

Геологические предпосылки поиска пород с повышенными коллекторскими свойствами в отложениях доманикового типа на территории Республики Татарстан

В.П. Морозов^{1*}, А.С. Хаюшкин¹, Э.А. Королев¹, А.Н. Кольчугин¹, А.Н. Мухамедьярова¹, Е.В. Морозова¹, А.А. Ескин¹, Н.А. Назимов², Ф.М. Газеева³, Н.С. Захарова¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

²ПАО «Татнефть», Альметьевск, Россия

³Институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть», Бузуйма, Россия

Отложения доманикового типа широко распространены на территории Татарстана и за его пределами. Они образованы нефтегазоматеринскими породами (черными сланцами), частично отдавшими углеводородную составляющую. Однако в силу высокого содержания в них углеводородов они рассматриваются в качестве потенциальных нетрадиционных пород-коллекторов, которые могут быть промышленно значимы. Основываясь на российском и зарубежном опыте разработки подобных образований, во многом перспективы их освоения связывают с поиском среди них пластов с повышенными коллекторскими свойствами и миграционно способной нефтью.

В работе проведен анализ стратиграфической распространенности отложений доманикового типа в Камско-Кинельской системе прогибов и за ее пределами. Показано, что такие отложения в прогибах могут достигать мощности в 300 м и охватывать стратиграфический диапазон от семилукского горизонта франского яруса до турнейского яруса. Тогда как вне прогибов стратиграфический интервал их распространенности сужается до семилукского горизонта, что обусловлено высокой расчлененностью дна бассейна осадконакопления в позднефранско-турнейском веках вследствие развития на востоке Русской плиты Камско-Кинельской системы прогибов.

Результаты собственных исследований показывают, что среди отложений доманикового типа наиболее распространены карбонатные и карбонатно-кремнистые, обогащенные органическим веществом, породы. Среди них постоянно встречаются карбонатные брекчии и меньше вторичные доломиты. В двух последних типах пород обнаруживаются повышенные значения пористости, проницаемости и более легкий состав вмещаемых углеводородов. На основании авторских исследований и проведенного литературного обзора доказываем, что максимальное развитие карбонатных брекчий и вторичных доломитов следует ожидать в бортах (на склонах) Камско-Кинельской системы прогибов. Предполагается, что их следует рассматривать в качестве наиболее перспективных объектов для поиска промышленно значимой нефтеносности в отложениях доманикового типа.

Ключевые слова: доманик, нефтематеринские породы, черные сланцы, сланцевая нефть, органическое вещество

Для цитирования: Морозов В.П., Хаюшкин А.С., Кольчугин А.Н., Мухамедьярова А.Н., Морозова Е.В., Ескин А.А., Назимов Н.А., Газеева Ф.М., Захарова Н.С. (2022). Геологические предпосылки поиска пород с повышенными коллекторскими свойствами в отложениях доманикового типа на территории Республики Татарстан. *Георесурсы*, 24(4), с. 40–49. <https://doi.org/10.18599/grs.2022.4.3>

Введение

Отложения доманикового типа образованы преимущественно переслаивающимися карбонатными и глинисто-карбонатно-кремнистыми породами, обогащенными органическим веществом (Аширов и др., 1990; Страхов и др., 1960). Они широко распространены на территории Республики Татарстан и за ее пределами и рассматриваются в качестве нефтематеринских пород, частично реализовавших свой нефтегенерационный потенциал (Прищепа и др., 2017; Хисамов и др., 2016). В то же время, по мнению ряда исследователей, потенциал таких

отложений в качестве источника углеводородов еще не исчерпан (Галимов и др., 2015).

Такие образования обычно именуются черными сланцами, они рассматриваются как нетрадиционные породы-коллекторы углеводородов, которые при применении определенных технологий добычи могут разрабатываться. В России к такому типу отложений традиционно относятся толщи баженовской свиты Западной Сибири и доманиковые отложения Волго-Уральского региона. В некоторых зарубежных странах, например США, Китае, Бразилии, Конго, ведется их промышленная разработка (Allix et al., 2010; Jianhua Zhao et al., 2018). Основными факторами их промышленного освоения служат: высокое содержание органического вещества, наличие миграционно способных углеводородов, а также наличие слоев пород, обладающих повышенными коллекторскими свойствами. Среди зарубежных черных сланцев ими

* Ответственный автор: Владимир Петрович Морозов
e-mail: Vladimir.Morozov@kpfu.ru

© 2022 Коллектив авторов

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

являются песчаники и алевролиты, а среди баженигов – радиоляриты (Немова, 2021).

Целью работы является выявление мест развития среди отложений доманикового типа пород, отличающихся повышенными коллекторскими свойствами, а вмещаемые нефти которых являются эпигенетическими и отличаются от сингенетических битумоидов более низкой вязкостью и, соответственно, более легким составом вмещаемых углеводородов. Достижение сформулированной цели решалось путем обобщения публикаций по геологическому положению нефтегазоматеринских толщ, развитых на территории Татарстана и в сопредельных регионах, и собственных исследований по выявлению среди изученных отложений доманикового типа различных литотипов, отличающихся друг от друга по коллекторским свойствам и степени подвижности вмещаемого органического вещества. В работе также проведен анализ положения таких отложений в различных тектонических структурах и типизация их разрезов.

Объекты изучения и результаты собственных исследований

Авторами изучены отложения доманикового типа, развитые на территории Татарстана и за его пределами. Всего изучен керновый материал 24 скважин, положение которых показано на рисунке 1. Проведено макроскопическое описание кернового материала с выявлением основных литотипов, слагающих разрезы. В лабораторных исследованиях образцов использованы оптико-микроскопический анализ шлифов, рентгенографический анализ, электронная микроскопия, пиролизические исследования,

синхронный термический анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, SARA-анализ, методы определения пористости, проницаемости и нефте(битумо)насыщенности.

Согласно собственным исследованиям (Kolchugin et al., 2018; Khayuzkin et al., 2020; Ibrahim et al., 2022) и литературным данным (Фортунова и др., 2019; Ступакова и др., 2017), выявлено, что изученные разрезы отложений доманикового типа сложены тремя основными типами пород. Они выделены на основе изучения минерального состава пород, их структуры, текстуры и содержания органического вещества. При этом в каждом из трех основных литотипов могут обнаруживаться их разновидности, отличающиеся друг от друга структурными характеристиками, количественным минеральным составом, качеством и количеством органического вещества.

Благодаря применению современных методов исследования кернового материала, определено, что в разрезах преобладают два основных литотипа: карбонатные и карбонатно-кремнистые образования, обогащенные органическим веществом, что показано на рисунке 2. И те и другие сложены скрытозернистым материалом. Их мощности различны: от первых миллиметров до первых десятков сантиметров. Третий литотип, также отнесенный к числу основных – карбонатные брекчии – пользуется меньшим распространением, хотя обнаруживается во всех изученных скважинах вне зависимости от их тектонического положения.

Карбонатные породы обычно представлены известняками, которые по структуре обычно отвечают мадстоунам, реже вакстоунам (Dunham, 1962). Образуют плотные породы, окраска обычно белая, весьма редко они слабо

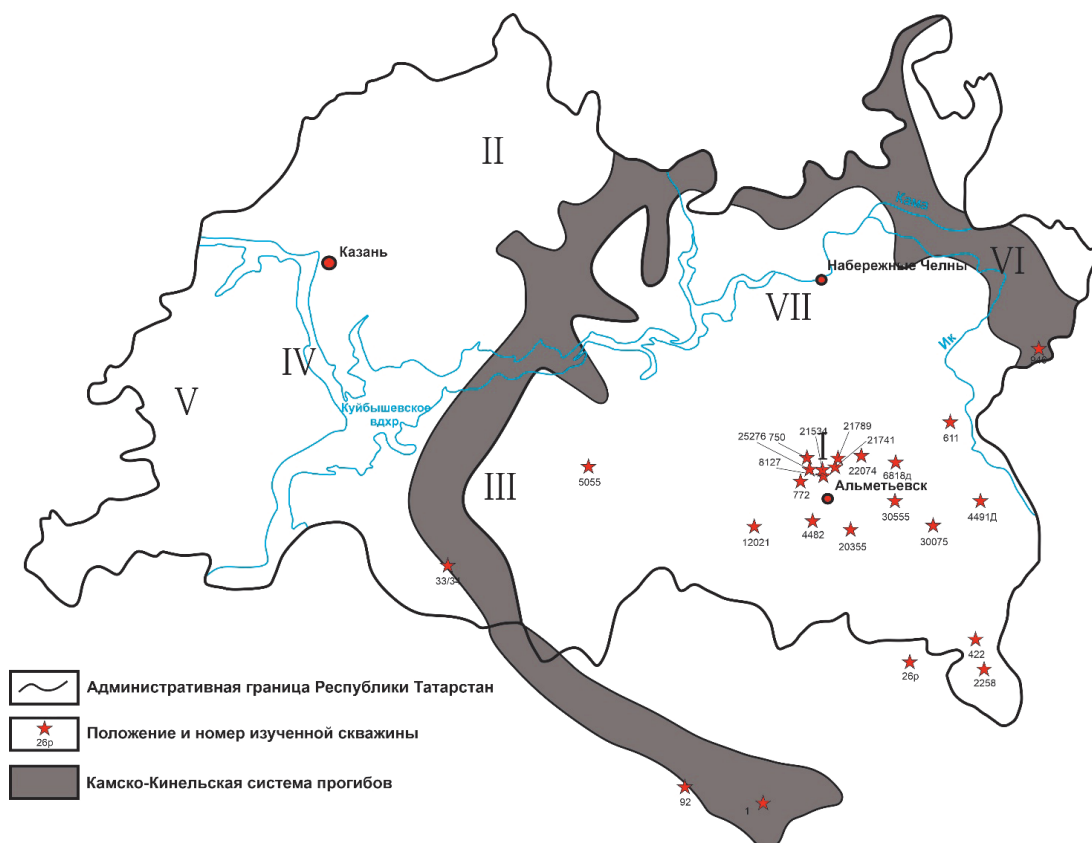


Рис. 1. Карта фактического материала. Показано положение изученных скважин. Тектоническое районирование: I – Южно-Татарский свод, II – Северо-Татарский свод, III – Мелекесская впадина, IV – Казанско-Кировский прогиб, V – Токмовский свод, VI – Бирская седловина.



Рис. 2. Фотография фрагмента керна. Чередование карбонатных и карбонатно-кремнистых пород с высоким содержанием органического вещества. Скв. 946. Азбазовский участок. Глубина 1638–1641 м.

пятнисто нефтенасыщенные. Практического интереса такие породы, не затронутые вторичными изменениями, не представляют. Однако среди них встречаются вторичные доломиты, которые обнаруживаются в двух разновидностях. Первая разновидность вторичных доломитов – это доломиты, обладающие преимущественно конформной структурой. В них иногда обнаруживается пятнистая нефтенасыщенность в весьма редко встречающихся изолированных порах. В разрезах они встречены в виде вторично доломитизированных известняков над отложениями доманикового типа на Тавельском месторождении (рис. 3).

Вторая разновидность вторичных доломитов, также образованная по известнякам, в отличие от первой образует нефтенасыщенные пористые породы (рис. 4). Они имеют неконформную структуру, образованную гипидиоморфными и идиоморфными зернами доломита, между которыми хорошо просматривается межзерновая пористость. Такие образования встречаются достаточно редко, образуют довольно маломощные тела и развиты

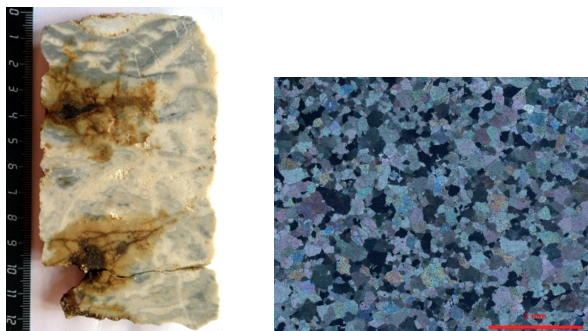


Рис. 3. Вторичный доломит с конформной структурой и весьма редкой пятнистой нефтенасыщенностью. Тавельское месторождение. Скв. 5055. Гл. 1768,7 м. Слева фотография образца, справа его шлифа (никколи скрещены).



Рис. 4. Вторичный доломит нефтенасыщенный с неконформной структурой. Березовская площадь. Скв. 25276. Гл. 1681,25 м. Слева фотография образца, справа его шлифа (один николь).

по первичным плотным известнякам, что указывает на флюидомиграцию и эпигенетичную природу нефти в них.

Карбонатно-кремнистые породы всегда содержат органическое вещество сапропелевой природы (Полудеткина и др., 2017; Kayukova et al., 2017). Основные геологические ресурсы нефти сосредоточены в этих породах (Ibrahim et al., 2022). Согласно собственным исследованиям таких отложений, развитых на территории Татарстана, они имеют тонкозернистую структуру, размер слагающих их зерен с трудом определяется под микроскопом. Сложены преимущественно кварцем и кальцитом в различных соотношениях, нередко с примесью полевых шпатов и слюд. Их пористость, определяемая на цилиндрических образцах стандартного размера по общепринятой методике, составляет первые проценты, проницаемость, как правило, не определима. Нефтенасыщенность, определяемая также по общепринятой в нефтяной геологии методике методом экстракции органическими растворителями, составляет первые проценты. Хотя методом пиролиза содержание органического вещества в них составляет от 5% до 15%, редко достигая величин в 20–30%. Согласно данным тех же пиролитических исследований, вмещающее органическое вещество отвечает тяжелым нефтям ($S_1 = 0,218–2,8$ мг УВ/г породы, среднее 1,4 мг УВ/г породы, $S_2 = 6,8–98$ мг УВ/г породы, среднее 34,1 мг УВ/г породы), генерационный потенциал оценивается как хороший и очень хороший, содержание органического вещества (ТОС) оценено в 0,99–20,18% (среднее содержание 8,02%), градации катагенеза по показателю $T_{\max} = 422,6–436,5^\circ\text{C}$ отвечают ПК₃–МК₁. Согласно приведенным данным, характер вмещаемых углеводородов определяется как тяжелые нефти и нефти ранней зрелости, а генерационный потенциал отложений оценивается как хороший и отличный, органическое вещество соответствует керогену II типа.

Результаты проведенного SARA-анализа экстрактов также показывают преобладание в растворимом органическом веществе тяжелых фракций: содержание масел оценивается в 6,1–27,2% (среднее 17,7%), смол – 40–62,3% (среднее 52%), асфальтенов – 10,5–45,3% (среднее 30,3%). На преобладание в составе углеводородов тяжелых фракций указывают и результаты синхронного термического анализа по методике Т.Н. Юсуповой и др. (Юсупова и др., 1999), которые оценивают содержание органического вещества в 0,52–33,34% (среднее 13,67%), относительная доля легких углеводородов составляет 14,1–73,44% (среднее 31,86%), тяжелых – 29,58–77,31% (среднее 60,8%), керогена – 0–30,5% (среднее 7,3%).

Одной из разновидностей карбонатно-кремнистых пород служат аналогичные по минеральному составу образования, в которых обнаруживается повышенное содержание остатков радиолярий (рис. 5). Такие образования, как правило, встречаются при смене снизу вверх обычных карбонатно-кремнистых пород на карбонатные. Содержание радиолярий в этой разновидности карбонатно-кремнистых пород может достигать 20–30%, а мощность таких слоев может составлять первые десятки сантиметров. Как говорилось ранее, интерес к таким образованиям в отложениях доманикового типа определяется тем, что в близких по минеральному составу и петрофизическим свойствам породах баженовской свиты Западной Сибири они служат промышленно значимыми

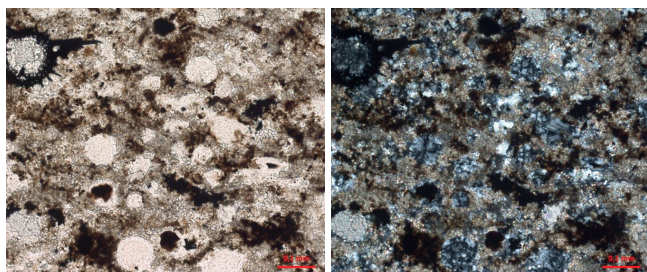


Рис. 5. Фотография шлифа карбонатно-кремнистой породы с многочисленными остатками радиолярий. Кузьминковский участок. Скв. 26Р. Гл. 1772,8 м.

коллекторами нефти (Немова, 2021). Однако среди изученных разрезов карбонатно-кремнистых образований выявить подобные породы с весьма обильным содержанием радиолярий, которые могли бы обладать повышенными коллекторскими свойствами, пока не удалось. Такие образования по петрофизическим свойствам, содержанию органического вещества принципиально не отличались от образцов «типичных» доманикитов с малым содержанием остатков радиолярий, хотя по литературным данным радиоляриты обнаруживаются в отложениях доманикового типа (Фортунова и др., 2019).

Типичные радиоляриты, судя по литературным данным, встречаются в отложениях баженовской свиты. Их структура устроена таким образом, что остатки радиолярий опираются друг на друга, напоминая структуру органогенных карбонатных пород – пакстоунов. Тогда в радиоляритах бажена помимо практически значимых величин пористости и проницаемости наблюдаются и практически значимые залежи нефти. Поэтому поиск мест локализации таких образований в отложениях доманикового типа является важной задачей.

Третий литотип – карбонатные брекчии. Присутствующие в разрезах карбонатные брекчии сложены обычно некотанными и несортированными обломками карбонатов,

размер которых составляет до 2–10 см. Карбонатные обломки опираются друг на друга, формируя неконформную структуру, представлены преимущественно мадстоунами. Цементируются они карбонатно-кремнистым материалом, в составе которого присутствует органическое вещество. Общее его содержание в породах обычно не превышает 2–3%, и оно имеет значительно более легкий состав, чем в карбонатно-кремнистых породах. Примером разрезов, в котором присутствует довольно мощная толща карбонатных брекчий, может служить скважина 2258 Коробковского месторождения. На рисунке 6 представлен разрез, построенный на основании изучения кернового материала названной скважины.

Результаты изучения кернового материала скважины, показанные на рисунке 6, свидетельствуют о меньшем содержании органического вещества в карбонатных брекчиях по сравнению с переслаивающимися карбонатными и карбонатно-кремнистыми образованиями верхней части изученного разреза. Однако, судя по данным синхронного термического анализа, данным пиролизического анализа и SARA-анализа, углеводороды карбонатных брекчий обладают значительно более легким составом и, следовательно, являются более подвижными. Такие образования следует рассматривать в качестве более проницаемых, т.к. в них отчетливо обнаруживаются следы миграции флюида, что проявляется в формировании вторичного доломита и вторичной пористости (рис. 7).

Подтверждением сказанному служит работа А.Д. Коробова (Коробов и др., 2017), в которой вторичный доломит также рассматривается в качестве минерала-индикатора, указывающий на участки пород с более легким составом нефтей и повышенными значениями коллекторских свойств.

Следует сказать, что обломки в изученных брекчиях аналогичны по минеральному составу и структуре карбонатам, выделяемым в качестве одного из основных литотипов, слагающих изученные разрезы. Среди

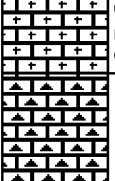
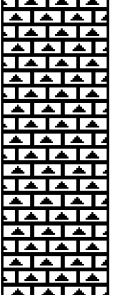
Глубина, м	Литологическая колонка	Характеристика вмещающего органического вещества		
		Данные термического анализа, %	Данные пиролизического анализа	Содержание компонент по данным SARA-анализа, %
- 1680 -	 Чередование карбонатных и карбонатно-кремнистых пород, обогащенных органическим веществом	ТОС - 5,75; ЛУВ - 1,73; ТУВ - 2,69; Кероген - 1,33	S1 - 2,2 мгУВ/г; S2 - 11,1 мгУВ/г; Tmax - 431°C; ИП (S1+S2) - 18 мгУВ/г; ГП: от хор. до оч. хор. по S1, от удовл. до отл. по S2; СЗ ОВ - незрелое	Масла - 15,3; Смолы - 40,5; Асфальтены - 47,3
- 1682 -				
-1684 -	 Карбонатные брекчии. Обломки сложены тонко-микрозернистыми известняками с редкими органическими остатками. Цементом для них служит карбонатно-кремнистый материал, обогащенный органическим веществом	ТОС - 0,68; ЛУВ - 0,47; ТУВ - 0,21; Кероген - 0	S1 - 0,49 мгУВ/г; S2 - 0,75 мгУВ/г; Tmax - 429°C; ИП (S1+S2) - 1,2 мгУВ/г; ГП: бедный; СЗ ОВ - незрелое	Масла - 31,1; Смолы - 53,9; Асфальтены - 15,0
- 1686 -				
- 1688 -				
-1690 -				

Рис. 6. Литолого-геохимический разрез. Скв. 2258. Западно-Коробковское месторождение. ТОС – общее содержание органического вещества, ЛУВ – легкие углеводороды, ТУВ – тяжелые углеводороды, ИП – индекс продуктивности, ГП – генерационный потенциал, СЗ ОВ – степень созревания органического вещества.

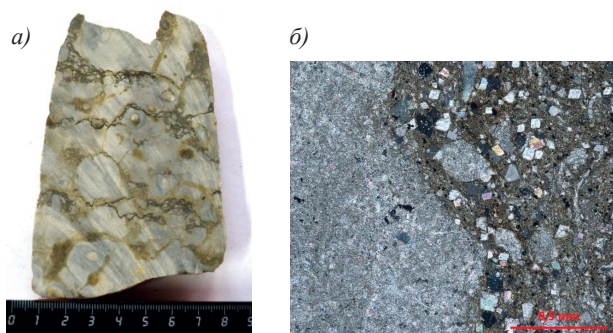


Рис. 7. Фотографии образца (а) и шлифа карбонатной брекчии в скрепленных николях (б). Слева на фотографии шлифа – карбонатный обломок, справа – карбонатно-кремнистый материал, цементирующий карбонатный обломок со вторичным доломитом и вмещающий углеводороды. Западно-Коробковское месторождение. Сква 2258. Гл. 1689,2 м.

обломков не обнаруживаются карбонаты, которые можно было бы отнести к отложениям органогенных построек. Цементирующая же компонента в брекчиях аналогична по минеральному составу и структуре другому основному литотипу – карбонатно-кремнистым породам, обогащенным органическим веществом. Поэтому, исходя из сказанного, авторами принимается, что источником обломков послужили пелитоморфные карбонаты, которые гравитационным путем были перенесены в карбонатно-кремнистые отложения. Гравитационный способ переноса карбонатов может быть обусловлен двумя факторами. Во-первых, их литификация происходит быстрее по сравнению с карбонатно-кремнистыми отложениями, обогащенными органическим веществом, и, во-вторых, они образуют более приподнятые участки морского дна, т.к. скорость их образования выше по сравнению с карбонатно-кремнистыми отложениями.

Авторы располагают лишь керновым материалом собственно отложений доманикового типа: пелитоморфные карбонаты, тонкозернистые карбонатно-кремнистые породы и брекчии с обломками микритовых известняков, которые развиты в пределах сводовых, склоновых и депрессионных зон. Поэтому при разработке геологических предпосылок поиска пород с повышенными коллекторскими свойствами был проанализирован большой объем публикаций, в которых рассматриваются и карбонатные органогенные постройки. Согласно литературным данным, наиболее мощные толщи карбонатных брекчий, в составе которых присутствуют в том числе и обломки биогермных известняков, формируются в переходной зоне от сводов к депрессиям, т.е. склонах. Их, авторы, в соответствии с публикациями, также рассматривают в качестве пород с повышенными коллекторскими свойствами.

Таким образом, среди изученных отложений доманикового типа семилукского горизонта, пользующихся площадным распространением, обнаружены три основных литотипа:

1) Карбонатные породы, представленные известняками – мадстоуны, реже пакстоуны. Породы плотные, не пористые. По разрезу распространены весьма широко. Их вторичные изменения – доломитизация – приводят к появления либо плотных доломитов, развитых над отложениями доманикового типа, либо редко встречающихся

пористых доломитов, развитых среди отложений доманикового типа и обладающих более подвижной нефтью.

2) Карбонатно-кремнистые породы, обогащенные органическим веществом. Относятся к нетрадиционным породам-коллекторам, обладающим высоким генерационным потенциалом. Считается, что такие отложения могут быть перспективными при разработке технологий извлечения из них углеводородов. Разновидностью пород служат не часто встречающиеся аналогичные по минеральному составу породы, в которых обнаруживаются остатки радиолярий.

3) Карбонатные брекчии по распространенности уступают двум первым литотипам. Однако они постоянно обнаруживались во всех изученных разрезах, образуя отложения мощностью в первые десятки сантиметров, реже более одного метра. Эти породы также, как и вторичные доломиты, подверглись миграции флюидов, в силу чего состав углеводородов в них более легкий, выше и коллекторские свойства материала, цементирующего карбонатные обломки.

Изложенное выше свидетельствует, что среди изученных отложений карбонатные брекчии и вторичные доломиты, заключенные в толще отложений доманикового типа, характеризуются повышенными коллекторскими свойствами и более легким составом углеводородов.

Обсуждение и выводы

По результатам собственных исследований и литературным данным отложения доманикового типа образуют весьма протяженные по латерали тела и распространены в центральной и восточной частях Татарстана, а также на сопредельных территориях. Такие образования, согласно Т.А. Кирюхиной и др. (Кирюхина и др., 2013), Н.К. Фортунатовой и др. (Фортунатова и др., 2019), практически повсеместно распространены в отложениях семилукского (доманикового) горизонта франского яруса верхнего девона (рис. 8А), что обусловлено максимальной трансгрессией морского бассейна в это время. В дальнейшем, в связи с обмелением морского бассейна, осадконакопление отложений доманикового типа сменилось образованием карбонатных, реже карбонатно-глинистых и глинистых осадков.

Однако такое происходило не повсеместно, т.к. начиная с мендымского времени начала закладываться Камско-Кинельская система прогибов, имеющая некомпенсированный характер (Ларочкина, 2013), где вплоть до турнейского века продолжалось накопление доманиковых отложений (рис. 8Б). Причем скорости осадконакопления за пределами впадины были заметно больше, чем в пределах прогибов, в которых формировались, так называемые, конденсированные осадки (Барaboшкин, 2009). Поэтому в Камско-Кинельской системе прогибов формировались отложения доманикового типа фран-турнейского времени мощностью в первые сотни метров (Фортунатова и др., 2019; Шакиров и др., 2022), а за ее пределами мощности аналогичных отложений, которые формировались лишь в семилукское время франского века, составляют первые десятки метров. Геоморфологически прогибы представляли собой впадины. Поэтому рельеф морского дна изучаемого региона был довольно расчлененным: в его структуре принимали участие мелководные участки, в

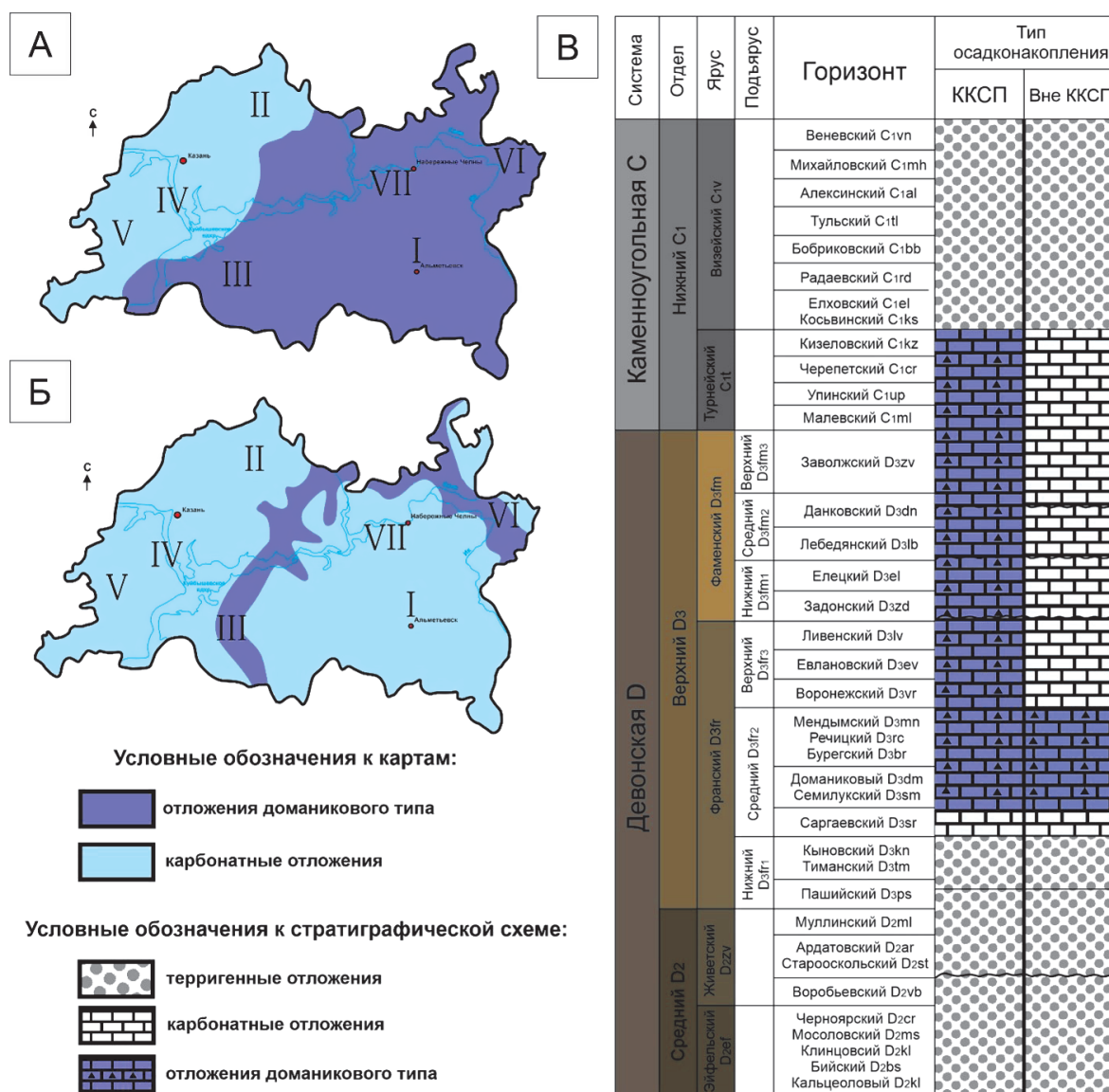


Рис. 8. Схематическая карта распространения отложений доманикового типа и стратиграфическая колонка (по материалам Ступаковой и др., 2017; Фортунатовой и др., 2019; Gorozhanina et al., 2019 и собственным данным). А – схематическая карта распространения отложений доманикового типа в семилукское время; Б – схематическая карта распространения отложений доманикового типа в постсемилукское время до турне. I – Южно-Татарский свод, II – Северо-Татарский свод, III – Мелекесская впадина, IV – Казанско-Кировский прогиб, V – Токмовский свод, VI – Бирская седловина. В – стратиграфическая схема распространенности отложений доманикового типа.

которых накапливались преимущественно карбонатные осадки, и сами прогибы, в которых накапливались осадки доманикового типа, а также обрамляющие их склоны, в пределах которых формировались и те, и другие осадки (рис. 8).

Исходя из изложенного, отложения доманикового типа на изучаемой территории стратиграфически распространены неравномерно. Подобное неравномерное по стратиграфическим интервалам распределение отложений схематически может быть иллюстрировано рисунком 9. На рисунке показано формирование отложений доманикового типа в семилукское время, продолжение их формирования в пределах Камско-Кинельской системы прогибов вплоть до турнейского века, прекращение их формирования за пределами прогибов в постсемилукское время, где формировались карбонатные отложения, включая органогенные постройки (риффы). Отсюда следует, что значительно более длительное по времени образование отложений

доманикового типа происходило в пределах некомпенсированной Камско-Кинельской системы прогибов. За ее пределами на более приподнятых участках морского дна формировались карбонатные отложения, включающие органогенные постройки. А между ними, в условиях гипсометрических перегибов морского дна, отвечающих бортам Камско-Кинельской системы прогибов, происходило также образование карбонатных брекчий, являющихся по происхождению гравитационными (Шарданова и др., 2017) и образующих клиноформные тела.

Согласно данным, изложенным в предыдущем разделе статьи, объектами с повышенными коллекторскими свойствами и более легким составом нефти служат карбонатные брекчии и вторичные доломиты.

Карбонатные брекчии в небольших объемах постоянно встречаются в отложениях семилукского горизонта, но в значительно больших объемах их следует ожидать в бортовых частях Камско-Кинельской системы прогибов, где

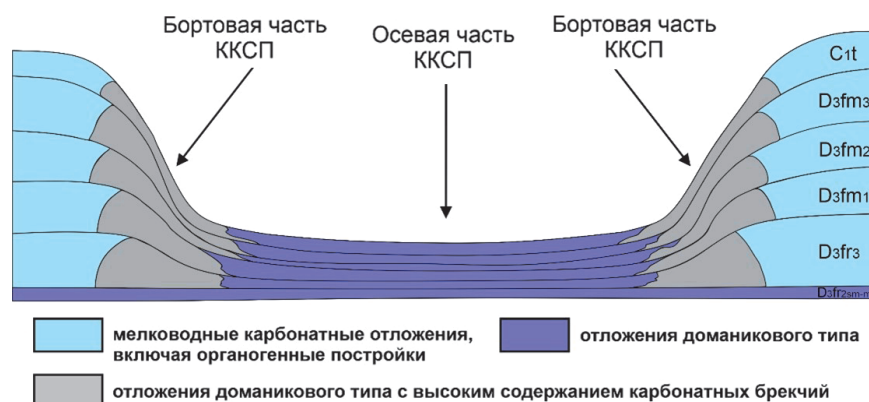


Рис. 9. Схематичный разрез распространности генетически различных осадочных образований через Камско-Кинельскую систему прогибов (с учетом данных Лян и др., 2015; Фортунатова и др., 2019)

они образуются как склоновые (гравитационные) отложения, благодаря поступлению обломков карбонатных пород в накапливающиеся карбонатно-кремнистые отложения. Такой механизм образования брекчий и им подобных образований известен (Фортунатова и др., 2005; Лисицын, 1989) и реализуется вследствие механического разрушения литифицированных карбонатов на гипсометрически высоких участках морского дна и поступления обломков под действием гравитационных сил в пониженные участки дна, где формируются карбонатно-кремнистые осадки, обогащенные органическим веществом.

Сказанное позволяет предположить, что максимально возможная плотность распространения карбонатных брекчий как по латерали, так и по вертикали ожидается на бортах Камско-Кинельской системы прогибов.

Другой перспективный, на наш взгляд, объект сформирован вторичными доломитами, располагающимися в теле распространения отложений доманикового типа. Такие доломиты среди изученных авторами отложений семилукского возраста весьма слабо распространены. Однако по данным, показанным в статье С.П. Лян и др. (Лян и др., 2015), они могут образовывать небольшие по размерам месторождения нефти, а местом их локализации являются бортовые части Камско-Кинельской системы прогибов. Следует предположить, что развитие таких относительно крупных тел вторичных доломитов можно ожидать в пределах бортовых частей прогибов, т.к. в них отмечаются более выдержанные по латерали и вертикали пласты карбонатов, которые переслаиваются с карбонатно-кремнистыми отложениями пород, обогащенных органическим веществом. К тому же, в отложениях бортовых участков прогибов наблюдается значительно большая мощность отложений доманикового типа и, соответственно, больший объем сгенерированной нефти.

В обоих случаях формирование относительно повышенной пористости и проницаемости либо цементирующей части карбонатных брекчий, либо карбонатных слоев (вторичных доломитов), развитых среди доманиковых отложений, фиксируется по минералу-индикатору – вторичному доломиту. Этот минерал по своим признакам является железистым доломитом и образует неконформные вторичные структуры, что показано ранее (Кузнецов и др., 2017).

Заключение

Изложенный материал позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Отложения доманикового типа пользуются широким площадным распространением. Однако их стратиграфическое распространение весьма неравномерно. Такие отложения семилукского возраста образуют весьма протяженные пласты и занимают огромные площади. А начиная с мендымского времени и вплоть до турнейского века область их распространения сужается и ограничивается Камско-Кинельской системой прогибов.

2. В строении разрезов принимают участие преимущественно карбонатные и карбонатно-кремнистые породы. Меньший объем в отложениях доманикового типа занимают карбонатные брекчии. Наибольший объем захороненного органического вещества сосредоточен в карбонатно-кремнистых породах, меньше его в карбонатных брекчиях, и оно не обнаруживается в карбонатных породах, не подверженных вторичной доломитизации.

3. Несмотря на высокую концентрацию органического вещества в карбонатно-кремнистых породах, их коллекторские свойства весьма незначительны и в настоящее время не являются практически значимыми.

4. Однако среди названных типов пород встречаются образования с повышенными коллекторскими свойствами и более легким составом нефтей. К ним относятся карбонатные брекчии, точнее их цементирующая часть, и вторичные доломиты, метасоматически замещающие известняки. И в тех, и в других породах присутствует минерал-индикатор нефтемиграционных процессов – вторичный доломит, а их нефти отличаются большим содержанием легких углеводородов. По результатам собственных исследований и литературным данным более широкое развитие таких пород предполагается в бортовых частях Камско-Кинельской системы прогибов.

Финансирование/Благодарности

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению № 075-15-2022-299 в рамках программы развития НЦМУ «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты», а также поддержке ПАО Татнефть.

Авторы выражают благодарность рецензенту за важные и объективные замечания.

Литература

- Аширов К.Б., Беллерова В.А., Вайнбаум С.Я., Голодовкина Г.Е., Зайдельсон М.И., Зинина Е.А., Копрова Н.А., Семенова Е.Г., Сувориков Е.Я., Цлав Л.З. (1990). Формирование и нефтегазоносность доманиковых формаций. Москва: Наука, 69 с.
- Барабошкин Е.Ю. (2009). Конденсированные разрезы: терминология, типы, условия образования. *Вестник Московского университета*, 4(3), с. 13–20.
- Галимов Э.М., Камалеева А.И. (2015). Источник углеводородов супергигантского нефтяного месторождения Ромашкино (Татарстан) – приток из кристаллического фундамента или нефтематеринские осадочные отложения? *Геохимия*, 2, с. 103–122. <https://doi.org/10.7868/S001675251502003X>
- Кирюхина Т.А., Фадеева Н.П., Ступакова А.В., Полудеткина Е.Н., Сауткин Р.С. (2013). Доманиковые отложения Тимано-Печерского и Волго-Уральского бассейнов. *Геология нефти и газа*, 3, с. 76–87.
- Коробов А.Д., Коробова Л.А., Морозов В.П., Заграновская Д.Е., О.А. Захарова О.А. (2017). Аутигенный доломит высокобитуминозных баженовских отложений – показатель завершающей стадии генерации углеводородов. *Нефтяное хозяйство*, 4, с. 12–17.
- Кузнецов В.Г., Морозов В.П., Ескин А.А., Кольчугин А.Н. (2017). Кристаллохимические и геохимические особенности генетически различных доломитов палеозоя Волго-Уральской области. *Литология и полезные ископаемые*, 3, с. 243–256. <https://doi.org/10.7868/S0024497X1703003X>
- Ларочкина И.А. (2013). Концепция системного геологического анализа при поисках и разведке месторождений нефти на территории Татарстана. Казань: Фэн. 232 с.
- Лисицын А.П. (1989). Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. Москва: Наука, 309 с.
- Лян С.П., Галушин Г.А., Филиппов В.П. Условия формирования доманикитов юго-востока Русской платформы. *Георесурсы*. № 3(62) Т.2. 2015. С. 54–63.
- Немова В.Д. (2021). Литогенетическая классификация пород и текноморфизм отложений баженовской свиты Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. *Автореф. дис. д. геол.-мин. наук*. Москва, 51 с.
- Полудеткина Е.Н., Смирнов М.Б., Фадеева Н.П., Козлова Е.В. (2017). Доказательство формирования органического вещества карбонатных и карбонатно-кремнистых отложений верхнего девона Южно-Татарского свода в условиях постоянной анокии в фотическом слое. *Геохимия*, 8, с. 730–740. <https://doi.org/10.7868/S0016752517080076>
- Прищепа О.М., Аверьянова О.Ю. (2019). Подходы к оценке углеводородного потенциала сланцевых толщ на примере доманиковых отложений Тимано-Печорской провинции. *Нефтяная провинция*, 1(9), с. 19–49.
- Страхов Н.М. (1960). Основы теории литогенеза. Т. II. Москва: АН СССР, 575 с.
- Ступакова А.В., Калмыков Г.А., Коробова Н.И. и др. (2017). Доманиковые отложения Волго-Уральского бассейна – типы разреза, условия формирования и перспективы нефтегазоносности. *Георесурсы*, спецвыпуск, с. 112–124. <https://doi.org/10.18599/grs.19.12>
- Фортунова Н.К., Швеиц-Тэнэнта-Гурий А.Г., Бушуева М.А., Канев А.С., Лучина С.А., Авдеева А.А., Володина А.Г., Холмянская Н.Ю. (2019). Методика прогноза структурно-литологических и литологических ловушек нефти и газа в верхнедевон-турнейском и нижнепермском карбонатных нефтегазоносных комплексах востока Волго-Уральской НПП. *Геология нефти и газа*, 3, с. 23–38. <https://doi.org/10.31087/0016-7894-2019-3-23-38>
- Фортунова Н.К., Швеиц-Тэнэнта-Гурий А.Г., Гумаров Р.К., Екименко В.А., Тарасов Е.А. (2005). Новый тип нетрадиционных поисковых объектов УВ в Западном Татарстане. *Георесурсы*, 1(15), с. 13–14.
- Хисамов Р.С., Базаревская В.Г., Тарасова Т.И., Михайлова О.В., Михайлов С.Н. (2016). Геохимические критерии перспектив нефтегазоносности доманиковых отложений на территории Республики Татарстан. *Нефтяное хозяйство*, 7, с. 10–13.
- Шакиров В.А., Вилесов А.П., Морозов В.П., Хаюзкин А.С., Андрушкевич О.Ю., Сосновская Е.Б., Немков И.П., Лопатин А.П., Гилаев Г.Г. (2022). Породы-вулканиты в конденсированных доманиковых фациях Муханово-Ероховской внутришельфовой впадины. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*, 2(362), с. 14–26.
- Шарданова Т.А., Фадеева Н.П., Хомяк А.Н., Косоруков В.Л. (2017). Особенности строения и формирования высокоуглеродистых комплексов. *Отечественная геология*, 3, с. 74–84.
- Юсупова Т.Н., Петрова Л.М., Ганеева Ю.М., Лифанова Е.В., Романов Г.В. (1999). Идентификация нефти по данным термического анализа. *Нефтехимия*, 4, с. 254–259.
- Allix, P., Bumham, A., Fowler, T., Herron, M., Kleinberg, R., Symington, B. (2010). Coaxing oil from shale. *Oilfield Review*, 22(4), pp. 4–15.
- Dunham, R.J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *American Association of Petroleum Geologists, memorial* 1, pp. 108–121. <https://doi.org/10.1306/M1357>
- Gorozhanina, E., Gorozhanin, V., Zagranovskaya, D., Zakharova, O. (2019). About the structure of the Kama-Kinel trough system. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*, 3, pp. 9–20. (In Russ.) <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2019-3-9-20>
- Ibrahim, Y., Morozov, V.P., Sudakov, V., Idrisov, I. Kolchugin, A.N. (2022). Sedimentary diagenesis and pore characteristics for the reservoir evaluation of Domanik formations (Semiluksk and Mendymysk) in the central part of Volga-Ural petroleum province. *Petroleum Research*, 7(1), pp. 32–46. <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2021.08.002>
- Jianhua Zhao, Zhijun Jin, Qinong Hu, Keyu Liu, Zhenkui Jin, Zongquan Hu, Haikuan Nie, Wei Du, Caina Yan, Ruyue Wang. (2018). Mineral composition and seal condition implicated in pore structure development of organic-rich Longmaxi shales, Sichuan Basin, China. *Marine and Petroleum Geology*, 98, pp. 507–522. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.09.009>
- Kayukova G.P., Mikhailova A.M., Feoktistov D. A., Morozov V.P., Vakhin A.V. (2017). Conversion of the Organic Matter of Domanic Shale and Permian bituminous Rocks in Hydrothermal Catalytic processes. *Energy and Fuels*, 31(8), pp. 7789–7799. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.7b00612>
- Khayuzkin, A.S., Morozov, V.P., Kolchugin, A.N., Eskin, A.A., Eskina, G.M., Korolev, E.A., Zakharova, N.S. (2020). Mineralogical and lithological properties of Domanikites from the south-east of Tatarstan Republic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 516(1), pp. 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/516/1/012011>
- Kolchugin A.N., Morozov V.P., Korolev E.A., Eskin A.A., Nurieva E.M. (2018). Depositional environments and diagenesis of Devonian black shales (case study Volga-Ural region, Russia). *18-th Int. Multidis. Sci. Geoconf. SGM*, 18(1.4), pp. 375–380.

Сведения об авторах

Владимир Петрович Морозов – доктор геол.-мин. наук, профессор, зав. кафедры минералогии и литологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18
e-mail: Vladimir.Morozov@kpfu.ru

Алексей Сергеевич Хаюзкин – магистр, инженер кафедры минералогии и литологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий

Казанский (Приволжский) федеральный университет
Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Эдуард Анатольевич Королёв – кандидат геол.-мин. наук, доцент, зав. кафедрой общей геологии и гидрогеологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Антон Николаевич Кольчугин – кандидат геол.-мин. наук, доцент кафедры минералогии и литологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий

Казанский (Приволжский) федеральный университет
Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Алия Наильевна Мухамедьярова – инженер-исследователь, Институт геологии и нефтегазовых технологий
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Евгения Васильевна Морозова – инженер-исследователь, Институт геологии и нефтегазовых технологий
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Алексей Александрович Ескин – кандидат геол.-мин. наук, доцент кафедры минералогии и литологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий

Казанский (Приволжский) федеральный университет
Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Нафис Анасович Назимов – кандидат тех. наук, начальник службы геологии и опытно-промышленных работ по трудноизвлекаемым запасам

ПАО «Татнефть»
Россия, 423450, Альметьевск, ул. Ленина, д. 75

Флера Мугаллимовна Газеева – научный сотрудник отдела экспериментальных лабораторных исследований Институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть»
Россия, 423236, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, д. 32

Надежда Сергеевна Захарова – инженер, Институт геологии и нефтегазовых технологий
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Статья поступила в редакцию 16.09.2022;

Принята к публикации 10.11.2022; Опубликована 20.12.2022

IN ENGLISH

ORIGINAL ARTICLE

Geological prerequisites for the search for rocks with increased reservoir properties in domanic type sediments on the territory of the Republic of Tatarstan

V.P. Morozov¹, A.S. Khayuzkin¹, E.A. Korolev¹, A.N. Kolchugin¹, A.N. Mukhamediyarova¹, E.V. Morozova¹, A.A. Eskin¹, N.A. Nazimov², F.M. Gazeeva³, N.S. Zakharova¹

¹Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

²Tatneft PJSC, Almet'yevsk, Russian Federation

³Institute TatNIPIneft Tatneft PJSC, Bugulma, Russian Federation

*Corresponding author: Vladimir P. Morozov, e-mail: Vladimir.Morozov@kpfu.ru

Abstract. Domanic type deposits generally is abundant in Tatarstan Republic and other territories. They are feature with oil-source rocks (black shales), which partly generated hydrocarbons. However, due to their high hydrocarbon contain, domanic type deposits construing as unconventional reservoir rocks, that may be commercial significant. Based on Russian and foreign experience in the development of such deposits, the prospects for their exploitation are associated with the searching for formations with increased reservoir properties and light oil.

In this work we are analyzed the stratigraphic distribution of domanic type deposits in the Kama-Kinel system of depressions and beyond them. It is shown that such deposits in the Kama-Kinel system of depressions have a thickness about 300 m and cover the stratigraphic range from semiluk horizon of the Frasnian stage to Tournaisian stage. But out of depressions these rocks occurred only in semiluk horizon. The reason of it is high dissection of the bottom of the Domanic sedimentation basin in the Late Frasnian-Tournaisian ages due to the evolution of the Kama-Kinel system of depressions in the east of the Russian Plate.

The results of our own research show that carbonate and carbonate-siliceous rocks enriched in organic matter are the most common lithotypes in the Domanic type deposits. Also, we constantly found carbonate breccias and less secondary dolomites in the studied geological columns. In the last two types of rocks, we found higher values of porosity, openness, and a lighter composition of hydrocarbons. Based on the results of the author's research and the literature observation, it follows that the development of carbonate breccias and secondary dolomites will be in the sides of the Kama-Kinel system of depressions. We consider that they are as the most promising objects for the search for industrial profit in the Domanic type deposits.

Keywords: domanic type deposits, lithotypes, organic matter, reservoir properties, prospects

Acknowledgements

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under agreement No. 075-15-2022-299 within the framework of the development program for a world-class Research Center “Efficient development of the global liquid hydrocarbon reserves”, as well as by the Tatneft PJSC.

The authors are grateful to the reviewer for important and objective comments.

Recommended citation: Morozov V.P., Khayuzkin A.S., Korolev E.A., Kolchugin A.N., A.N. Mukhamediyarova, Morozova E.V., Eskin A.A., Nazimov N.A., Gazeeva F.M., Zakharova N.S. (2022). Geological prerequisites for the search for rocks with increased reservoir properties in domanic type sediments on the territory of the Republic of Tatarstan. *Georesursy = Georesources*, 24(4), pp. 40–49. <https://doi.org/10.18599/grs.2022.4.3>

References

- Allix, P., Bumham, A., Fowler, T., Herron, M., Kleinberg, R., Symington, B. (2010). Coaxing oil from shale. *Oilfield Review*, 22(4), pp. 4–15.
- Ashirov K.B., Bellerova V.A., Vainbaum S.Ya., Golodovkina G.E., Zaidel'son M.I., Zinina E.A., Koprova N.A., Semenova E.G., Surovikov E.Ya., Tslav L.Z. (1990). Formation and oil and gas potential of Domanik deposits. Moscow: Nauka, 69 p. (In Russ.)
- Baraboshkin E.Yu. (2009). Condensed sections: terminology, types, formation conditions. *Vestnik Moskovskogo universiteta = Moscow University Bulletin*, 4(3), p. 13–20. (In Russ.)
- Dunham, R.J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *American Association of Petroleum Geologists, memorial 1*, pp. 108–121. <https://doi.org/10.1306/M1357>
- Fortunatova N.K., Shvets-Teneta-Gurii A.G., Bushueva M.A., Kanev A.S., Luchina S.A., Avdeeva A.A., Volodina A.G., Kholmyanskaya N.Yu. (2019). Methodology for predicting structural-lithological and lithological oil and gas traps in the Upper Devonian-Tournaisian and Lower Permian carbonate oil and gas complexes in the east of the Volga-Ural oil and gas field. *Geologiya nefii i gaza = Geology of oil and gas*, 3, pp. 23–38. (In Russ.) <https://doi.org/10.31087/0016-7894-2019-3-23-38>
- Fortunatova N.K., Shvets-Teneta-Gurii A.G., Gumarov R.K., Ekimenko V.A., Tarasov E.A. (2005). Domanik deposits of the Volga-Ural basin – types

of section, conditions of formation and prospects for oil and gas potential. *Georesursy = Georesources*, 1(15), pp. 13–14. (In Russ.)

Galimov E.M., Kamaleeva A.I. (2015). Is the hydrocarbon source of the supergiant Romashkino oil field (Tatarstan) an inflow from the crystalline basement or source sedimentary deposits? *Geokhimiya = Geochemistry*, 2, pp. 103–122. (In Russ.) <https://doi.org/10.7868/S001675251502003X>

Gorozhanina, E., Gorozhanin, V., Zagranovskaya, D., Zakharova, O. (2019). About the structure of the Kama-Kinel trough system. Proceedings of higher educational establishments. *Geology and Exploration*, 3, pp. 9–20. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2019-3-9-20>

Ibrahim, Y., Morozov, V.P., Sudakov, V., Idrisov, I., Kolchugin, A.N. (2022). Sedimentary diagenesis and pore characteristics for the reservoir evaluation of Domanik formations (Semiluksk and Mendymysk) in the central part of Volga-Ural petroleum province. *Petroleum Research*, 7(1), pp. 32–46. <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2021.08.002>

Jianhua Zhao, Zhijun Jin, Qinhong Hu, Keyu Liu, Zhenkui Jin, Zongquan Hu, Haikuan Nie, Wei Du, Caina Yan, Ruyue Wang. (2018). Mineral composition and seal condition implicated in pore structure development of organic-rich Longmaxi shales, Sichuan Basin, China. *Marine and Petroleum Geology*, 98, pp. 507–522. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.09.009>

Kayukova G.P., Mikhailova A.M., Feoktistov D. A., Morozov V.P., Vakhin A.V. (2017). Conversion of the Organic Matter of Domanik Shale and Permian bituminous Rocks in Hydrothermal Catalytic processes. *Energy and Fuels*, 31(8), pp. 7789–7799. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.7b00612>

Khayuzkin, A.S., Morozov, V.P., Kolchugin, A.N., Eskin, A.A., Eskina, G.M., Korolev, E.A., Zakharova, N.S. (2020). Mineralogical and lithological properties of Domanikites from the south-east of Tatarstan Republic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 516(1), pp. 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/516/1/012011>

Khisamov R.S., Bazarevskaya V.G., Tarasova T.I., Mikhailova O.V., Mikhailov S.N. (2016). Geochemical criteria for the prospects for oil and gas potential of Domanik deposits on the territory of the Republic of Tatarstan. *Neftyanoe khozyaistvo = Oil industry*, 7, p. 10–13. (In Russ.)

Kiryukhina T.A., Fadeeva N.P., Stupakova A.V., Poludetkina E.N., Sautkin R.S. (2013). Domanik deposits of the Timan-Pechersk and Volga-Ural basins. *Geologiya nefii i gaza = Geology of oil and gas*, 3, p. 76–87. (In Russ.)

Kolchugin A.N., Morozov V.P., Korolev E.A., Eskin A.A., Nuriyeva E.M. (2018). Depositional environments and diagenesis of Devonian black shales (case study Volga-Ural region, Russia). *18-th Int. Multidis. Sci. Geoconf. SGEM*, 18(1.4), pp. 375–380.

Korobov A.D., Korobova L.A., Morozov V.P., Zagranovskaya D.E., O.A. Zakharova O.A. (2017). The authigenic dolomite of the highly bituminous Bazhenov deposits is an indicator of the final stage of hydrocarbon generation. *Neftyanoe khozyaistvo = Oil industry*, 4, p. 12–17. (In Russ.)

Kuznetsov V.G., Morozov V.P., Eskin A.A., Kolchugin A.N. (2017). Crystal-chemical and geochemical features of genetically different Paleozoic dolomites of the Volga-Ural region. *Litologiya i poleznye iskopaemye = Lithology and mineral resources*, 3, pp. 243–256. (In Russ.) <https://doi.org/10.7868/S0024497X1703003X>

Larochkina I.A. (2013). The concept of systemic geological analysis in prospecting and exploration of oil fields in the territory of Tatarstan. Kazan: Fen. 232 p. (In Russ.)

Liang X.P., Galushyn G.A., Filippov V.P. (2015). Conditions of Domanicites Formation in the South-Eastern Part of the Russian Platform. *Georesursy = Georesources*, 3(62), pp. 54–63. (In Russ.) <https://doi.org/10.18599/grs.62.3.22>

Lisitsyn A.P. (1989). Avalanche sedimentation and breaks in sedimentation in the seas and oceans. Moscow: Nauka, 309 p. (In Russ.)

Nemova V.D. (2021). Lithogenetic classification of rocks and technomorphism of the deposits of the Bazhenov formation of the West Siberian oil and gas province. Abstract Dr. geol.-min. sci. diss. Moscow, 51 p. (In Russ.)

Poludetkina E.N., Smirnov M.B., Fadeeva N.P., Kozlova E.V. (2017). Evidence of the formation of organic matter in carbonate and carbonate-siliceous deposits of the Upper Devonian of the South Tatar arch under conditions of constant anoxia in the photic layer. *Geokhimiya = Geochemistry*, 8, pp. 730–740. (In Russ.) <https://doi.org/10.7868/S0016752517080076>

Prishchepa O.M., Aver'yanova O.Yu. (2019). Approaches to assessing the hydrocarbon potential of shale strata on the example of Domanik deposits of the Timan-Pechora province. *Neftyanaya provintsia*, 1(9), pp. 19–49. (In Russ.)

Shakirov V.A., Vilesov A.P., Morozov V.P., Khayuzkin A.S., Andrushkevich O.Yu., Sosnovskaya E.B., Nemkov I.P., Lopatin A.P., Gilaev G.G. (2022). Volcanic rocks in the condensed Domanic facies of the Mukhanovo-Erokhovskaya intrashelf basin. *Geologiya, geofizika i razrabotka*

neftnykh i gazovykh mestorozhdenii = Geology, geophysics and development of oil and gas fields, 2(362), pp. 14–26. (In Russ.)

Shardanova T.A., Fadeeva N.P., Khomyak A.N., Kosorukov V.L. (2017). Features of the structure and formation of high-carbon complexes. *Otechestvennaya geologiya*, 3, pp. 74–84. (In Russ.)

Stoupakova A.V., Kalmykov G.A., Korobova N.I., Fadeeva N.P., Gatovskii Yu.A., Suslova A.A., Sautkin R.S., Pronina N.V., Bolshakova M.A., Zavyalova A.P., Chupakhina V.V., Petrakova N.N., Miftakhova A.A. (2017). Oil-Domanic deposits of the Volga-Ural basin – types of section, formation conditions and prospects of oil and gas potential. *Georesursy = Georesources*, Sp. Is., pp. 112–124. <http://doi.org/10.18599/grs.19.12>

Strakhov N.M. (1960). Fundamentals of the theory of lithogenesis. V. II. Moscow: AN SSSR, 575 p. (In Russ.)

Yusupova T.N., Petrova L.M., Ganceeva Yu.M., Lifanova E.V., Romanov G.V. (1999). Identification of oil according to thermal analysis. *Neftkhimiya = Petrochemistry*, 4, pp. 254–259. (In Russ.)

About the Authors

Vladimir P. Morozov – Dr. Sci. (Geology and Mineralogy), Professor, Head of Department of Mineralogy and Lithology, Institute of Geology and Petroleum Technology, Kazan Federal University

Kremlevskaya str., 18, Kazan, 420008, Russian Federation
e-mail: Vladimir.Morozov@kpfu.ru

Aleksey S. Khayuzkin – Master, Engineer, Department of Mineralogy and Lithology, Institute of Geology and Petroleum Technology, Kazan Federal University

Kremlevskaya str., 18, Kazan, 420008, Russian Federation

Eduard A. Korolev – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Head of the Department of General Geology and Hydrogeology, Institute of Geology and Petroleum Technology, Kazan Federal University

Kremlevskaya str., 18, Kazan, 420008, Russian Federation

Anton N. Kolchugin – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Department of Mineralogy and Lithology, Institute of Geology and Petroleum Technology, Kazan Federal University

Kremlevskaya str., 18, Kazan, 420008, Russian Federation

Aliya N. Mukhamediyarova – Research Engineer, Institute of Geology and Petroleum Technology, Kazan Federal University

Kremlevskaya str., 18, Kazan, 420008, Russian Federation

Evgenia V. Morozova – Research Engineer, Institute of Geology and Petroleum Technology, Kazan Federal University

Kremlevskaya str., 18, Kazan, 420008, Russian Federation

Aleksey A. Eskin – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Department of Mineralogy and Lithology, Kazan Federal University

Kremlevskaya str., 18, Kazan, 420008, Russian Federation

Nafis A. Nazimov – Cand. Sci. (Engineering), Head of the Department for Geology and Pilot Works on Hard-to-Recover Reserves, Tatneft PJSC

Lenin str., 75, Almetyevsk, 423450, Russian Federation

Flera M. Gazeeva – Researcher, Department of Experimental Laboratory Research, Institute TatNIPIneft Tatneft PJSC

Musa Dgalil str., 32, Bugulma, 423236, Russian Federation

Nadezhda S. Zakharova – Engineer, Institute of Geology and Petroleum Technology, Kazan Federal University

Kremlevskaya str., 18, Kazan, 420008, Russian Federation

Manuscript received 16 September 2022;

Accepted 10 November 2022; Published 20 December 2022