрированных форм органического вещества подсолевых отложений Прикаспийской впадины и сопредельных территорий // Экспозиция Нефть Газ. 2024. № 6 С. 57–63. DOI: 10.24412/2076-6785-2024-6-57-63

Поступила в редакцию: 23.09.2024

LITHOLOGY

UDC 553.2.624.131 | Original Paper

Some features of lithogenesis of concentrated forms of organic matter in subsalt deposits of the Pre-Caspian depression and adjacent territories

Yusupova I.F.

Oil and Gas Research Institute RAS, Moscow, Russia
abukova@ipng.ru

Abstract

In the subsalt deposits of the Pre-Caspian depression and adjacent territories, two types of high-carbon deposits with solid concentrated organic matter were studied: domanikites ($D_3 f_2 - C_1 t$) and Visean coals ($C_1 v$).

They are characterized by a complex structure, high lithological heterogeneity and a variety of post-sedimentary transformations.

The rock-forming concentrations of organic matter and its participation in the post-sedimentary transformation of sedimentary material predetermined anisotropy of physical and mechanical properties of rocks, the features of epigenetic void formation, fracturing, and the specificity of lithification and decementation in some areas.

Materials and methods

Identification of the role of organic matter of high-carbon rocks in redistribution of mineral material in diagenesis, in its lithification speed, in the formation of secondary porosity and fracturing. Manifestation peculiarities of coal organic matter in erosion-karst paleoincisions, its role in the decementation of alluvial sandstones. The

possibility of using coal strata as indicators for continental deposits in the correlation of geological and geophysical data was considered.

Keywords

Pre-Caspian depression, subsalt deposits, domanikites, Visean coals, organic matter

For citation

Yusupova I.F. Some features of lithogenesis of concentrated forms of organic matter in subsalt deposits of the Pre-Caspian depression and adjacent territories. Exposition Oil Gas, 2024, issue 6, P. 57–63. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2024-6-57-63

Received: 21.09.2024

Введение

Прикаспийский нефтегазоносный бассейн граничит с Волго-Уральской и Воронежской антеклизми. Его образование обусловлено прогибанием юго-востока Восточно-Европейской платформы и юга Предуральского краевого прогиба в пермско-мезозойский этап геологического развития [3]. По представлениям [22] в позднем палеозое и отчасти мезозое в погружение был вовлечен и Поволжский регион. Волго-Уральская антеклиза оказалась поглощенной опусканием Восточно-Русской области; погружение обусловлено сходство многих геологических процессов на значительной территории.

В разных районах прибортовых зон Прикаспийской впадины вскрыты подсолевые отложения палеозойского возраста. Они характеризуются сложным строением, резкой изменчивостью литологического состава, наличием многочисленных, нередко длительных, перерывов в осадконакоплении, недостаточной освоенностью буровыми работами. Все это затрудняет однозначную трактовку геологических данных [8].

В последнее время корректируются взгляды на осадконакопление в регионе, постседиментационные трансформации осадочного материала, специфику формирования коллекторов и пространственного распределения разнофациальных отложений; делаются попытки объединения разнородных исследований. В качестве примера можно привести работу по выявлению взаимосвязи седиментации подсолевых толщ и их нефтегазоносности в участках контакта Прикаспийской впадины, Предуральского прогиба и Русской плиты [10].

В данной работе сделана попытка объединения разноплановых исследований подсолевых отложений исследуемого региона с целью создания впоследствии целостной картины распределения в них отложений с высоким нефтегазоматеринским потенциалом, образованных как в морских, так и в континентальных условиях. Особое внимание было уделено выявлению роли повышенных концентраций органического вещества (ОВ)

в постседиментационной трансформации осадочного материала нефтематеринских пород.

Концентрированные формы органического вещества подсолевых отложений

Рассматриваются два вида проявлений концентрированного ОВ в подсолевых отложениях региона: в доманиковых отложениях (D_3-C_1) верхнедевонско-нижнекаменноугольного возраста и угольные залежи визейского возраста (C_{1v}).

Породы доманиковой толщи считаются высокопродуктивными нефтематеринскими отложениями, в Волго-Уральском и Тимано-Печорском регионах они были источником углеводородов для многих залежей в вышележащих карбонатных постройках. В то же время было установлено, что доманиковые породы еще содержат существенную долю углеводородов, не покинувших нефтематеринскую толщу. Это делает отложения доманиковых пород единой неструктурной залежью недоразведанных углеводородов [15]. Несмотря на обилие многообразных исследований, породы доманиковой толщи представляются интересными для изучения.

Восточно-Европейская платформа — территория широкого распространения доманиковых отложений; они представлены глинисто-кремнисто-карбонатными породами, с переходными разностями до кремнистых и карбонатных, часто битуминозными, с широким диапазоном концентраций ОВ (табл. 1).

Обращают на себя внимание многообразие и неравномерность макро- и микропереслаивания доманиковых пород: с различными соотношениями количества прослоев известняков, высокоуглеродистых пород, сланцев, слоев с разным насыщением фаунистическими остатками [30]. Это отражает разнообразие обстановок осадконакопления высокоуглеродистых доманиковых отложений в условиях морской седиментации. Эти условия разнообразны: от депрессионных впадин и склонов карбонатных массивов до мелководного шельфа с растущими биогеоргными постройками; обращается внимание

на обогащенность отложений органическим веществом, притом неравномерную [19].

Органическое вещество доманиковых отложений. Диапазон концентраций ОВ в доманиковых породах широк, включая горючесланцевые (0,5–48 вес. %), даже на микроуровне фиксируется тонкое переслаивание пород, обогащенных (иногда полностью керогеновых) и бедных органическим веществом; доманикитные концентрации составляют около 60 % от толщины разреза ($C_{org} > 0,5$ вес. %), остальная часть сложена доманикоидами ($C_{org} < 0,5$ вес. %).

Вещество доманиковых пород состоит из остатков морских планктонных водорослей с примесью наземного органического материала; тип ОВ одинаков; в хлороформенном битумоиде содержится смолисто-асфальтеновые компоненты до 70 %.

Концентрации ОВ в доманиковых отложениях нередко являются пороодообразующими, в некоторых случаях они достигают горючесланцевых, нижний предел концентрации ОВ в горючих сланцах, по разным авторам, находится в пределах 10–25 %.

Наиболее обогащенную органическим веществом часть карбонатного девона — семилукские отложения — можно уподобить сланцевой залежи кукерситов, имеющей определенное сходство с доманиковым горизонтом [19, 30].

Горючие сланцы в подсолевых отложениях Прикаспийской впадины установлены также в морских отложениях среднего девона, представленных широким спектром отложений: кремнисто-битуминозных, микритовых известняков и кремней [10].

Повышенное содержание ОВ, особенно горючесланцевые концентрации, повлияло на некоторые параметры и свойства высокоуглеродистых пород.

Ранее на примере кукерситовых горючих сланцев было показано влияние повышенных концентраций ОВ на плотность пород, на их прочность, возможность вовлечения в сульфатредукционные процессы и др.; установлена объемная значимость ОВ в высокоуглеродистых отложениях.

Объемную значимость ОВ высокоуглеродистых пород предопределяет пониженная плотность ОВ, поэтому объемные соотношения в доманикитах не совпадают с весовыми; это свойство всех высокоуглеродистых пород (табл. 2) [29, 30].

В доманиковых породах установлена изменчивость многих параметров и плотностно-прочностная анизотропия; она обусловлена колебаниями содержания ОВ. Все это приводит к мозаичному распределению в пластах доманика участков с разными физико-механическими свойствами, а также с разным флюидонефтегазоматеринским потенциалом.

Пустотность в доманиковых породах. Сведения о эпигенетической пустотности и формировании коллекторских свойств доманиковых отложений немногочисленны. Прослои известняков и радиоларитов склоновых фаций выявлены в исследованном фрагменте Волго-Уральского бассейна. Они характеризуются относительно высокими фильтрационно-емкостными свойствами ($K_{пор}$ 4–10 %, проницаемость 0,1–245 мД). Такие прослои могут считаться порово-трещинными коллекторами. Косвенным свидетельством проницаемости нефтематеринского пласта можно считать сходство состава автохтонных и миграционных битумоидов и возможность миграции последних внутри пласта [19].

Табл. 1. Породы доманиковой толщи

Tab.1. Domanic strata rocks

Наименование породы	Содержание пороодообразующих компонентов, вес. %			
	Карбонатные	Терригенные (глинистые)	Кремневые	Кероген (ОВ)
Тонкослоистые породы высокоуглеродистые	0–100	0–25	0–100	5–49,5
Кремень углеродистый	0–35	0–5	60–90	0,5–5
Известняк углеродистый	85–100	0–5	0–15	5
Известняк	75–100 кальцит 0–14 доломит	0–10	0–10	<0,5

Табл. 2. Несовпадение весовых и объемных концентраций в доманиковых породах

Tab. 2. Differences of weight and volume concentrations in domanic rocks

Содержания	Доманиковые породы, усредненный состав, %		
	ОВ	глинистое, кремнистое вещество	карбонатное вещество
Весовые	32,0	41,0	27,0
Объемные*	52,0	30,0	18,0

*при плотности ОВ — 1,0 вес. %, терригенные компоненты — 2,2 вес. %, карбонаты — 2,5 вес. %

При бурении в подсолевых, в том числе доманиковых, отложениях Прикаспийской впадины нередко отмечались провалы инструмента, поглощение бурового раствора, установлены интервалы кавернозных, выщелоченных пород и т. д. Трещинно-порово-кавернозные породы были обнаружены, по данным [7], при бурении скважины Дево-нская-1 на Астраханском карбонатном массиве на различных глубинах (в том числе на глубине 6 046–6 551 м).

Для доманикового горизонта (D_3dm) коллекторы не характерны; это объясняется данными седиментационно-емкостного моделирования подсолевых отложений зоны контакта Прикаспийской впадины, Русской плиты и Предуральяского прогиба. В разрезах доманика на северо-востоке Бузулукской впадины обнаружены линзы пористых известняков; они установлены совместно с залежами в перекрывающих позднефранских отложениях. На рубеже турнейского и визейского времени происходило формирование вторичной пористости в породах, поскольку значительная часть территории подверглась размыву [10].

Однако анализ многочисленных исследований, посвященных формированию вторичной пустотности в карбонатных породах, позволяет предположить, что керновый материал нередко не дает адекватной картины о процессах выщелачивания и формирования коллекторской емкости; в ходе бурения кавернозные и выщелоченные, малопрочные породы нередко стираются, разрушаются (полностью или частично), вынос зерна в таких интервалах обычно занижен, визуальные возможности изучения пород ограничены диаметром зерна. К.И. Багринцева [2], изучавшая условия формирования и свойства карбонатных коллекторов подсолевых отложений на месторождениях Прикаспийской впадины (Астраханское, Жанажол, Карачаганак и др.), отметила, что при бурении чаще извлекаются более плотные прослои; извлечение менее прочных пород не всегда бывает полным, они хуже отражены в материалах бурения. Все это понижает информативность геологических данных, затрудняет их однозначную трактовку о процессах образования вторичного пустотного пространства в карбонатных породах.

Роль органического вещества в формировании пустотности демонстрировалась во многих работах, в том числе автора статьи. Так, было показано, что в участках карстовой денудации вклад ОВ кукерситовых горячих сланцев в формирование эпигенетической пустотности был более значимым, чем вклад карстующихся карбонатов. Было выявлено, что в ходе реализации своего флюидоматеринского потенциала (в том числе нефтегазообразования) флюидоматеринские породы (наряду с изменением своих свойств) теряют часть объема и массы при образовании, отделении и удалении миграционноспособных продуктов (в том числе углеводородов). При этом мощность пород уменьшается (обычно неравномерно), возникают участки ослабленных пород, наращивается трещиноватость и другие деформации (проседание вышележащих, перекрывающих пластов над участками катагенного сокращения мощности, нарушение сплошности пластов и др.) [4, 6, 28–31].

«Биопустоты» фаунистических остатков (тентакулиты, радиолярии) и микротрещины (последние и вертикальные) приносят ощутимый вклад в емкость пространство домаников. Их сохранению способствует раннее окремнение; позже «биопустоты» заполняются миграционными битумоидами. Напротив,

залечивает «биопустоты» ранняя карбонизация. Созданию пластов с разной степенью литификации способствовали чередование карбонатизированных, окремненных сапропелитовых слоев, тонкая слоистость [26].

Не только повышенные концентрации ОВ могут участвовать в создании эпигенетической пустотности, но и текстуры домаников. Моделирование катагенетических процессов в рассматриваемых отложениях свидетельствует, что в породах со слоистыми текстурами и величиной $S_{орг} > 5-10$ вес. % наблюдалось образование пустотного пространства (поры, трещины и их связанность). Наоборот, в породах с массивными текстурами (то есть с равномерным распределением ОВ) при содержании $S_{орг} < 0,5$ вес. % трещины не образуются [24].

Важную роль в фильтрации углеводородов играют пласты с системой открытых субгоризонтальных макротрещин; они названы суперколлекторами [17]. Субгоризонтальная трещиноватость обеспечивает сверхвысокую, по сравнению с матрицей, флюидопроницаемость; она обнаружена на многих месторождениях Прикаспийской впадины (Астраханское, Тенгиз, Жанажол, Карачаганак, Оренбургское и др.).

Еще более значима роль горизонтальных трещин в коллекторах битуминозно-глинистого состава. Этот тип коллектора является объектом активной промышленной разработки (глинистые сланцы «вудфорд» в Оклахоме, глинистые сланцы девона в Аппалачском, Мичиганском, Иллинойском бассейнах и других регионах). Тонкая горизонтальная трещиноватость нередко определяет продуктивность баженновской свиты Салымского месторождения (Западная Сибирь); коллектор-баженит необычен тем, что залегает в нефтематеринской глинистой толще сложного состава. Давно известен феномен коллектора в пелитовых отложениях раннего майкопа Центрального Предкавказья. Трещины в нижнемайкопском глинистом коллекторе имеют субгоризонтальную ориентировку, ветвистую конфигурацию, различные протяженность, раскрытость и густоту; максимальная концентрация таких трещин отмечается в обогащенных органическим веществом слоях глин [5].

В вышеупомянутых опытах по катагенным изменениям доманика был показан процесс образования субгоризонтальных трещин, ориентированных по напластованию в слоистых породах. Слоистая текстура в этом случае была предопределена прослоями и линзами домаников, обогащенных ОВ сапропелевой и зоогенной природы [24]. В этих породах возможно формирование листоватого коллектора в участках тонкого переслаивания (даже на микроуровне) слоев, почти нацело сложенных органическим веществом, со слоями, обедненными ОВ; в ходе катагенного уменьшения твердого ОВ произойдет ослабление контактов между слоями.

Так, в ходе погружения на катагенные глубины пласты осадочных отложений, обогащенных ОВ, становятся зонами повышенной генерации углеводородов и зонами заметного уменьшения мощности. В них образуются трещины, листоватые текстуры, вдольслоевые, межпластовые нарушения сплошности; породы приобретают способность раскалываться на плитки по субгоризонтальным плоскостям, трассируя прослои с былым обогащением твердым ОВ [6]. Таким образом, в погружающихся пластах высокоуглеродистых пород, синхронно с образованием

углеводородов, возникает и нарастает трещинная проницаемость. Пласты таких пород из флюидоупоров переходят в флюидогенерирующие и флюидопроводящие.

Возможности трещинообразования в доманиковых отложениях в восточной части Русской платформы обсуждались и ранее, однако в нашем случае обращается внимание на проявление ОВ в постседиментационном образовании трещин.

Таким образом, наличие трещин, документируемых в изучаемых породах, иногда может свидетельствовать о полной или частичной потере твердого ОВ в этих участках.

Влияние органического вещества на темпы литификации доманиковых пород и миграцию углеводородов

Благоприятный тип керогена и обогащенность им пород доманиковой формации (кероген II типа) свидетельствуют о том, что ОВ доманиковых отложений может стать источником нефти еще до достижения доманикитами условий ГФН и генерировать углеводороды на более ранних стадиях. Генерация битумоидов и их эмиграция в кремнисто-карбонатных породах происходят уже на града-ции ПК-МК₁ [19].

Некоторые исследователи увидели своеобразие доманиковых отложений не только в повышенном содержании ОВ в них, но и в раннем образовании битумоидов и ранней их миграции; существуют работы, констатирующие, что миграция битумоидов началась в осадке еще до его затвердевания [25].

В многоплановых исследованиях Р.С. Сахибгареев (1972) развивает эти представления. По его мнению, раннее образование битумов в доманиковых осадках было обусловлено высокими концентрациями ОВ; это привело к ранней гидрофобизации поверхности глинистых частиц и мелких кальцитовых зерен, что оказало консервирующее влияние на процессы кристаллизации и затормозило литификацию мергелей и глин.

Избежали ранней гидрофобизации относительно чистые известняки; они литифицировались на самых ранних этапах диагенеза, отнесшая значительную часть ОВ во вмещающие осадки. Последние обогащались ОВ, вбирая наиболее подвижные компоненты из литифицирующихся известняков; распределение ОВ внутри пластов не оставалось постоянным.

Степень гидрофобизации и консервирующее влияние гидрофобизирующих пленок зависят от содержания ОВ. При этом УВ-потенциал битумоидов исходного, свежего осадка (наследовавшего в основном углеводороды планктона) мог наращиваться за счет диагенетических, а позже раннекатагенетических преобразований ОВ.

И лишь с переходом основной части высокомолекулярных гидрофобизирующих полярных компонентов этих пленок в углеводороды (и с удалением основной части углеводородов) может наступить возможность для перекристаллизации кальцитовых зерен, мергельных осадков и их литификация с консервацией оставшихся (не успевших эмигрировать) битумов. При этом часть доманиковых мергельных и сильно глинистых осадков могла оставаться достаточно рыхлыми, а пласт — неравномерно (мозаично) литифицированным. При условии герметичности подстилающих и перекрывающих пород саболитифицированный материал доманикового пласта в отдельных участках может быть рыхлым на значительных глубинах, порой близких к термобарическим условиям ГФН.

К этому времени в условиях тектонической активизации известняковые прослои (литифицированные в самом начале диагенеза) могли приобрести трещиноватость, а сам пласт — условия для дополнительной разгрузки углеводородов.

Таким образом, осадки доманиковых фаций по скорости и времени литификации представляют собой сложную гетерогенную систему: в одних типах осадков перераспределение вещества прерывается рано, в других — продолжается длительное время.

Так, повсеместное образование известковых конкреций размером около 15 см и более проходило в участках пласта, сложенных еще рыхлым мергельным и глинистым материалом. Конкреционные стяжения имеют округлую, эллипсоидную, лепешковидную, пластообразную форму. Большое количество карбонатных конкреционных тел характерно для глин, мергелей, глинистых известняков доманиковых фаций Востока-Русской платформы, Южного Урала, Южного Тимана (Сахибгареев, 1972; [30]). Фиксация крупных пластообразных конкреций в керновом материале становится проблемой: при документации керна они могут отождествляться со слоистостью, искажать представления о целостности пластов, а, следовательно, о проницаемости.

Выщелачивание и перераспределение известкового материала в ходе формирования конкреций наблюдались и в разрезах других высокоуглеродистых пород, например, в баженовской свите Западной Сибири. Интерес к карбонатным породам, присутствующим местами в баженовской свите, определяется их коллекторским потенциалом, а актуальность — отсутствием единых представлений о процессах их формирования. Особенности этих разрезов — широкое распространение карбонатных конкреций диаметром 7–12 см и линз-прослоев толщиной 0,5–1,5 см. Установлено, что кристаллизация карбонатного материала конкреций происходила в различных условиях: в придонной части осадков и на более высоких стадиях литогенеза; в катагенезе они подверглись доломитизации. Как и в доманиковых отложениях, интенсивность образования конкреций определяется количеством ОВ [27].

Позже в доманиковых породах известковистые конкреции местами замещались кремнистыми. Более известковые участки глинисто-мергельных фаций (нередко обедненные ОВ) также подвергались окремнению. Лишь по литифицированным известнякам, находящимся в глинисто-мергельном рыхлом осадке, образовывались кремнистые конкреции пластообразной формы.

В ряде случаев в сферу замещения кремнеземом вовлекаются мергели, отличавшиеся изначально заметно меньшим содержанием ОВ.

Важно, что окремнению (и уничтожению) подверглись самые обедненные органическим веществом участки; как правило, содержание С орг в кремнях не превышает 2,5 %, тогда как в смежных, глинистых, известняках оно составляет 7,11 %. Можно предположить, что в этом случае потеря таких карбонатных масс не сказывалась заметно на нефтематеринском потенциале доманиковых отложений. В целом масштабы окремнения доманиковых фаций Волго-Уральской области были менее значительны, чем на Южном Тимане и Урале.

Возможность миграции битумоидов на стадии диагенеза в нижележащие поддоманиковые отложения (кыновские глины) и позднее

в вышележащие перекрывающие (мендымовские мергельные и известковые отложения) обусловлена быстрой литификацией тех и других (из-за их слабой гидрофобизации).

В случае высокой герметичности ниже и вышележащих пород доманиковые осадки могут оставаться относительно рыхлыми на значительных глубинах.

Законсервированные углеводороды в матрице трещиноватых мергельных пород доманика могут реализовать оставшиеся нефтепроизводительские возможности лишь в жестких термобарических условиях. По представлениям С.Г. Неручева (2000) [16] и С.Н. Белецкой с соавторами (1974), такие условия возможны лишь на глубинах 3 000 м и более.

Таковы в самом общем виде процессы литификации доманиковых отложений и миграции углеводородов по представлениям Р.С. Сахибгареева (1972). По работе [19], общий генерационный потенциал в породах доманика Волго-Уральского региона остается еще высоким в конце главной фазы нефтегазообразования (ГФН).

Катагенез. Известно, что при комплексных исследованиях ОВ для оценки нефтегазогенерационного потенциала пород иногда выявляются участки аномального катагенеза, не связанного с региональными закономерностями погружения. Так, при установлении катагенетической зрелости отложений баженовской свиты Западной Сибири установлена разная преобразованность ОВ в одном образце. Это объясняется наличием в одном образце ОВ разного происхождения [12]. В нашем случае картину катагенеза может усложнить и неравномерная, разновременная, мозаичная литификация внутри пластов доманиковых пород, обогащенных ОВ.

Природные резервуары. Набор параметров, важный для резервуарных и экранирующих свойств и который можно использовать для выявления продуктивности природных резервуаров в зоне сочленения Прикаспийской впадины, Русской платформы и Предуралья прогиба, следующий. Для покрышек — минеральный состав, мощность пласта, коэффициент однородности; а для коллекторов — коэффициенты открытой пористости, проницаемости, суммарные эффективные толщины, данные гидродинамических исследований в скважинах, долевое участие в разрезе фаций с высоким емкостным потенциалом [10].

Содержание ОВ в породах, его распределение в них, степени вовлеченности ОВ в постседиментационные процессы нередко влияют на величину отдельных параметров. Такая информация особенно важна для высокоуглеродистых отложений, в том числе для доманиковых. На состав пород, их мощность, однородность, долевое участие с высоким емкостным потенциалом существенно влияют повышенные концентрации ОВ. Это свидетельствует о том, что для прогноза продуктивности региональных природных резервуаров схемы взаимосвязи процессов накопления карбонатных пород подсолевых отложений с их потенциальными коллекторскими свойствами оказалось недостаточно. Необходима информация о постседиментационных преобразованиях всех аккумулирующих и консервирующих толщ. По работе [10], сложное распространение коллекторов и покрышек во франско-турнейских отложениях было предопределено сложным строением этих отложений. Установлено широкое колебание многих параметров, используемых для определения качества коллекторов и покрышек и важных для резервуарных и экранирующих свойств.

Тем не менее иногда выделялись пласты-коллекторы во франско-турнейских отложениях; они разделены глинистыми покрывками (например, пашийский горизонт).

Совместно с залежами в перекрывающих позднефранских отложениях северо-востока Бузулукской впадины в доманиковом горизонте (D_3dm) нередко встречаются небольшие линзы пористых известняков.

Высокая продуктивность отложений турнейского яруса предопределяется наличием над ними визейской региональной глинистой покрывки, а широкое развитие в них коллекторов обусловлено субазральным размывом на границе турнейского и визейского веков. Число турнейских залежей сокращается на востоке и юго-востоке. В этом же направлении ухудшается качество визейской покрывки за счет появления в ней прослоев известняков.

Область развития прибрежно-морских отложений лимитирует распространение нефтяных скоплений в ранневизейских отложениях [10].

В турнейский век закончилось накопление доманиковых отложений. Это было время, когда активную продуктивность УВ-систем верхнедевонско-нижнекаменноугольного (D_3-C_1t) палеобассейна определяли условия благоприятные для потенциально-нефтегазоматеринских толщ (высокоуглеродистая формация доманика), резервуаров нефти и газа в карбонатных отложениях барьерных рифов и шельфовых биогермных построек, а также терригенно-карбонатных отложений подводных конусов выноса [20].

Лишь в Прикаспийской синеклизе сохранились глубоководные условия осадконакопления в турнейское время (а также на небольшом участке Актамыш-Чишминского прогиба).

Визейские угольные залежи. В визейское время длительному размыву подвергалась суша, выведенная на поверхность на значительной территории [10]. Перерыв привел к смене осадков накопления с морских фациальных условий на континентальные; возникли озерно-болотные, речные системы, а также почвы, торфяные и угольные скопления и другие комплексы осадочных пород.

Считается, что в континентальных осадках захоронено в 3 раза больше ОВ, чем в осадках морей и океанов. Захоронения в таких образованиях могли сохраняться благодаря тому, что в депрессиях рельефа ОВ может оказаться ниже грунтовых вод; в этом случае условия его сохранения принципиально не отличаются от таковых в осадках морских бассейнов [11].

Большое значение в геологических процессах приобретает гумусовое ОВ. Оно нередко фиксируется в керновом материале Прикаспийской впадины в виде растительного детрита (Астраханский свод), остатков корневых образований в палеопочвах (Алибекмола, скв. 51, глубина, 50–3 464, 15 м) [7, 13]. Определенная доля континентального ОВ сосчитается в бассейне седиментации, ставшая составной частью конусов выноса, дельтовых и морских отложений.

Концентрированное гумусовое органическое вещество в подсолевых отложениях в пределах Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна установлено в виде залежей углей на разных глубинах. Однако максимум угленосности зафиксирован в визейских нефтегазоносных отложениях раннего карбона (C_1V). Например, в ранневизейских аллювиально-русловых отложениях заключена большая часть запасов известного угольного-нефтяного месторождения Арлан, расположенного в пределах речной палеодолины [15].

Эрозионно-карстовые погребенные палеоврезы в турнейских известняках являются одной из основных структурных форм, к которым приурочены визейские угольные залежи (рис. 1). Пониженная крепость визейских углей (они частично истираются при бурении), следы палеокарстового выщелачивания во вмещающих турнейских известняках, неравномерность изучения сказываются на информативности буровых работ и затрудняют выявление палеоврезов. Однако отложения визейских врезов считаются резервом восполнения запасов нефти, а визейские угли — альтернативой углеводородного сырья в регионе [15, 23].

Палеоврезные отложения в турнейских закарстованных известняках представлены аллювиально-дельтовыми песчано-глинистыми отложениями, зачастую с прослоями углей и углистых сланцев, с продуктами обрушения и оползания сводов и стенок карстовых полостей в карбонатах турнейского возраста. Глубина залегания визейских палеоврезов колеблется в широких пределах 900–1 400 м и более (на Флеровском участке около 3 км), амплитуда денудации до 60 м (иногда до 100 м). Глубина размыва турнейского ложа 50–60 метров, от неё зависит число пластов угля и их мощность. Так, на угольно-нефтяном месторождении Арлан мощность угольных пластов составляет 5,0–32,4 м на глубинах 1 291–1 398 м.

Угли в палеоврезах гумусовые, со значительной примесью липтобиолитовых компонентов, что улучшает флюидогенерационный потенциал. В рассматриваемых углях установлены породные прослои, марка углей «Д», угленосная толща сильно загазована и обводнена [21].

Отложения, заполняющие палеоврезы, характеризуются неоднозначными нефтегазоматеринскими возможностями. На основании определенного сходства фракций из битумов пород, угля и нефти [18]

считает самостоятельными процессы нефтегазогенерации в этих отложениях.

Как и сапропелевое, угольное вещество — важный флюидогенерирующий компонент осадочных пород. В угленосных отложениях практический интерес представляет процесс извлечения газов из метанугольных коллекторов [32].

Что касается палеоврезов, то здесь изучались перспективы извлечения метана и других углеводородов из визейских углей с использованием метода подземной газификации [21, 23].

Многочисленные исследования, в том числе автора, по катагенной трансформации ОБ осадочных пород показали, что в ходе генерации и удаления образующихся миграционно-способных продуктов имеют место катагенная потеря массы и уменьшение мощности (обычно неравномерные) угольных пластов и прослоев, возникновение трещин и других деформаций. Все это нарушает гидродинамическую обособленность пластов, вносит существенный вклад в вертикальную и латеральную миграцию флюидов в пределах палеоврезов, повышая возможность пластового массопереноса [24, 28, 30].

Более заметному проявлению катагенной трещиноватости (по сравнению с тектонической), раскрытию вертикальных трещин (и их сохранности от последующего смыкания) благоприятствует частичная защита пластов во врезе от сжимающих напряжений [15].

На Ульяновском угольно-нефтяном месторождении диапазон содержания зольности составляет 15,7–53,4 %. Как известно, минеральные компоненты являются центрами локальных механических напряжений в угольном пласте. Это делает визейские угли разнопрочными, неоднородными по трещиноватости и, соответственно, по фильтрационным свойствам.

В палеоврезах обнаружены суперколлекторы [15]. Они обязаны своим появлением

продуктам трансформации угольного ОБ, таким как органические кислоты, CO_2 , H_2S , NH_3 и др. Появление таких продуктов повышает агрессивность среды, усиливает коррозию некоторых минералов, формирует подугленосные зоны кислотного выщелачивания, способствует возникновению подземного карста, приводит к децементации песчаников и в конечном счете к повышению флюидопроницаемости в рассматриваемых палеоврезах [1, 14].

Децементация привела к образованию рыхлых высокопористых песчаников. Вынос зерна таких пород затруднителен, доля их в действительности может быть больше, чем документируется по керновым пробам. Децементация песчаников иногда приводит к неустойчивости стенок скважин и уменьшению дебитов при эксплуатации [15].

В ходе миграции и аккумуляции углеводородов в континентальных толщах децементированные песчаники могут стать природными резервуарами с характерным для аллювиальных (руслowych, пойменных) отложений с линзовидным строением с высокой литологической неоднородностью.

Литологическая неоднородность континентальных отложений объясняется генетической разнородностью осадков; по сравнению с морскими корреляция их затруднена и требует иного подхода [9]. При анализе и истолковании геолого-физической информации и моделировании структуры и свойств природных резервуаров пласты угольного ОБ (автохтонные, в первичном непереотложенном залегании), а также ископаемые почвы могут использоваться как индикаторы континентальных отложений.

В целом карстово-эрозионные процессы в континентальные этапы визейского времени способствовали возникновению скоплений угольного ОБ (и увеличению нефтегазоносного потенциала) в подсолевых карбонатных отложениях Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна.

Заключение

В подсолевых отложениях Прикаспийской впадины и сопредельных территорий изучены два вида отложений с твердым концентрированным ОБ: доманиковые породы (D_3 – C_1 t), среди них горючие сланцы и визейские угольные залежи (C_1 v).

Локальные проявления концентрированного органического вещества (породы доманикового облика, горючие сланцы, угольные прослои) установлены и на других стратиграфических уровнях подсолевых отложений; они также вносят вклад в нефтегазоносный потенциал рассматриваемого региона.

Образование изученных концентрированных форм органического вещества подсолевых отложений региона отличает многообразие литолого-фациальных условий седиментации: от морских (доманиковые породы) до континентальных аллювиально-дельтовых (визейские угли). Они выделяются сложным строением, для них характерна высокая литологическая неоднородность, разнообразие постседиментационных преобразований; приуроченные к ним природные резервуары отличаются своеобразием морфологии и структуры.

Повышенные концентрации ОБ и вовлечение его в постседиментационную трансформацию осадочного материала рассматриваемых отложений предопределили плотностную, прочностную анизотропию содержащих его пород, особенности формирования вторичного пустотного пространства, трещиноватости,

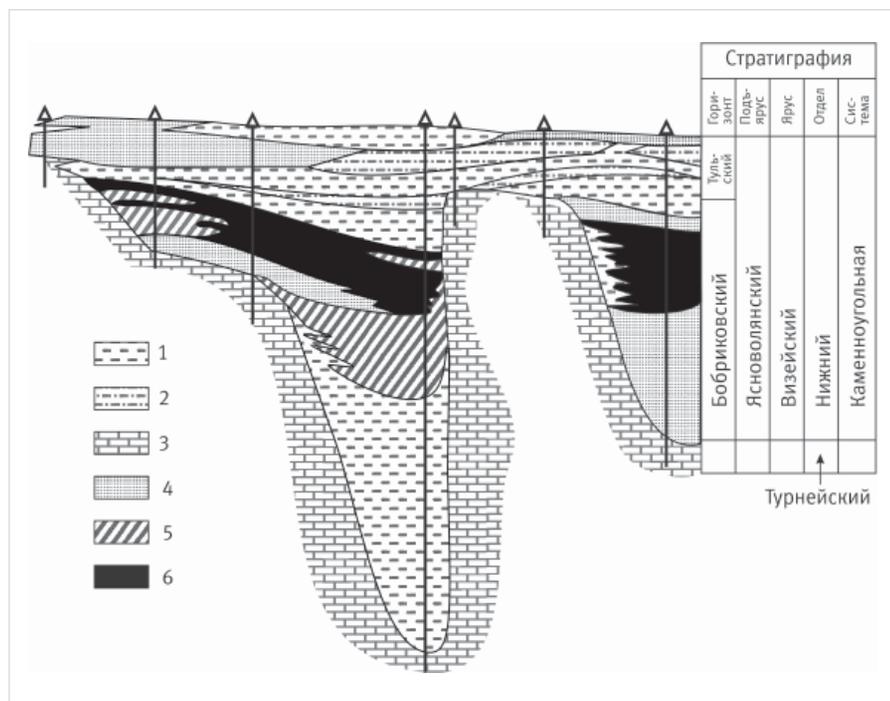


Рис. 1. Визейские угольные пласты в эрозионно-карстовых палеоврезах (Ульяновская нефтеносная площадь) [21]: 1 — аргиллит, 2 — алевролит, 3 — известняк, 4 — песчаник, 5 — углистый аргиллит, 6 — уголь

Fig. 1. Visean coal strata in erosion-karst palaeo-incisions (Ulyanovskaya oil-bearing area) [21]: 1 — argillite, 2 — alevalite, 3 — limestone, 4 — sandstone, 5 — coaly argillite, 6 — coal

специфику литификации и децементации отдельных разностей, резервуарные и экраняющие свойства коллекторов и покрышек, а также повышенные нефтегазогенерирующие свойства.

Дополнительный интерес выявления и изучения таких объектов, как пласты концентрированного угольного органического вещества, заключается в возможности их использования как маркеров континентальных отложений при интерпретации геолого-геофизических материалов и моделировании структуры и свойств природных резервуаров.

Итоги

Несмотря на проведенные исследования, посвященные высокоуглеродистым породам подсолевых отложений Прикаспийской впадины и определенных территорий, роль органического вещества в геологических процессах во многом оставалась неясной. Как правило, ранее констатировалось лишь содержание органического вещества, его химико-битуминологические параметры. В данной работе показано, что повышенное содержание органического вещества предопределило анизотропию физико-механических свойств, формирование пустотности, трещиноватости, специфику литификации карбонатных пород и образование конкреций в них и другие особенности высокоуглеродистых отложений. Возникло понимание значимости такого породообразующего компонента, как органическое вещество высокоуглеродистых пород, составляющего до половины объема и мощности содержащих его пород. Это приведет к улучшению качества документации ядерного материала и ее интерпретации.

Выводы

Проделанная работа расширила существующие представления о вкладе органического вещества в постседиментационную трансформацию осадочного материала с изменением проницаемости и других свойств. Результаты будут полезны при прогнозировании резервуарных и экраняющих свойств высокоуглеродистых подсолевых отложений региона.

Литература

- Абукова Л.А., Юсупова И.Ф. Угольные залежи карстово-эрозионных врезов Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна как фактор геофлюидодинамической неоднородности // Доклады российской академии наук. Науки о земле. 2020. Т. 494. № 1. С. 21–24.
- Багринцева К.И. Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов нефти и газа. М.: РГГУ, 1999. 285 с.
- Баженова О.К., Бурлин Ю.К., Соколов Б.А., Хаин В.Е. Геология и геохимия нефти и газа. М.: МГУ, 2000. 384 с.
- Балушкина Н.С., Калмыков Г.А., Кирюхина Т.А., Коробова Н.И., Корост Д.В., Соболева Е.В., Ступакова А.В., Фадеева Н.П., Хамидуллин Р.А., Шарданова Т.А. Закономерности строения баженовского горизонта и верхов абалакской свиты в связи с перспективами добычи нефти // Геология нефти и газа. 2013. № 3. С. 48–61.
- Бочкарев А.В., Евик В.Н. Природа аномальных явлений в битуминозных глинах нижнего майкопа Центрального Предкавказья // Литология и полезные ископаемые. 1990. № 1. С. 59–68.
- Вартанян Г.С., Юсупова И.Ф. Особенности формирования трещинных зон во флюидогенерирующих толщах // Доклады Российской академии наук. Науки о земле. 2000. Т. 370. № 3. С. 353–356.
- Волож Ю.А., Парасына В.С. и др. Астраханский карбонатный массив: Строение и нефтегазоносность. М.: Научный мир, 2008. 221 с.
- Дмитриевский А.Н. Вторичные изменения пород-коллекторов Прикаспийского осадочного бассейна. Вторичные изменения осадочных пород и формирование коллекторов нефти и газа. М.: 1993. С. 12–23.
- Жемчугова В.А., Бербенев М.О. Основные принципы моделирования структуры природных резервуаров (на примере меловых отложений Западной Сибири) // Георесурсы. 2015. № 2. С. 54–62.
- Жемчугова В.А., Ахманов Г.Г., Наумчев Ю.В. и др. Седиментационно-емкостная модель подсолевых отложений южного Предуралья и сопредельных территорий // Георесурсы. 2019. Т. 21. № 2. С. 94–109.
- Калинок М.К. Особенности накопления и сохранения ОВ в континентальных образованиях. Органическое вещество в современных ископаемых осадках. VII всесоюзный семинар. Ташкент: 1982. С. 22–45.
- Калмыков А.Г., Карпов Ю.А., Топчий М.С. и др. Влияние катагенетической зрелости на формирование коллекторов с органической пористостью в баженовской свите и особенности их распространения // Георесурсы. 2019. Т. 21. № 2. С. 159–171.
- Кан А.Н., Ахметшина Л.З. Следы палеопочв в башкирских нижнежюльских отложениях месторождения Алибекмола (восточный борт Прикаспийской впадины) // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. М.: МГУ, 2004. С. 232–233.
- Макхус Монзер. Условия формирования нефтеносных толщ бассейнов Сахарской платформы. Автореферат на соискание степени доктора геолого-минералогических наук. 1993. М.: 86 с.
- Мухаметшин Р.З. Палеоврезы и их роль в освоении трудноизвлекаемых запасов нефти. М.: Геоинформмарк, 2006. 80 с.
- Неручев С.Г. Уран и жизнь в истории Земли. СПб.: ВНИГРИ, 2007. 328 с.
- Политыкина М.А. Значение горизонтальной трещиноватости для разработки залежей углеводородов // Советская геология. 1988. № 4. С. 49–60.
- Родионова К.Ф., Ильинская В.В., Проскуракова Е.Б. Метаново-нафтеносные углеводороды органического вещества пород палеозоя Волго-Уральской нефтегазоносной области // Генезис нефти и газа. М.: Наука, 1968. С. 65–71.
- Ступакова А.В., Фадеева Н.П., Калмыков Г.А. и др. Поисковые критерии нефти и газа в доманиковых отложениях Волго-Уральского бассейна // Георесурсы. 2015. № 2. С. 77–86.
- Ступакова А.В., Пашали А.А., Волянская В.В., Сулова А.А., Завьялова А.П. Палеобассейны — новая концепция моделирования истории геологического развития и нефтегазоносности регионов // Георесурсы. 2019. Т. 21. № 2.
- Угольная база России. Т. 1. Угольные бассейны и месторождения европейской части России. М.: Геоинформмарк, 2000. 483 с.
- Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики. М.: КДУ, 2005. 560 с.
- Хасанов Р.Р., Ларочкина И.А. Условия залегания и способы освоения нефтяных и угольных пластов в предвизейских депрессиях Волго-Уральской провинции // Нефтяное хозяйство. 2013. № 1. С. 36–39.
- Хисамов Р.С., Фадеева Н.П., Гилязетдинова Д.Р., Корост Д.В., Козлова Е.В., Полудеткина Е.Н. Исследование органического вещества и факторов, способствующих трансформации пустотного пространства отложений карбонатного девона Южно-Татарского свода // Перспективы увеличения ресурсной базы разрабатываемых месторождений, в том числе доманиковых отложений. Альметьевск: ПАО «Татнефть», 2015. С. 52–64.
- Чепиков К.Р., Ермолаева Е.П., Середа Т.Т. О постседиментационных преобразованиях и миграции нефти в доманиковых и мендымских отложениях Северной Башкирии. Вопросы миграции нефти и формирования пород-коллекторов. М.: ИГиРГИ, 1972. С. 7–19.
- Шарданова Т.А., Фадеева Н.П., Хамидуллин Р.А., Хомяк А.Н. Емкостное пространство пород высокоуглеродистой формации (на примере доманиковой толщи Южно-Татарского свода) // Георесурсы. 2017. Спецвыпуск. С. 125–132.
- Эдер В.Г., Костырева Е.А., Юрченко А.Ю. и др. Новые данные о литологии, органической геохимии и условиях формирования баженовской свиты Западной Сибири // Георесурсы. 2019. Т. 21. № 2. С. 129–142.
- Юсупова И.Ф., Абукова Л.А., Абрамова О.П. Потери концентрированного органического вещества пород при их погружении как фактор геодинамической стабилизации // Доклады академии наук. 2007. Т. 414. № 1. С. 74–77.
- Юсупова И.Ф. Роль органического вещества в формировании свойств сланцевой залежи // Доклады академии наук. 2019. Т. 484. № 2. С. 220–223.
- Юсупова И.Ф., Фадеева Н.П., Шарданова Т.А. Влияние повышенных концентраций органического вещества на свойства пород // Георесурсы. 2019. Т. 21. № 2. С. 183–189.
- Pommer M., Milliken K. Pore types and pore-size distributions across thermal maturity, Eagle Formation, southern Texas. AAPG Bulletin, 2015, Vol. 99, issue 9, P. 1713–1744. (In Eng).
- Zou C.N., Yang Z., Tao S.Z., Yuan X.J., Zhu R.K. Continuous hydrocarbon accumulation over a large area as a distinguishing characteristic of unconventional petroleum in the Ordos Basin, North-Central China. Earth-Science Reviews, 2013, Vol. 126, P. 358–369. (In Eng).

Results

Despite the studies devoted to high-carbonaceous rocks of pre-salt sediments in the Pre-Caspian depression and adjacent territories, the role of organic matter in geological processes remained unclear in many respects. As a rule, only the content of organic matter and its chemical and bituminological parameters were stated earlier. This paper shows that the increased content of organic matter predetermined the anisotropy of physical and mechanical properties, the formation of porosity, fracturing, the specificity of lithification of carbonate rocks and the formation of concretions in them, and other features of high-carbonate sediments. There is an understanding of the importance of such a rock-forming

component as organic matter in high-carbonaceous rocks, which makes up to half of the volume and thickness of rocks containing it. This will lead to improved quality of documentation of kern material and its better interpretation.

Conclusions

The completed work has expanded the existing ideas about the contribution of organic matter to the post-sedimentary transformation of sedimentary material with changes in its permeability and other properties. The results will be useful in predicting the reservoir and shielding properties of high-carbon subsalt sediments in the region.

References

- Abukova L.A., Yusupova I.F. The coalfields of the karst-erosional downcuttings of the Volga-Ural oil and gas basin as a factor of geofluidodynamic heterogeneity. *Doklady Earth Sciences*, 2020, Vol. 494, issue 1, P. 21–24. (In Russ).
- Bagrintseva K.I. Conditions of formation and properties of carbonate reservoirs of oil and gas. Moscow: RGGU, 1999, 282 p. (In Russ).
- Bazhenova O.K., Burlin Yu.K., Sokolov B.A., Khain V.E. Geology and geochemistry of oil and gas. Moscow: MSU, 2000, 384 p. (In Russ).
- Balushkin N.S., Kalmykov G.A., Kiryukhina T.A., Korobova N.I., Korost D.V., Soboleva E.V., Stupakova A.V., Fadeeva N.P., Khamidullin R.A., Shardanova T.A. Regularities of structure of bazhenov horizon and upper parts of abalak suite in view of oil production prospects. *Geology oil and gas*, 2013, issue 3, P. 48–61. (In Russ).
- Bochkarev A.V., Evik V.N. The nature of anomalous phenomena in bituminous clays of the lower Maikop of the Central Caucasus. *Lithology and minerals*, 1990, issue 1, P. 59–68. (In Russ).
- Vartanyan G.S., Yusupova I.F. Features of the formation of fractured zones in fluid-generating strata. *Doklady Earth Sciences*, 2000, Vol. 370, issue 3, P. 353–356. (In Russ).
- Volozh Yu.A., Parasyna V.S. et al. Astrakhan carbonate massif: structure and its oil and gas perspectives. Moscow: Nauchnyj mir, 2008, 221 p. (In Russ).
- Dmitrievsk A.N. Secondary changes in reservoir rocks of the Caspian sedimentary basin. Secondary changes in sedimentary rocks and the formation of oil and gas reservoirs. Moscow: 1993, P. 12–23. (In Russ).
- Zhemchugova V.A., Berbenev M.O. Basic principles for modeling reservoir structure (on the example of Cretaceous deposits of the Western Siberia). *Georesources*, 2015, issue 2, P. 54–62. (In Russ).
- Zhemchugova V.A., Akhmanov G.G., Naumchev Yu.V. et al. Sedimentation-capacity model of the subsalt deposits of the southern Urals and adjoining territories. *Georesources*, 2019, Vol. 2, issue 2, P. 94–109. (In Russ).
- Kalinko M.K. Features of accumulation and preservation of OM in continental formations. Organic matter in modern fossil sediments. VII All-Union Seminar. Tashkent: 1982, P. 22–45. (In Russ).
- Kalmykov A.G., Karpov Yu.A., Topchiy M.S. et al. The effect of catagenetic maturity on the formation of reservoir with organic porosity in the Bazhenov formation and peculiarities of their extension. *Georesources*, 2019, Vol. 21, issue 2, P. 159–171. (In Russ).
- Kan A.N., Akhmetshina L.Z. Traces of paleosols in the Bashkir Lower Moscow deposits of the Alibekmola field (eastern side of the Caspian depression). Collection of articles: New ideas in the geology and geochemistry of oil and gas. Moscow: Moscow State University, 2004, P. 232–233. (In Russ).
- Makhus Monzer. Conditions of formation of oil-bearing strata of the Sahara platform basins. Abstract. Moscow: 1993, 86 p. (In Russ).
- Mukhametshin R.Z. Pale-cuts and their role in the development of hard-to-recover oil reserves. Moscow: Geoinformmark, 2006, 80 p. (In Russ).
- Neruchev S.G. Uranus and Life in Earth's History. Saint Petersburg: VNIGRI, 2007, 328 p. (In Russ).
- Politykina M.A. The importance of horizontal fracturing for the development of hydrocarbon deposits. *Sovetskaya geologiya*, 1988, issue 4, P. 49–60. (In Russ).
- Rodionova K.F., Iliinskaya V.V., Proskuryakova E.B. Methanaphthenic hydrocarbons of organic matter of the Paleozoic rocks of the Volga-Ural oil and gas region. Genesis of oil and gas. Moscow: Nauka, P. 65–71. (In Russ).
- Stoupakova A.V., Fadeeva N.P., Kalmykov G.A. et al. Criteria for oil and gas search in domanic deposits of the Volga-Ural basin. *Georesources*, 2015, issue 2, P. 77–86. (In Russ).
- Stoupakova A.V., Pashali A.A., Volyanskaya V.V., Suslova A.A., Zavalova A.P. Paleobasins – a new concept of modeling the history of geological development and oil and gas bearing of regions. *Georesources*, 2019, Vol. 21, issue 2, P. 4–12. (In Russ).
- The coal base of Russia. Vol. 1. Moscow: Geoinformmark, 2000, 483 p. (In Russ).
- Khain V.E., Lomize M.G. Geotectonics and basics of geodynamics. Moscow: KDU, 2005, 560 p. (In Russ).
- Hasanov R.R., Larochkina I.A. Prospects for the joint development of oil and coal deposits in preveisan depressions of Volga-Ural oil and gas province. *Oil industry*, 2013, issue 1, P. 36–39. (In Russ).
- Hisamov R.S., Fadeeva N.P., Gilyazetdinova D.R., Korost D.V., Kozlova E.V., Poludetkina E.N. Study of organic matter and factors contributing to the transformation of the void space of sediments of the carbonate Devonian of the South Tatar arch. Prospects for increasing the resource base of the producing fields, including those from the domanic deposits. Almet'yevsk: Tatneft PJSC, 2015, P. 52–64. (In Russ).
- Chepikov K.R. Ermolaeva E.P., Sereda T.T. On post-sedimentary transformations and oil migration in the Domanik and Mendym deposits of Northern Bashkiria. Issues of oil migration and formation of reservoir rocks. Moscow: IGIRGI, 1972, P. 7–19. (In Russ).
- Shardanova T.A., Fadeeva N.P., Khamidullin R.A., Khomyak A.N. The pore space of carbon-enriched rocks (at the example of Domanik formation of the South Tatar arch). *Georesources*, 2017, Special issue, Part 1, P. 125–132. (In Russ).
- Eder V.G., Kostyreva E.A., Yurchenko A.Yu. et al. New data on lithology, organic geochemistry and accumulation conditions of the Bazhenov formation in Western Siberia. *Georesources*, 2019, Vol. 21, issue 2, P. 129–142. (In Russ).
- Yusupova I.F., Abukova L.A., Abramova O.P. Loss of concentrated organic matter by rocks during catagenesis: a factor of geodynamic destabilization. *Doklady Earth Sciences*, 2007, Vol. 414, issue 1, P. 74–77. (In Russ).
- Yusupova I.F. The role of organic matter in formation of the properties of a shale deposit. *Doklady Earth Sciences*, 2019, Vol. 484, issue 2, P. 220–223. (In Russ).
- Yusupova I.F., Fadeeva N.P., Shardanova T.A. The effect of increased concentration of organic matter on the rock properties. *Georesources*, 2019, Vol. 21, issue 2, P. 183–189. (In Russ).
- Pommer M., Milliken K. Pore types and pore-size distributions across thermal maturity, Eagle Formation, southern Texas. *AAPG Bulletin*, 2015, Vol. 99, issue 9, P. 1713–1744. (In Eng).
- Zou C.N., Yang Z., Tao S.Z., Yuan X.J., Zhu R.K. Continuous hydrocarbon accumulation over a large area as a distinguishing characteristic of unconventional petroleum: the Ordos Basin, North-Central China. *Earth-Science Reviews*, 2013, Vol. 126, P. 358–369. (In Eng).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Юсупова Искра Фаиковна, к.г.-м.н., старший научный сотрудник, Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия

Для контактов: abukova@ipng.ru

Yusupova Iskra Faikovna, ph.d. of geologo-mineralogical sciences, senior researcher, Oil and Gas Research Institute RAS, Moscow, Russia

Corresponding author: abukova@ipng.ru