ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 551.8; 551.242

Концепция формирования Камско-Кинельской системы впадин с позиций тектоники и особенностей осадконакопления в позднем девоне

П.А. Фокин, Г.А. Калмыков
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Рассмотрено происхождение Камско-Кинельской системы впадин (ККСВ) – системы субширотных каналов, которые контролируют положение залежей нефти в доманиковой высокоуглеродистой формации (ДВУФ). В работе сопоставлены существующие гипотезы с данными по литологическим индикаторам (темпеститы, кальцитурбидиты, спикулиты), палеогеографическими реконструкциями и аналогиями с рифейскими авлакогенами. Выяснилось, что рифтогенный фактор был второстепенным. На первый план выходили климат и осадочные процессы: штормовая активность и пассатные течения. В мелководных бассейнах низких широт Лавруссии они вызывали аноксию, накопление керогена и клиноформное заполнение впадин. В осевых зонах ККСВ мощность отложений составляет 30-40 м, что заметно ниже экономически оправданного порога для многостадийного ГРП (около 80 м). Тем не менее именно к таким разрезам приурочены новые месторождения, поставленные на баланс в 2017-2019 гг. в Оренбургской и Самарской областях. Полученные результаты можно использовать при прогнозе нетрадиционных залежей нефти в высокоуглеродистых карбонатно-кремнистых толщах Волго-Уральской провинции. Формирование и эволюция ККСВ, по-видимому, определялись палеогидродинамикой и климатом, а не унаследованной разломной структурой.

Ключевые слова: доманиковая высокоуглеродистая формация (ДВУФ), Камско-Кинельская система впадин (ККСВ), многостадийный гидроразрыв пласта, керогенсодержащие отложения, Волго-Уральская провинция, нетрадиционные залежи нефти, палеогеография позднего девона.

Для цитирования: Фокин П.А., Калмыков Г.А. (2026). Концепция Камско-Кинельской системы впадин с позиций тектоники и особенностей осадконакопления в позднем девоне. Трудноизвлекаемые запасы, 1(1), с. 26-35

The concept of the formation of the Kama-Kinel depression system from the standpoint of tectonics and sedimentation features in the Late Devonian

P.A. Fokin, G.A. Kalmykov
Lomonosov Moscow State University

The origin of the Kama-Kinel system of depressions (KKDS), a system of sub-latitudinal channels that control the position of oil deposits in the Domanik high-carbon formation (DHCF), was considered. The work compares existing hypotheses with data on lithological indicators (tempestites, calciturbidites, spiculites), paleogeographic reconstructions and analogies with Riphean aulacogens. It turned out that the riftogenic factor was secondary. Climate and sedimentary processes came to the fore: storm activity and trade winds. In the shallow basins of the low latitudes of Laurussia, they caused anoxia, accumulation of kerogen, and clinoform filling of depressions. In the axial zones of KKDS, the thickness of the deposits is 30-40 m, which is noticeably lower than the economically justified threshold for multi-stage hydraulic fracturing (about 80 m). Nevertheless, it is precisely to such sections that the new fields put on the balance sheet in 2017-2019. in the Orenburg and Samara regions. The results obtained can be used in the forecast of unconventional oil deposits in high-carbon carbonate-siliceous strata of the Volga-Ural province. The formation and evolution of KKDS appears to have been determined by paleohydrodynamics and climate rather than an inherited fault structure.

Keywords: Domanic high-carbon formation (DHCF), Kama-Kinelskaya depression system (KKDS), multi-stage hydraulic fracturing, kerogen-containing deposits, Volga-Ural province, unconventional oil deposits, paleogeography of the Late Devonian.

Recommended citation: Fokin P.A., Kalmykov G.A. (2026). The concept of the Kama-Kinel system of depressions origin from the perspectives of the Late Devonian tectonics and sedimentation features. Hard-to-Recover Reserves, 1(1), pp. 26-35

Введение

Высокоуглеродистые формации (ВУФ), широко распространенные на территории Российской Федерации, достаточно долго привлекали внимание геологов-нефтяников в основном как нефтегазоматеринские толщи (НГМТ), несмотря на то что крестьяне в долине реки Доманик копали небольшие колодцы и брали «черное масло» для заправки масляных ламп. Именно в обнажениях по берегам реки Доманик (Южный Тиман) А.А. Кейзерлинг в 1845 году выделил отложения доманикового типа как геологический объект.

Первоначально в России интерес к ВУФ был связан с отложениями баженовской свиты (БС), где первая «большая» нефть была получена в 1968 году на Салымском месторождении Правдинской геологоразведочной экспедиции во время углубления одной из разведочных скважин при забое 2840 м. Разработка Салымского месторождения позволила к концу 70-х годов извлечь более 3 млн тонн нефти, но дальнейшие изучения БС показали, что традиционные методы добычи углеводородов из ВУФ экономически неэффективны. Новый интерес к ВУФ

как к нетрадиционному резервуару связан с успехами американских технологов по добыче нефти из «сланцевых» формаций. Применив гидравлический разрыв пласта (ГРП) в горизонтальных скважинах сначала в газовых, а затем и нефтяных «сланцах», американские нефтяники совершили «сланцевую революцию». При этом основным методом добычи из ВУФ является многостадийный ГРП (МГРП), а для его экономически эффективного применения необходимо, чтобы разрабатываемый объект имел мощность порядка 80 м. Мощность БС составляет 30-40 м, что не обеспечивает даже возмещение затрат на МГРП. Тогда как доманиковая высокоуглеродистая формация (ДВУФ), особенно в областях распространения палеовпадин, соответствует требованиям по мощности отложений.

Залежи нефти в ДВУФ были открыты достаточно давно, но в последнее время с появлением технологии МГРП их поиск получил второе дыхание. В 2017-2019 гг. в Оренбургской и Самарской областях были поставлены на государственный баланс 4 месторождения с залежами нефти в отложениях доманикового типа (Бузулукская впадина) (Варламов А.И. и др., 2020) (рис. 1). Особенностью этих залежей является их приуроченность к Камско-Кинельской системе впадин (ККСВ).

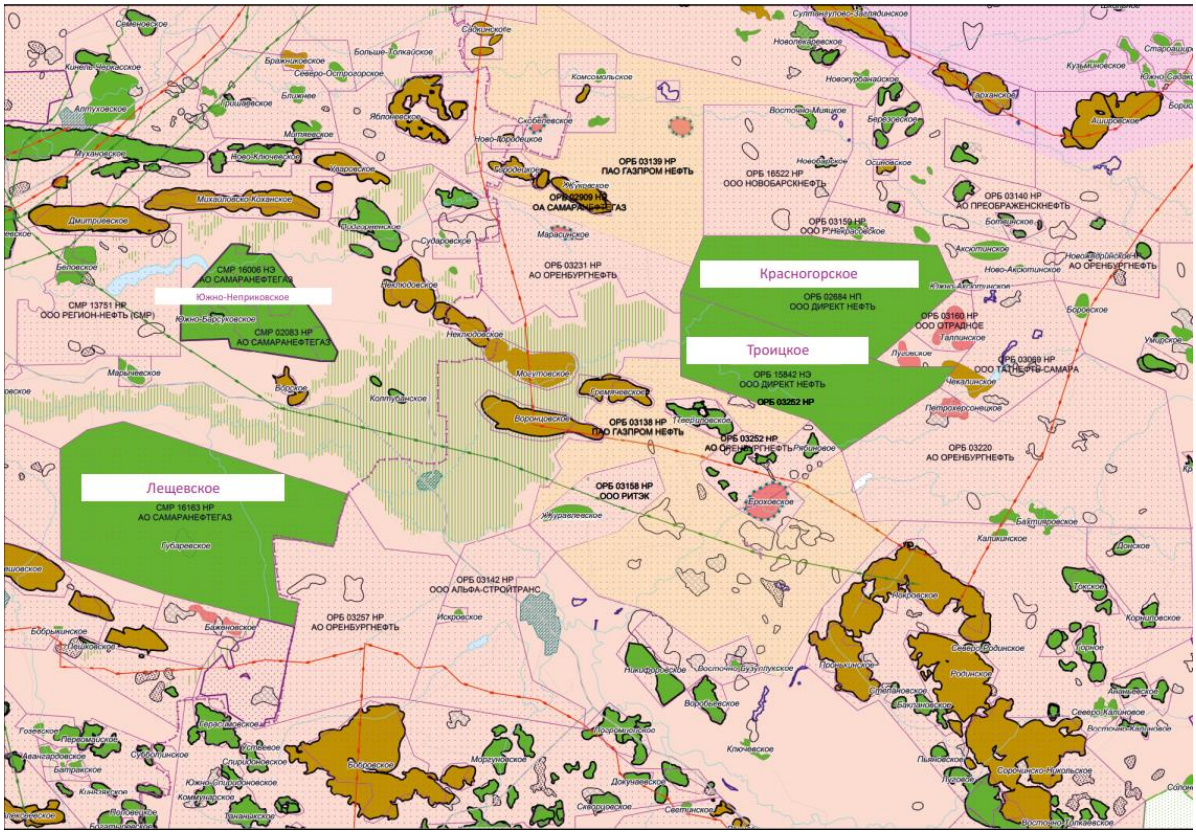


Рис.1. Схема расположения месторождений и залежей нефти в отложениях доманикового типа (Бузулукская впадина), открытых в Оренбургской и Самарской областях в 2017-2019 гг. (Варламов А.И. и др., 2020).

Понятие Доманиковая высокоуглеродистая формация

Отложения доманикового (семилукского) горизонта и вышележащие высокоуглеродистые отложения до момента появления карбонатных построек или мощных глинистых отложений, распространенных в Волго-Уральской и Тимано-Печорской нефтегазоносных провинциях, объединяются в единую глинисто-кремнисто-карбонатную высокоуглеродистую формацию (D_3fr_2-C_1t), которую предлагается называть Доманиковой высокоуглеродистой формацией (ДВУФ).

Стратиграфические уровни распространения ДВУФ зависят от тектонического элемента, к которому относится изучаемый разрез: наименьший интервал занимают «сводовые» разрезы – собственно доманиковый(семилукский) горизонт; наибольший – осевые зоны Камско-Кинельской системы впадин – от среднефранского подъяруса по турнейский ярус; остальные разрезы имеют промежуточную стратиграфическую принадлежность. На рисунке 2 приведены палеофациальные реконструкции, выполненные Писаренко Ю.А. в 2014 г. На этих реконструкциях видна система палеовпадин, которая начала формироваться в семилукское (доманиковое) время, имела наиболее широкое распространение и закончила свое существование в турнейское время – палеовпадины существовали только в осевых зонах.

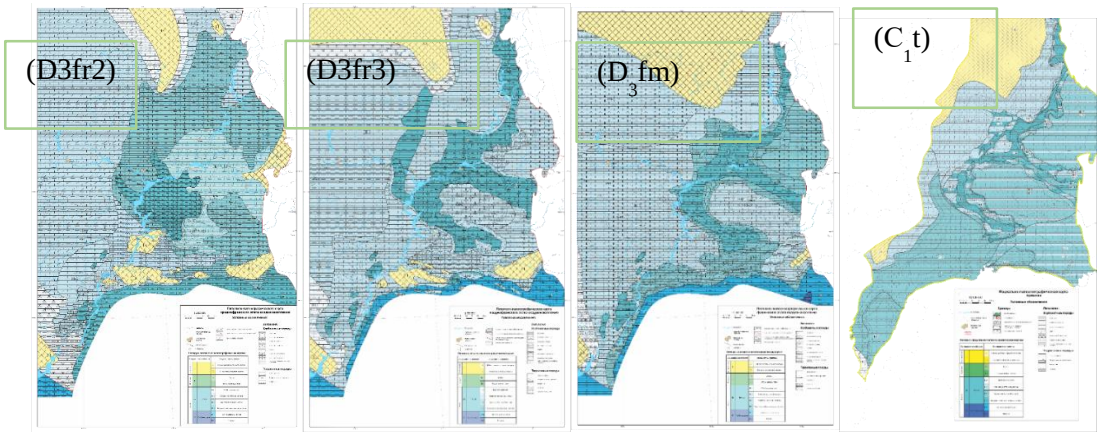


Рис.2. Палеофациальные реконструкции Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна на различные стратиграфические уровни (Писаренко Ю.А. 2014).

Возраст отложений с высокой степенью детальности определяется по комплексам конодонтов. Этот метод датирования отложений позволила существенно уточнить границы саргаевского, доманикового, мендымского, аскынского и макаровского горизонтов в конкретных разрезах, что повысило надежность их корреляции. На рисунке 3 приведен разрез скважины Мухано-Ероховского прогиба.

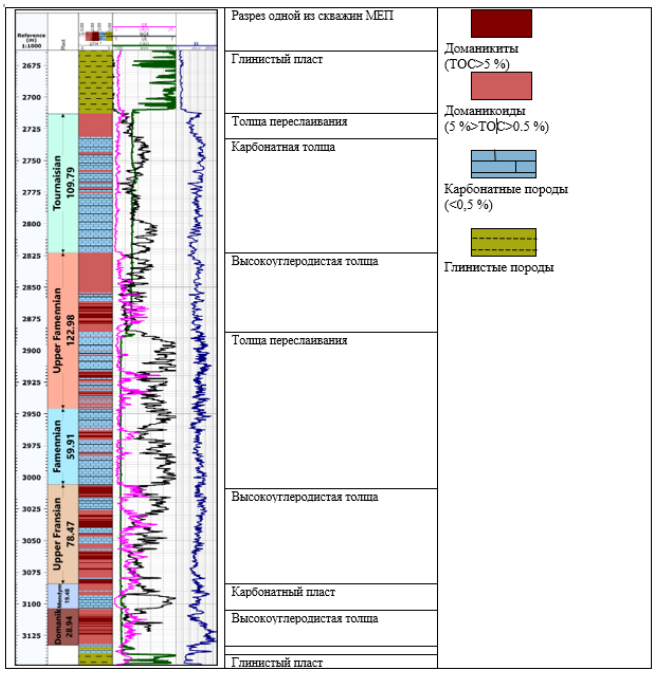


Рис.3. Обобщенное строение разреза ДВУФ в осевой зоне ККСВ.

По минерально-компонентному составу породы ДВУФ представлены в основном суммой карбонатных минералов, причем их содержание обратно пропорционально содержанию кремнистой составляющей; глинистыми минералами, содержание которых обычно не превышает 10 %; органическим веществом (ОВ), массовое содержание которого изменяется в пределах всего интервала от 0 до 35 % и зависит от условий осадконакопления и его (вещества) сохранности в процессе диа- и катагенеза.

Камско-Кинельская система впадин

Камско-Кинельская система впадин состоит из сравнительно узких, сообщающихся между собой проливов, расположенных между массивами карбонатных платформ. Для нее характерно развитие барьерных рифов на бортах впадин, более или менее симметрично наращивавшихся в направлении их осевых зон в течение позднего девона и турнейского века раннего карбона, а также многочисленных изолированных атоллов и пинаклов посреди областей углубленных впадин.

Практически с самого обнаружения (50-60-е годы XX века (Кожанов, Большакова, 2023)) этой системы извилистых подводных каналов их происхождение остается объектом научных дискуссий. В этой статье авторы не пытались дать совершенно новую версию возникновения Камско-Кинельской

системы, но сделали попытку интеграции и взаимной увязки ранее сформулированных гипотез, с учетом общих закономерностей развития платформенных областей и принципиально важных событий предшествовавших этапов развития платформы, регионального и глобального контекста и результатов собственных исследований.

Явную связь с рифтогенными структурами предыдущих этапов развития исследуемых территорий имеют другие позднедевонские системы некомпенсированных впадин (Гарецкий и др., 1990) предуральской окраины Балтики, тогда – части палеоконтинента Лавруссии: Печорская, заливы которой наложены на палеорифты Печорской плиты и структуры Южного Тимана, Камско-Вятская, значительной частью своей совпадающий с южной половиной Казанско-Кажимского авлакогена, и Уметовско-Линевский прогиб, приуроченный к области Доно-Медведицкого авлакогена (рис. 4). Эти палеорифты разных возрастов (Печоро-Колвинский авлакоген – раннеордовикский (Тимано-Печорский …, 2000), Кировско-Кажимский, Доно-Медведицкий – рифейские (Валеев, 1978)) были регенерированы в живетском – начале франского веков (Эллерн, 1976; Фокин, Никишин, 1999).

В меньшей степени девонская регенерация затронула рифейские Камско-Бельский и Серноводско-Абдулинский авлакогены, с разломной структурой которых связана целая сеть живетско-раннефранских микрограбенов, преимущественно северо-восточного простирания (Ваксман, 1989). Многими авторами отмечалась дискордантность впадин Камско-Кинельской системы структурам живетско-раннефранского этапа и невыраженность их в рельефе основания чехла, при определенном сходстве в очертаниях каналов с рифейскими авлакогенами (Ваксман, 1989; Гарецкий и др., 1990; Шиляев, 1991 и др.) (рис. 4).

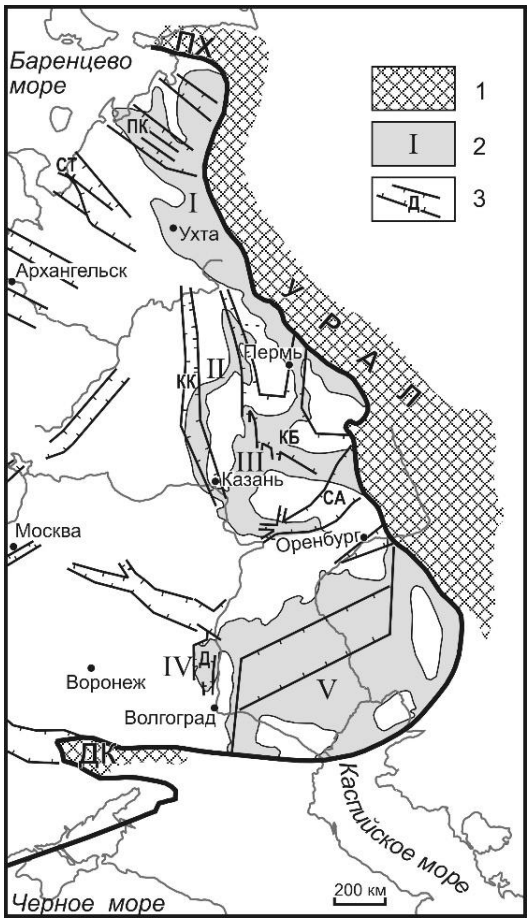


Рис. 4. Авлакогены и позднедевонско-раннекаменноугольные некомпенсированные впадины восточной окраины Восточно-Европейской платформы и Тимано-Печорской области (По: Fokin et al., 1999, с изменениями).
Условные обозначения: 1 – складчатые области: ДК – Донецкий кряж, ПХ – Пай-Хой; 2 – некомпенсированные впадины: I – Печорская, II – Камско-Вятская, III – Камско-Кинельская, IV – Уметовско-Линевская, V – Прикаспийская; 3 – авлакогены: Д – Доно-Медведицкий, КБ – Камско-Бельский, КК – Казанско-Кажимский; ПК – Печоро-Колвинский, СА – Серноводско-Абдулинский, СТ – Северо-Тиманский.

Причины подобия в очертаниях сети позднепротерозойских авлакогенов и Камско-Кинельской системы впадин могут заключаться в том, что еще в рифее континентальная литосфера под грабенообразными структурами была несколько утончена. Живетско-раннефранская частичная регенерация структур растяжения «расшатала» разломную структуру фундамента и в среднем фране, при переходе к пострифтовому погружению, эти участки земной поверхности испытывали чуть более активное погружение, чем смежные области, подобно осевым частям синеклиз (Шатский, 1946; Милановский, 1987; Хаин, Ломизе, 1995).

В саргаевское время рифтинг прекратился, и восточная окраина платформы перешла в режим пострифтового погружения, характеризующегося низкими вертикальными скоростями, слабой дифференцированностью и широкой площадью охвата (McKenzie, 1978). Остаточное, сравнительно более быстрое погружение сконцентрировалось в крупных рифтовых структурах восточной окраины Восточно-Европейской платформы и Тимано-Печорской области: в Северо-Тиманском, Казанско-Кажимском и Доно-Медведицком палеорифтах (Фокин, Никишин, 1999). Саргаевская трансгрессия, самая масштабная в девоне (Родионова и др., 1995), отодвинула береговую линию и источники сноса терригенного материала далеко от внутренних районов Волго-Уральской области, в результате чего они стали областью медленного, преимущественно карбонатного осадконакопления в мелководном бассейне нормальной солености. Расположение локальных впадин, Уметовско-Линевской и Казанско-Кажимской, в пределах этой мелководной области препятствовало нормальной циркуляции вод, и в них уже в саргаевское время возникали анаэробные обстановки и накапливались осадки, обогащенные органическим веществом.

Масштаб распространения анаэробных обстановок на шельфе Уральского океана резко вырос в семилукское время. Почти вся территория Волго-Уральской области и значительная площадь Тимано-Печорской области превратилась в так называемую «доманиковую впадину» (Алиев и др., 1976; Гарецкий и др., 1990), в которой накапливались «доманикоидные» отложения: кероген-содержащие глинисто- и кремнисто-карбонатные осадки небольшой, слабоизменчивой (до 10-15 м, редко более) мощности. В ее пределах существовали только немногочисленные поднятия и рифогенные постройки, развивавшиеся еще с саргаевского времени (Алиев, 1976). В раннесемилукское время нарушения кислородного режима придонных вод периодически распространялись и на центральную часть Московской синеклизы, что привело к накоплению темноцветных, с повышенным содержанием органического вещества известняков «рудкинских слоев» (Родионова и др., 1995).

Похожие кислород-дефицитные обстановки не только в глубоководных, но и в шельфовых и эпикратонных девонских бассейнах имели место и сформировали черносланцевые толщи и на другом конце Лавруссии – в бассейнах Северо-Американской платформы (Blakey, Ranney, 2018), а также других регионах мира. Причины аноксических явлений в мелководных бассейнах среднего и позднего девона в глобальном масштабе пока неясны, и вокруг них ведутся жаркие научные дебаты. Распространена версия, что причиной могла стать активизация поступления в морские бассейны биофильных элементов, в первую очередь фосфора, в результате экспансии на континентах наземных растений в среднем-позднем девоне и широкого распространения лесов (Elrick et al., 2022; Smart et al., 2022). Тем не менее, на той же Восточно-Европейской платформе появление морских каустобиолитов хорошо совпадает с пиками региональных и глобальных трансгрессий и на других стратиграфических уровнях: в среднем ордовике накопились кукерситы и их аналоги в Прибалтике и в Московской синеклизе, а в поздней юре – горючие сланцы Саратовского Поволжья (Милановский, 1987). В любом случае, возникновение расслоенности в водной толще характерно для бассейнов с низкой интенсивностью гидродинамики в областях экваториального или тропического климата.

На регрессивной стадии семилукского времени начала намечаться дифференциация доманиковой впадины по скорости осадконакопления, с оформлением и началом разрастания в ее пределах областей мелководного шельфа, с компенсированным карбонатным осадконакоплением, приуроченным главным образом к областям архейского фундамента между авлакогенами.

Падение уровня моря на рубеже среднего и позднего франа, смена стрессового режима на сжатие СЗ ориентировки, с инверсией некоторых авлакогенов (северная часть Казанско-Кажимского) и микрограбенов (Ваксман, 1989; Фокин, Никишин, 1999), привели к существенной палеогеографической перестройке субрегиона. Главным ее выражением стало отчетливое оформление изолированных карбонатных платформ с компенсированным осадконакоплением и между ними – плоскодонных ложбин с накоплением депрессионных темноцветных, кремнисто-карбонатных осадков. Продолжение впадин Камско-Кинельской системы угадывается по перемежаемости областей с депрессионными и мелководными, карбонатными разрезами верхнего девона на Западном Урале (Гарецкий и др., 1990; Чувашов, 1968; Чувашов, 2000), вероятно, выходя к кромке палеошельфа.

В дальнейшем вплоть до турнейского века клиноформными комплексами наращивалась площадь мелководных платформ за счет сужения впадин системы, а постепенное погружение территории вело к наращиванию мощности отложений мелководных карбонатных платформ и пассивное углубление депрессий. В течение этого времени в развитии шельфовых впадин основную роль играли седиментационные процессы. Из абиотических процессов наиболее важными можно назвать деятельность волн, в первую очередь штормовых, и течения.

Штормовая деятельность в шельфовых и эпикратонных бассейнах в значительной мере обеспечивает перемешивание вод и поддержание кислородного баланса водной толщи. На пике семилукской трансгрессии глубина моря в центральной части Московской синеклизы оценивается как максимум в 50-70 м (Родионова, Умнова, 1995), что может быть сопоставимо с базисом штормовых волн в открытых морских бассейнах, если в закрытом Балтийском море современный базис достигает 20-30 м (Захаров, 2016). В пределах зародившейся «доманиковой впадины» глубины могли быть сопоставимыми, а локально – над рифейскими авлакогенами, незадолго до того регенерированными, возможно и более, достигая 100 м. Поднятия дна, возвышающиеся над базисом штормовых волн, создавали наиболее благоприятные условия для обитания донной фауны – наиболее эффективного производителя карбонатных осадков в мелководных условиях. На поднятиях же нарушения кислородного баланса были менее значительными и менее продолжительными, чем в более глубоководных областях, где осадки должны были быть менее мощные и тонкослойчатые, менее карбонатные, с меньшим содержанием или без остатков бентосной фауны in situ и, вероятно, богаче керогеном. Следами деятельности штормов на возвышенностях дна могут быть поверхности микроразмывов и прослои проксимальных темпеститов (рис. 5а). В более глубоких частях со штормами могут быть связаны прослойки дистальных темпеститов (рис. 5б).

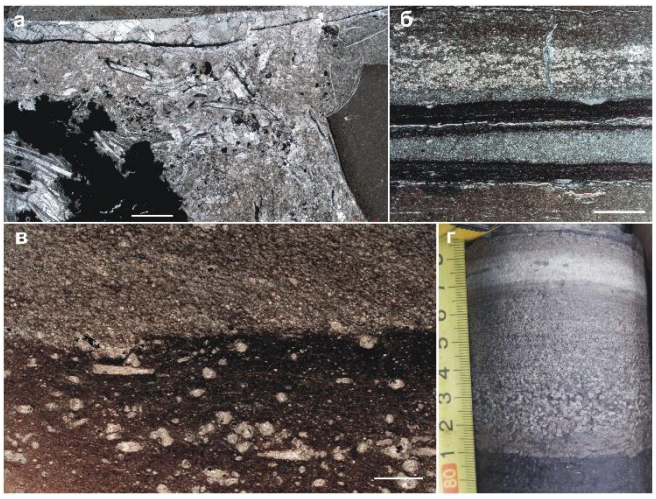
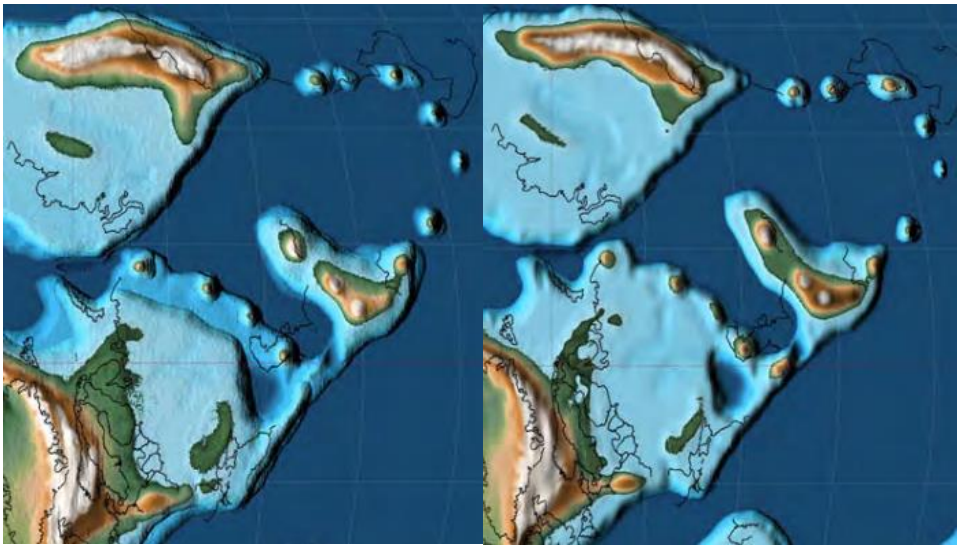


Рис. 5. Следы гидродинамических процессов:
а – проксимальный темпестит: биокластово-интракластовый флоатстоун, с неравномерно окатанными и угловатыми обломками раковин. Южно-Татарский свод, мендымский горизонт;
б – прослойка дистального темпестита (вверху) – шламово-мелкобиокластовый грейнстоун, с резкой подошвой, более крупными биокластами в основании. Актаныш-Чишминская впадина, доманиковый горизонт;
в – отложения продольных течений (вверху): косослойчатый спикулит, с резкой подошвой. Актаныш-Чишминская впадина, доманиковый горизонт;
г – единичная прослойка кальцитурбидитов: градационно-слоистый известняк, массивный (рудстоун – грейнстоун) внизу, тонкослойчатый (грейнстойн – пакстоун) вверху. Актаныш-Чишминская впадина, доманиковый горизонт.

Течения на шельфе океанов могут иметь различное происхождение, но для Волго-Уральской окраины Уральского палео-океана большое значение могли иметь выходы на шельф океанских течений. К такому предположению подводят палинспастические реконструкции для позднего девона (Scotese, 1990; Golonka, 2007; PALEOMAP, 2016). На них Волго-Уральский шельф располагается в низких широтах (рис. 6), косо с наветренной стороны к пассатным ветрам с северо-востока и востока и создаваемым ими поверхностным, теплым течениям (рис. 7). Выходя на мелководье, течения испытывали торможение из-за трения о дно и стремились к концентрации в более глубоких участках. Там они могли захватывать только верхнюю часть водной толщи при наличии стратификации или всю – при ее отсутствии. Для поселения бентосных организмов-фильтраторов – продуцентов карбоната – наиболее выгодно будет поселение именно в области градиента скоростей. Таким образом, эти течения будут способствовать дифференциации областей мелководного и сравнительно глубокого

шельфа и поддерживать существование каналов их перемещения. Эти же течения с поверхностными, насыщенными кислородом водами будут приносить на шельф планктон пелагиали, в том числе радиолярии. При нарушении циркуляции течений на шельфе – сезонных или эпизодических – прогрев поверхностных вод, по аналогии с современными процессами, может сначала приводить к всплескам биологической активности, а затем – к массовым заморам биоты, подобным «красным приливам». Поступление большого количества органики на дно, как и поверхностный прогрев, будет способствовать стратификации водной толщи и дефициту кислорода в ее придонном слое.



D2g 388.2 млн лет D3f 379.9 млн лет

Рис.6. Палеореконструкции территории исследований на живетский и франский века (Scotese, 2016).

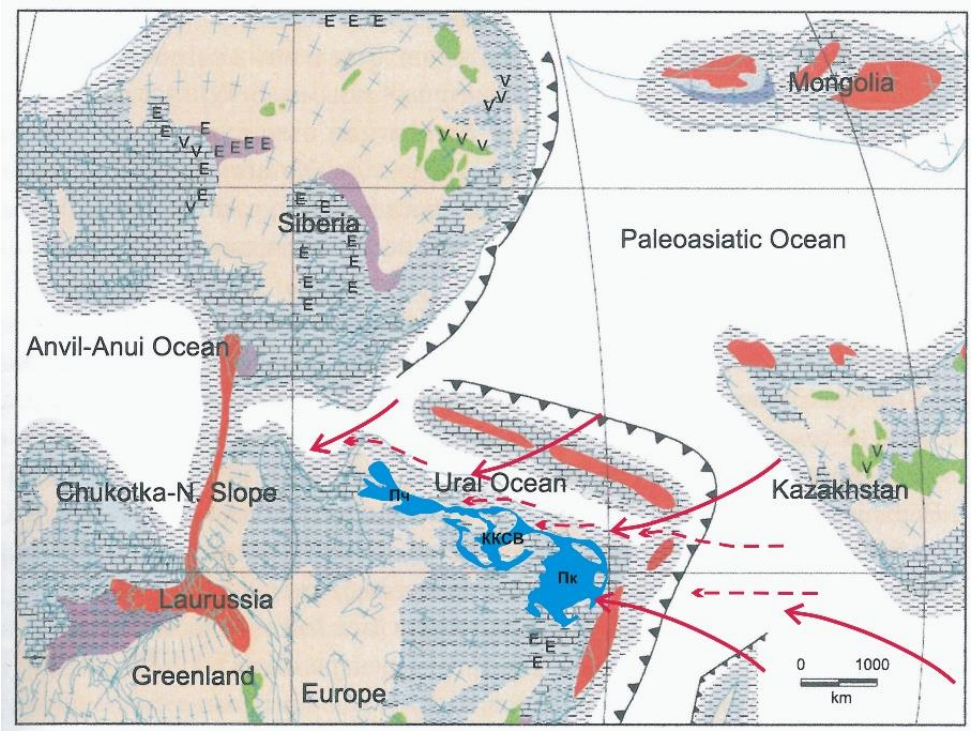


Рис. 7. Ориентировка пассатных ветров (красные сплошные стрелки) и теплых пассатных течений (пунктирные стрелки) вдоль Волго-Уральской окраины Восточно-Европейской платформы в позднем девоне.

На основе карты палео-обстановок и основных литофаций для позднего девона (Golonka, 2007) отображено положение и подписаны: ККСВ – Камско-Кинельская система впадин, Пк – Прикаспийская впадина, Пч – Печорская впадина.

Возможно возникновение продольных течений во впадинах Камско-Кинельской системы и другого генезиса: в результате штормового или сейшевого (в области низкого атмосферного давления) нагона и компенсационных течений, участие приливно-отливных течений, однако их различение будет неубедительным без определения направлений переноса и его интенсивности. Если продольные течения касались дна, признаками их отложений могут быть ориентированные палеонтологические остатки (например, стилиолин и тентакулитов), зернистые, в первую очередь биогенные осадки (радиоляриты, спикулиты), образующие знаки ряби течения разного масштаба или с косой слойчатостью (рис. 5в). Важной особенностью таких отложений может быть отсутствие или незначительность следов смешивания биогенного материала из разных глубинных зон бассейна.

Течения вкрест простирания проливов носили эпизодический характер и могли быть связаны с деятельностью штормов и/или гравитационных процессов. К ним будут относиться отложения мутьевых потоков, в первую очередь кальцитурбидитов, реже – зерновых и обломочных потоков, а в условиях крутых подводных склонов и значительного падения уровня моря могут появляться образования оползней, обвалов и аллювиальных дельт гилбертова типа. Важными признаками подобных отложений могут быть брекчиевые структуры пород, смешанные в породе частицы из разных глубинных зон бассейна – т. н. «аллодапные известняки» и характерные текстурные признаки кальцитурбидитов (рис. 5г) – признаки циклов Мейшнера (Meischner, 1964; Flügel, 2004). Эти отложения, вместе с биогенными и биохемогенными осадками, формировали клиноформное заполнение каналов системы.

Выводы

Тектонический фактор имел меньшее значение при формировании Камско-Кинельской системы впадин, по сравнению с Печорской и Камско-Вятской системами. Раннефранский рифтогенез подновил разломную структуру рифейских авлакогенов Восточно-Европейской платформы (ВЕП), что определило положение шельфовых впадин на стадии пострифтового погружения территории. Основную роль в формировании и дальнейшего развития Камско-Кинельской системы играли климатический фактор и седиментационные процессы.

Не вполне ясное, но, вероятно, важное значение в зарождении «доманиковой впадины» как начальной формы Камско-Кинельской системы имело широкое распространение аноксии в шельфовых и эпикратонных бассейнах низких широт Лавруссии и других регионов мира.

Важную роль в образовании и развитии системы играл доступ на шельф Уральского палеоокеана океанических пассатных течений, основной путь перемещения которых проходил по понижениям рельефа дна. Нарушение циркуляции продольных течений в условиях жаркого климата приводило к установлению термической стратификации вод с дальнейшим нарушением аэрации придонных вод.

Штормовая деятельность способствовала аэрации поверхностного слоя вод и, перераспределяя осадочный материал областей мелководных карбонатных платформ, участвовала в формировании клиноформных тел заполнения впадин. В заполнении шельфовых впадин участвовали также мутьевые потоки и гравитационные процессы, и их роль возрастала на стадиях падения уровня моря.

Литература

1. Алиев М.М., Батанова Г.П., Хачатрян Г.Р. и др. Девонские отложения Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. М.: Недра, 1976. – 216 с.

2. Беляева Н.В., Сташкова Э.К. Модель седиментации франско-турнейских отложений Калининской впадины в системе Камско-Кинельских прогибов. Екатеринбург, 1999. – 123 с.

3. Ваксман С.И. Формирование линейных мобильных зон в осадочном чехле Волго-Уральской провинции. // Геология нефти и газа. 1989. № 9. с. 15-18.

4. Валеев Р.Н. Авлакогены Восточно-Европейской Платформы. М.: Недра, 1978. – 151 с.

5. Варламов А.И., Мельников П.Н., Пороскун В.И., Фортунатова Н.К., Петерсилье В.И., Иутина М.М., Дахнова М.В., Виценовский М.Ю., Канев А.С., Соболева Е.Н., Шаломеенко А.В. Результаты изучения и перспективы освоения нетрадиционных залежей нефти в высокоуглеродистых карбонатно-кремнистых отложениях доманиковой формации Волго-Уральской провинции // Геология нефти и газа. – 2020. – № 6. – С. 33-52. DOI: 10.31087/0016-7894-2020-6-33-52.

6. Гарецкий Р.Г., Кирюхин Л.Г., Капустин И.Н., Конищев В.С. Некомпенсированные прогибы Восточно-Европейской платформы. Минск: Наука и техника. 1990. – 102 с.

7. Захаров В.А. Глубины бассейнов и подходы к их реконструкции /Палеонтология, стратиграфия и астробиология. К 80-летию академика А.Ю. Розанова. М.: ПИН РАН, 2016. с. 208-228.

8. Кожанов Д.Д., Большакова М.А. Краткая история исследования нефтегазоносности Волго-Уральского бассейна. Взгляд из XXI века // Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология. 2023, № 5. с. 117-128.

9. Кольчугин А.Н., Сафаров А.Ф., Валидов М.Ф., Калимуллин А.М., Ганиев Б.Г., Лутфуллин А.А., Шуматбаев К.Д., Хабипов Р.М., Хайдарова А.И., Королев Э.А., Хаюзкин А.С. Модель формирования позд-

нефаменско-турнейских отложений в пределах осевой и бортовой зон Сарайлинского прогиба (Республика Татарстан). Георесурсы. 2025;27(1):208-220. https://doi.org/10.18599/grs.2025.1.24

10. Милановский Е.Е. Геология СССР. Ч. 1. М.: Изд-во МГУ. 1987. – 416 с.

11. Родионова Г.Д., Умнова В.Т., Кононова Л.И., Овнатанова Н.С., Ржонсницкая М.А., Федорова Т.И. Девон Воронежской антеклизы и Московской синеклизы. М.: Наука, 1995. – 265 с.

12. Тимано-Печорский седиментационный бассейн. Атлас геологических карт. Ред.: Богацкий В.И., Ларионова З.В. Ухта: Изд-во ТП НИЦ, 2000. – 122 с., 65 л.

13. Фокин П.А., Никишин А.М. Тектоническое развитие Восточно-Европейской платформы в девоне – начале карбона //Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология. 1999, № 6. с. 9-20.

14. Чувашов Б.И. Палеозойские карбонатные платформы Уральского подвижного пояса и его обрамления (позднедевонские и раннекаменноугольные карбонатные платформы) в кн.: Осадочные бассейны Урала и прилегающих регионов: закономерности строения и минерагения. Екатеринбург, 2000, с. 68-87.

15. Хаин В.Е., Ломизе Г. Геотектоника с основами геодинамики: учебник. М.: Изд-во МГУ. 1995. – 480 с.

16. Чувашов Б.И. История развития и биономическая характеристика позднедевонского бассейна на западном склоне Среднего и Южного Урала. М.: Наука, 1968. – 132 с.

17. Чувашов Б.И. Палеозойские карбонатные платформы Уральского подвижного пояса и его обрамления (позднедевонские и раннекаменноугольные карбонатные платформы) / В: Осадочные бассейны Урала и прилегающих регионов: закономерности строения и минерагения. Екатеринбург, 2000, с. 68-87.

18. Шатский Н.С. Основные черты строения и развития Восточно-Европейской платформы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1946, № 1.

19. Шиляев С.А. К вопросу о генезисе Камско-Кинельской системы прогибов. – В кн.: Геология и освоение ресурсов нефти в Камско-Кинельской системе прогибов. М.: Наука, 1991. с. 124-128.

20. Эллерн С.С. Некомпенсированные прогибы древних платформ – специфические структуры переходной стадии. – В кн.: Некомпенсированные структуры древних платформ и их нефтегазоносность. Казань, 1976. с. 3-26.

21. Blakey R.C., Ranney W.D. Ancient landscapes of Western North America. Springer, Cham. 2018. – 228p.

22. Elrick M., Gilleaudeau J., Romaniello S.J., Algeo T.J., Morford J.L., Sabbatino M., Goepfert T.J., Cleal C., Cascales-Minana B., Chernyavskiy P. Major Early-Middle Devonian oceanic oxygenation linked to early land plant evolution detected using hogh-resolution U isotopes of marine limestones. Earth and Planetary Science Letters, Elsevier, 2022, 581. 10.1016.j.epsl.2022.117410. hal-03781208

23. Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. Springer-Verlag. Berlin. 2004. 633 p.

24. Fokin P.A., Nikishin A.M., Ziegler P.A. Peri-Uralian and Peri-Palaeo-Tethyan rift systems of the East-European Craton. In: P.A. Ziegler, W. Cavazza, A.H.F. Robertson & S. Crasquin-Soleau (eds), Peri-Tethys Memoir 6 (2001): Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins. Mem. Mus. natn. Hist. Nat., Paris. Vol. 186. p. 347-368.

25. Golonka J. Phanerozoic Paleoenvironment and Paleolithofacies Maps. Late Paleozoic //Geologia, 2007, vol. 33, Zeszyt 2, p. 145-209.

26. McKenzie D. Some remarks on the development of sedimentary basins // Earth and Planetary Sciences letters, 1978, vol. 40. p. 25-32.

27. Meischner, K.-D. Allodapische Kalke. Turbidite in riffnahen Sedimentationsbecken. – In: Bouma, A.H., Brouwer, A. (eds.): Turbidites. Developments in Sedimentology, 1964, vol. 3, 156-191.

28. PALEOMAP PaleoAtlas for GPlates and the PaleoData Plotter Program

http://www.earthbyte.org/paleomap-paleoatlas-for-gplates/ by Christopher R. Scotese, PALEOMAP-Project February 16, 2016.

29. Scotese C.R., McKerrow W.S. Revised world maps and introduction. In: McKerrow W.S. and Scotese C.R. (eds.) Palaeozoic palaeogeography and biogeography. Geological Society of London. Memoirs, 1990, vol. 12. p. 1-21.

30. Smart M., Filippelli G., Gilhooly W.P., Marshall J.E.A., Whiteside J. Enhanced terrestrial nutrient release during the Devonian emergence and expansion of forests: evidence from lacustrine phosphorus and geochemical records. Geological Society of America Bull. 2022, http://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/articlepdf/doi/10/1130/B36384.1/5735864/b36384/pdf

Сведения об авторах

Фокин Павел Анатольевич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры региональной геологии и истории Земли геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

e-mail: fokinpav@rambler.ru

Калмыков Георгий Александрович – доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой нефтегазовой седиментологии и морской геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

e-mail: g.kalmykov@oilmsu.ru

References

1. Aliyev M.M., Batanova G.P., Khachatryan G.R. et al. Devonian deposits of the Volga-Ural oil and gas province. M.: Nedra, 1976. – 216 p.

2. Belyaeva N.V., Stashkova E.K. Sedimentation model of the Frasnian-Tournaisian deposits of the Kalinin Depression in the system of the Kamsko-Kinelsky troughs. Yekaterinburg, 1999. – 123 p.

3. Vaksman S.I. Formation of linear mobile zones in the sedimentary cover of the Volga-Ural province. //Geology of oil and gas. 1989. № 9. from. 15–18.

4. Valeev R.N. Avlakogenes of the East European Platform. M.: Nedra, 1978. – 151 p.

5. Varlamov A.I., Melnikov P.N., Poroskun V.I., Fortunatova N.K., Petersilye V.I., Iutina M.M., Dakhnova M.V., Vitsenovsky M.Yu., Kanev A.S., Soboleva EN., Shalov A.V. Omeenko. Results of Study and Prospects of Development of Unconventional Oil Deposits in High-Carbon Carbonate-Siliceous Deposits of Domanik Formation of Volga-Ural Province//Geology of Oil and Gas. – 2020. – № 6. – pp. 33-52. DOI: 10.31087/0016-7894-2020-6-33-52.

6. Garetsky R.G., Kiryukhin L.G., Kapustin I.N., Konischev V.S. Uncompensated deflections of the East European platform. Minsk: Science and Technology. 1990. – 102 p.

7. Zakharov V.A. Depths of basins and approaches to their reconstruction/Paleontology, stratigraphy and astrobiology. To the 80th anniversary of academician A.Yu. Rozanov. M.: PIN RAS, 2016. p. 208-228.

8. Kozhanov D.D., Bolshakova M.A. A brief history of the study of the oil and gas potential of the Volga-Ural basin. A look from the XXI century//Bulletin of Moscow. University. Series 4. Geology. 2023, № 5. from. 117-128.

9. Kolchugin A.N., Safarov A.F., Validov M.F., Kalimullin A.M., Ganiev B.G., Lutfullin A.A., Shumatbaev K.D., Khabipov R.M., Khaidarova A.I., Korolev E.A., Khayuzkin A.S. Late Famennian-Tournaisian formation model within the axial and lateral zones of the Saraylinsky trough (Republic of Tatarstan). Geo-resources. 2025;27(1):208-220. https://doi.org/10.18599/grs.2025.1.24

10. Milanovsky E.E. Geology of the USSR. PART 1. M.: Publishing House of Moscow State University. 1987. – 416 p.

11. Rodionova G.D., Umnova V.T., Kononova L.I., Ovnatanova N.S., Rzhonsnitskaya M.A., Fedorova T.I. Devon Voronezh anteclise and Moscow syneclise. M.: Science, 1995. – 265 p.

12. Timan-Pechora sedimentation basin. Atlas of geological maps. Ed.: Bogatsky V.I., Larionova Z.V. Ukhta: Publishing House of TP SIC, 2000. – 122 p., 65l.

13. Fokin P.A., Nikishin A.M. Tectonic development of the East European platform in the Devonian – early Carboniferous//Vestnik Mosk. University. Series 4. Geology. 1999, № 6. from. 9-20.

14. Chuvashov B.I. Paleozoic carbonate platforms of the Ural mobile belt and its framing (late Devonian and early Carboniferous carbonate platforms) in the book: Sedimentary basins of the Urals and adjacent regions: structural patterns and mineralogy. Yekaterinburg, 2000, p. 68-87.

15. Khain V.E., Lomize G. Geotectonics with the basics of geodynamics: textbook. M.: Publishing House of Moscow State University. 1995. – 480 p.

16. Chuvashov B.I. Development history and bionomic characteristics of the late Devonian basin on the western slope of the Middle and Southern Urals. M.: Science, 1968. – 132 p.

17. Chuvashov B.I. Paleozoic carbonate platforms of the Ural movable belt and its borders (late Devonian and early Carboniferous carbonate platforms)/B: Sedimentary basins of the Urals and adjacent regions: structural patterns and mineralogy. Yekaterinburg, 2000, p. 68-87.

18. Shatsky N.S. The main features of the structure and development of the East European platform//Rev. USSR ACADEMY OF SCIENCES. Ser. geol. 1946, № 1.

19. Shilyaev S.A. On the question of the genesis of the Kama-Kinel deflection system. – Book: Geology and Development of Oil Resources in the Kama-Kinel Trough System. M.: Science, 1991. from. 124-128.

20. Ellern S.S. Uncompensated deflections of ancient platforms – specific structures of the transitional stage. – In the book: Uncompensated structures of ancient platforms and their oil and gas content. Kazan, 1976. from. 3-26.

About the Authors

Pavel A. Fokin – PhD in Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Regional Geology and History of the Earth, Faculty of Geology, Moscow State University named after M.V. Lomonosov

e-mail: fokinpav@rambler.ru

Georgy A. Kalmykov – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the Department of Oil and Gas Sedimentology and Marine Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University

e-mail: g.kalmykov@oilmsu.ru

Статья поступила в редакцию 30.03.2026
Принята к публикации 13.04.26;
Опубликована 30.04.2026