DOI: https://doi.org/10.25689/NP.2025.4.15-31
EDN GXCQDM
УДК 552.541

Генетические типы пустотного пространства и анализ коллекторского потенциала карбонатных пород Тимано-Печорской провинции

[1, 2] Оленова К.Ю., [2] Казимиров Е.Т., [2] Нуриахметов Р.Р.
[1]Апрелевское отделение ФГБУ «ВНИГНИ», Апрелевка, Россия
[2]РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия

Genetic void types and analysis of reservoir potential of carbonate rocks of Timan-Pechora province

[1, 2] K.Yu. Olenova, [2] E.T. Kazimirov, [2] R.R. Nuriahmetov
[1] All-Russian Research Geological Oil Institute "Aprelevka Branch of VNIGNI", Aprelevka, Russia
[2] Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia

E-mail: olenovaksen@mail.ru

Аннотация. Показаны основные биоценозы карбонатных нефтегазоносных комплексов Тимано-Печорской провинции. Проведена характеристика генетических типов пустотного пространства карбонатных пород. Предложена седиментационная классификация известняков для оценки их коллекторского потенциала.

Ключевые слова: *известняк, биоценоз, типы пустотного пространства, седиментационная классификация*

Для цитирования: Оленова К.Ю., Казимиров Е.Т., Нуриахметов Р.Р. Генетические типы пустотного пространства и анализ коллекторского потенциала карбонатных пород Тимано-Печорской провинции // Нефтяная провинция.-2025.-№4(44).-С. 15-31. - DOI https://doi.org/10.25689/NP.2025.4.15-31. - EDN GXCQDM

Abstract. The main biocenoses of carbonate oil and gas complexes in the Timan-Pechora province are described. Genetic types of void space in carbonate rocks are defined. To assess their reservoir potential, a sedimentation classification is proposed.

© Оленова К.Ю., Казимиров Е.Т., Нуриахметов Р.Р., 2025

Key words: *limestone, biocoenosis, types of void space, sedimentation classification*

For citation: K.Yu. Olenova, E.T. Kazimirov, R.R. Nuriahmetov Geneticheskie tipy pustotnogo prostranstva I analiz kollectorskogo potenciala karbonatnyh porod Timano-Pechorskoi provincii [Genetic void types and analysis of reservoir potential of carbonate rocks of Timan-Pechora province]. Neftyanaya Provintsiya, No. 4(44), 2025. pp. 15-31. DOI https://doi.org/10.25689/NP.2025.4.15-31. EDN GXCQDM (in Russian)

Введение

Настоящая работа является комплексированием исследований кернового материала разрезов скважин Тимано-Печорской провинции, проводимых на кафедре литологии РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина на протяжении последних 20 лет.

Выводы основаны на изучении разрезов керна более 40 месторождений порядка 125 скважин.

Исследования проводились на керне, распиленном вдоль оси, включали его фотографирование при естественном освещении и ультрафиолетовом свете, описание макро- и микроскопическое (в стандартных петрографических шлифах, в прокрашенных, а также шлифах большого размера) с привлечением всего комплекса сопутствующих исследований и определений (данных измерения естественной радиоактивности, результатов рентгенофазового анализа, электронной микроскопии, измерений петрофизических параметров, материалов ГИС). Как показала многолетняя практика данных работ, для детальной литологической характеристики разреза необходим отбор образцов с шагом не менее 2 шт. на метр керна. Некоторое увеличение шага отбора образцов допустимо в случае текстурно-однородных при макроописании интервалов пород.

Общие сведения о районе исследований

Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция (ТПП) является одним из крупных нефтегазодобывающих регионов России. Геолого-поисковые работы на нефть и газ начались в регионе с 1929 года. В тече-

ние нескольких десятилетий нефтегазоносность ТПП связывали с терригенными породами среднедевонско-нижнефранского нефтегазоносного комплекса. Установление продуктивности карбонатных пород произошло позже – в 1960-70-х гг.

Карбонатные отложения ТПП обладают высокой вещественной и текстурно-структурной неоднородностью, что в целом характерно для крупных карбонатных нефтегазоносных комплексов [1]. Палеозойское осадконакопление проходило в условиях обширного мелководного шельфового бассейна, который раскрывался в Палеоуральский океан, а с запада ограничивался складчатыми сооружениями Тимана слабовыраженными в рельефе [2], что определило незначительный объем поступления терригенного материала в среду седиментации. Такие условия с небольшими перерывами сохранились на протяжении практически всего палеозоя, поэтому сформировался целый ряд общих черт характерных для разновозрастных карбонатных природных резервуаров.

На приподнятых участках морского дна формировались многочисленные разноамплитудные органогенные постройки, которые были окружены относительно глубоководными депрессионными зонами. Эвстатические колебания уровня мирового океана и локальная блоковая геодинамика приводили к периодическому выводу построек выше уровня моря или, напротив, к их погружению, что и определяло высокую неоднородность коллекторских свойств резервуаров на всех иерархических уровнях [1].

Генетические типы пустотного пространства, их особенности развития в пермско-каменноугольном, верхнедевонско-турнейском и силурийско-нижнедевонском карбонатных комплексах

Одним из главных факторов, оказавших влияние на свойства и текстурно-структурную неоднородность карбонатных пород, является эволюция биоценозов. Именно с ней связаны развитие и особенности строения

органогенных построек разного возраста. За счет роста каркасных построек, накопления граноморфного материала и / или карбонатного ила в пространстве между постройками (межкаркасное заполнение) и в виде отдельных толщ на этапе седиментогенеза формируется первичное пустотное пространство пород.

Для ***силурийско-нижнедевонского*** и ***верхнедевонско-турнейского комплексов*** основными каркасообразующими организмами являлись строматопороидеи, известковые водоросли и микробиальные сообщества (преимущественно цианобактериальные), которые формировали три основных симбиоза: микробиальный, водорослево-микробиальный, строматопорово-микробиальный (Рис. 1, 2); в силурийско-нижнедевонском комплексе также выделяется кораллово-строматопоровый симбиоз (Рис. 1Б). При этом их соотношение во времени и пространстве постоянно изменяется.

Так, например, характер рифогенных образований франского и фаменского ярусов существенно различен [5]. Франское рифообразование значительно более интенсивное, имеет большую мощность. В органогенных постройках этого возраста прослеживаются множественные сложные симбиозы строматопороидей, известковых водорослей и цианобактерий. В фаменских органогенных постройках строматопороидеи присутствуют уже спорадически, практически все они образованы цианобактериями и известковыми водорослями (Рис. 2), что в значительной мере обусловлено массовым вымиранием на границе франского и фаменского времени (событием Кельвассер).

Для органогенных построек, сложенных преимущественно строматопорами, основу пустотного пространства составляют внутрикаркасные пустоты, приуроченные к ценостеумам строматопор.

Широкое развитие микробиальных сообществ сформировало в силурийско-нижнедевонском и верхнедевонско-турнейском комплексах боль-

шое разнообразие типов микробиальных каркасов, среди которых наиболее распространенными являются ламинитовые (слоистые) (Рис. 1В, 2А), узорчатые (Рис. 1Г, 2Б), столбчатые (тромболитовые и строматолитовые) (Рис. 1Г, 2В).

Первые два распространяются в виде крупных покровов, образуя биостромы и пологие малоамплитудные биогермы. Первичное пустотное пространство в них приурочено в основном к фенестровому типу пустот. В слоистых строматолитовых известняках проницаемость или связность пустот, как правило, выше по латерали и резко ниже по вертикали. Необходимо отметить, что первичная пористость в подобных породах часто резко сокращается процессами раннедиагенетической спаритизации.

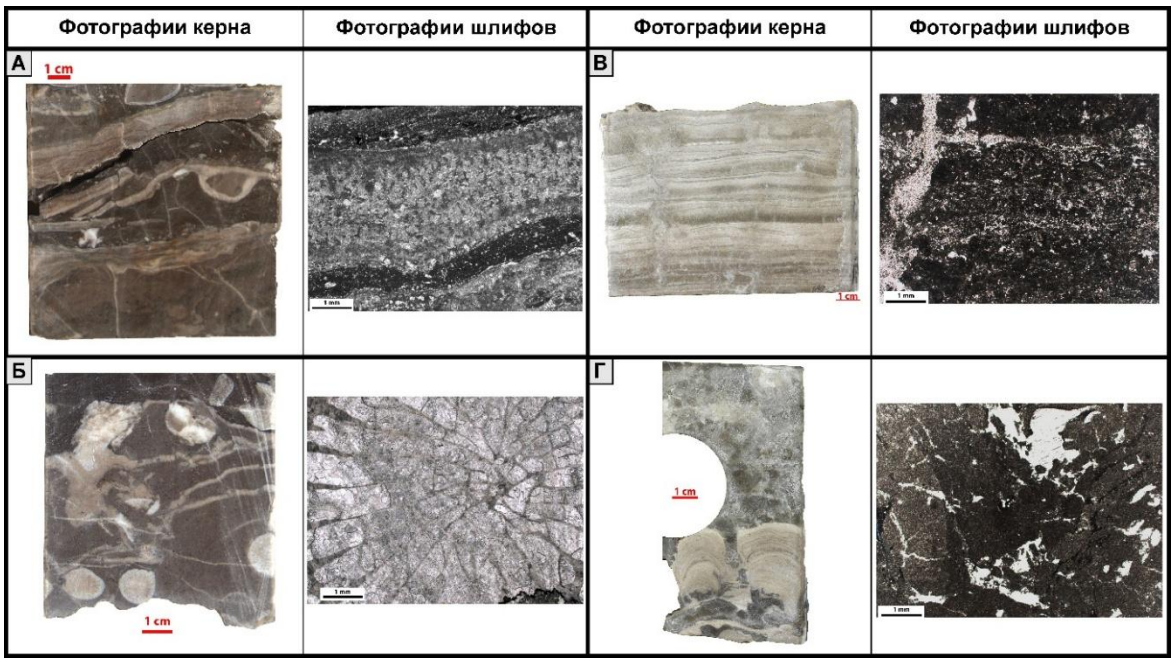

Рис. 1. Основные каркасообразующие организмы силурийско-нижнедевонского возраста: А) строматопороидеи; Б) кораллы и строматопороидеи; В) цианобактерии, формирующие В) ламинитовые и Г) узорчато-столбчатые формы. Фотографии шлифов без анализатора, синим цветом прокрашено пустотное пространство

Для столбчатых и водорослево-микробиальных разностей коллекторский потенциал в большей степени связан с межкаркасным заполнением, т.к. каркасные элементы в них часто рассредоточены (Рис. 2В,2Д).

Структура межкаркасного заполнения зависит от соотношения граноморфных и сгустковых компонент. Для граноморфного заполнения характерны межформенный и реже внутриформенный тип пустот. Морфология пустот обусловлена степенью сортировки и разнообразия форменных элементов (преимущественно комков, интракластов и онкоидов микробиального генезиса, а также биокластов известковых водорослей и строматопор). Часто внутриформенные пустоты фильтрационно не связаны с внешним пустотным пространством. Для сгусткового заполнения характерна микропористость. Чем выше доля сгустковой компоненты относительно граноморфной, тем меньше размер межформенных пор, вплоть до их исчезновения [1].

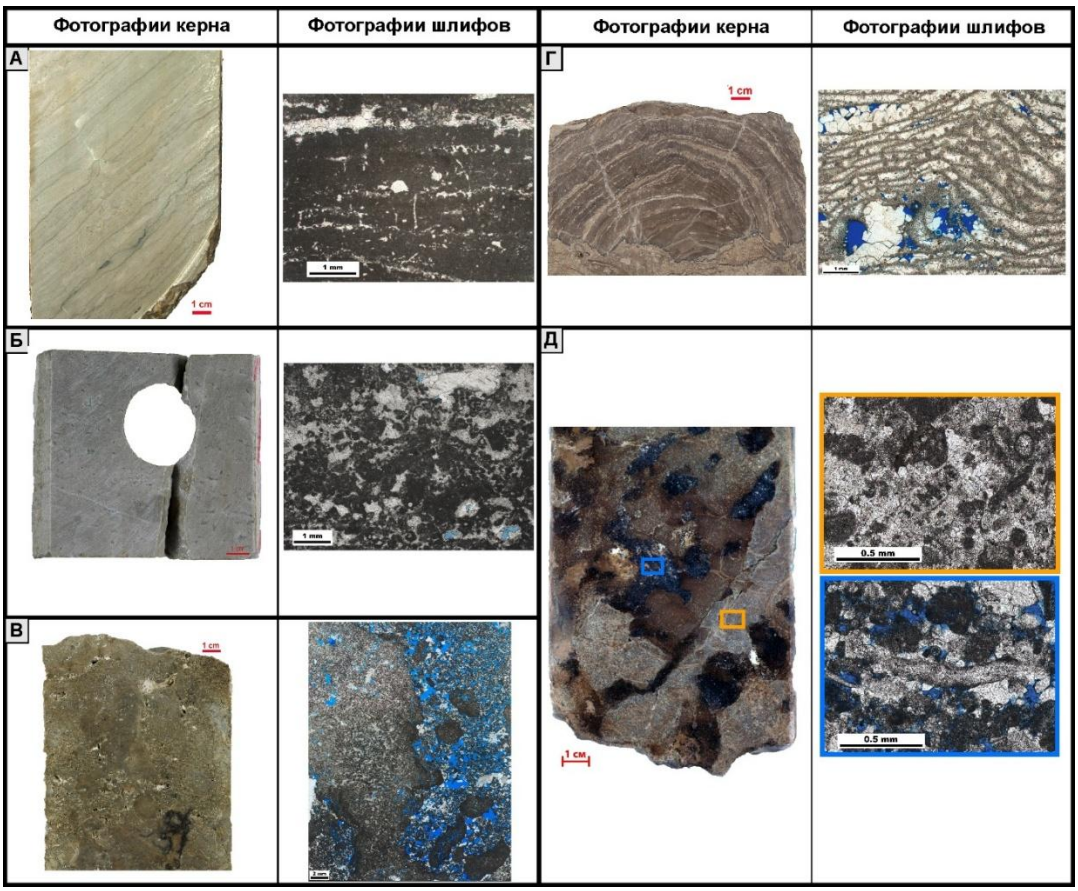

Рис. 2. Основные каркасообразующие организмы верхнедевонско-турнейского возраста: цианобактерии, формирующие А) ламинитовые, Б) узорчатые и В) столбчатые тромболитовые формы; Г) строматопороидеи; Д) зеленые водоросли. Фотографии шлифов без анализатора, синим цветом прокрашено пустотное пространство

Для пород силурийско-нижнедевонского комплекса характерна вторичная доломитизация известняков, в разной степени «стирающая» облик первичной породы, вплоть до полного замещения первичной структуры кристаллическим доломитом. При этом чаще, чем структура породы, сохраняется текстурный и микротекстурный облик, по которому иногда возможно реконструировать каркасостроителя (Рис. 3). Сохранение текстурных особенностей иногда сопряжено с сохранением первичного распределения пустотного пространства.

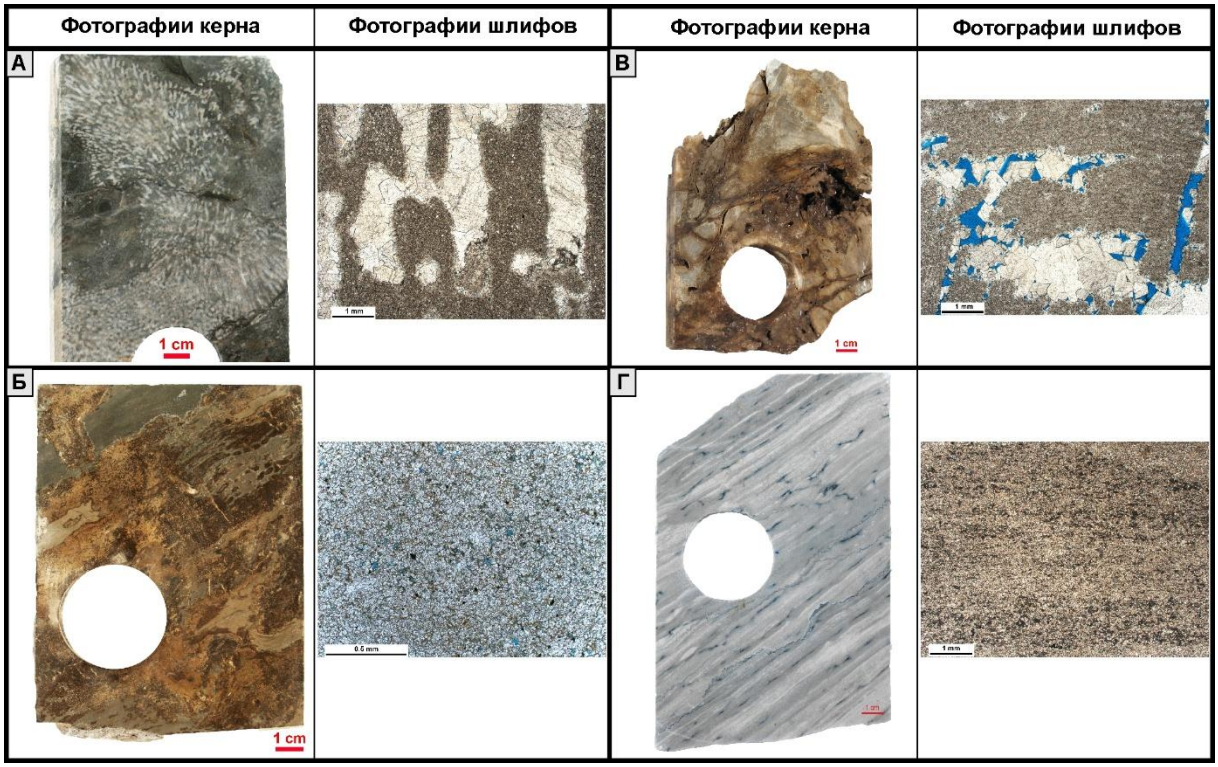

Рис. 3. Примеры вторичных доломитов по известнякам силурийско-нижнедевонского возраста: А) по коралловому; Б) по водорослевому; В) по строматопоровому; Г) ламинитовому. Фотографии шлифов без анализатора, синим цветом прокрашено пустотное пространство

В ***пермско-каменноугольное*** время произошел расцвет разнообразных каркасообразующих организмов, таких как мшанки, известковые водоросли, палеоаплизины, кораллы и другие (Рис. 4). Эволюция биоценозов определила тип каркаса и геометрию первичного пустотного пространства.

Для отложений данного возраста характерны органогенные постройки, сложенные как одним-двумя биоценозами (например, мшанковым, водорослево-микрокодиевым, палеоаплизиново-микрокодиевым и др.), так и постройки с более сложным строением.

В постройках со сложным внутренним устройством прослеживаются определенные типы сукцессий. Нижнюю часть их составляют преимущественно тубифитовый либо водорослевый биоценозы, далее вверх по разрезу их сменяет палеоаплизиновый биоценоз, а завершает сукцессионный ряд микрокодиевый биоценоз. Подчеркнем, что в постройках, сложенных 2-3 биоценозами, завершают сукцессионный ряд также чаще всего микрокодии [3]. При этом в постройках, в строении которых микрокодиевые образования играют значительную роль, толщины их слоев накопления составляют от 2 до более 22 м.

Тела большинства каркасных организмов микропористые и обладающие внутрикаркасными пустотами. При этом их краевые части, стенки, более плотные, непроницаемые, и часто не позволяют внутрикаркасной емкости вносить свой вклад в эффективный пустотный объем породы.

В целом, хорошей сообщаемостью в данных породах обладают межкаркасные пустоты, размер которых последовательно может быть и сокращен в результате развития спаритового цемента (Рис. 4Е), и увеличен вследствие выщелачивания (Рис. 4А - Д).

При этом надо понимать, что структура пустотного пространства биогермных пород зависит от состава и количества межкаркасного материала, заполняющего данные пустоты. Разновидности подобных литотипов и их коллекторский потенциал будут рассмотрены в следующем разделе статьи.

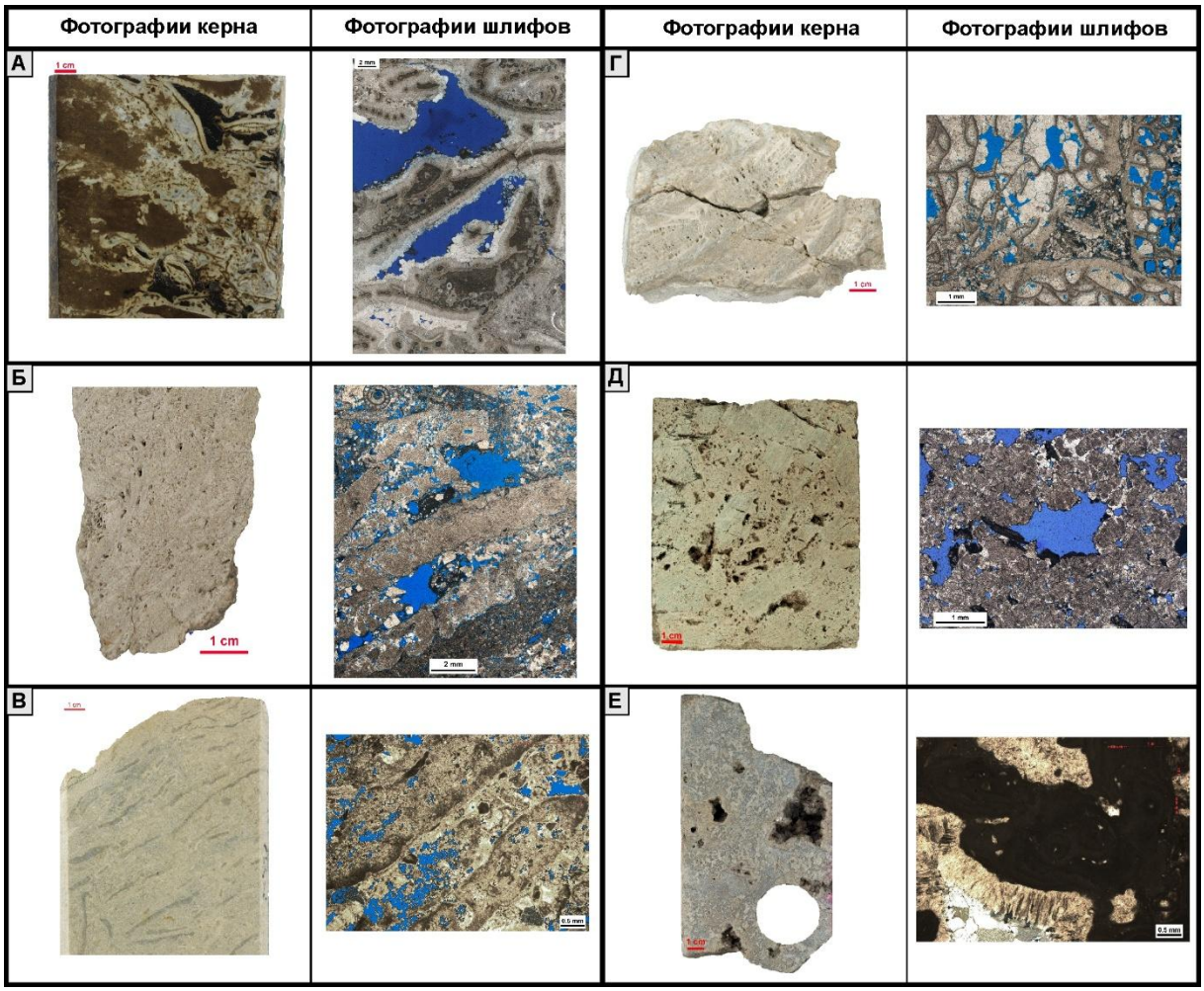

Рис. 4. Основные каркасообразующие организмы пермско-каменноугольного возраста: А) мшанки; Б) филлоидные водоросли; В) палеоаплизины; Г) кораллы; Д) микрокодии; Е) тубифитесы. Фотографии шлифов: А-Д – без анализатора, синим цветом прокрашено пустотное пространство; Е – с анализатором

Морфологически выраженные органогенные постройки часто сопровождались накоплением слоев грейнстоунов, структура которых определяется составом биоценоза (Рисунок 5). Их широкое развитие в пермско-каменноугольном комплексе связано с появлением различных видов мшанок, криноидей, водорослей, скелеты которых часто подвергались разрушению вследствие активной гидродинамики среды и устойчивому сносу в пределах, распространенных в то время малоамплитудных построек.

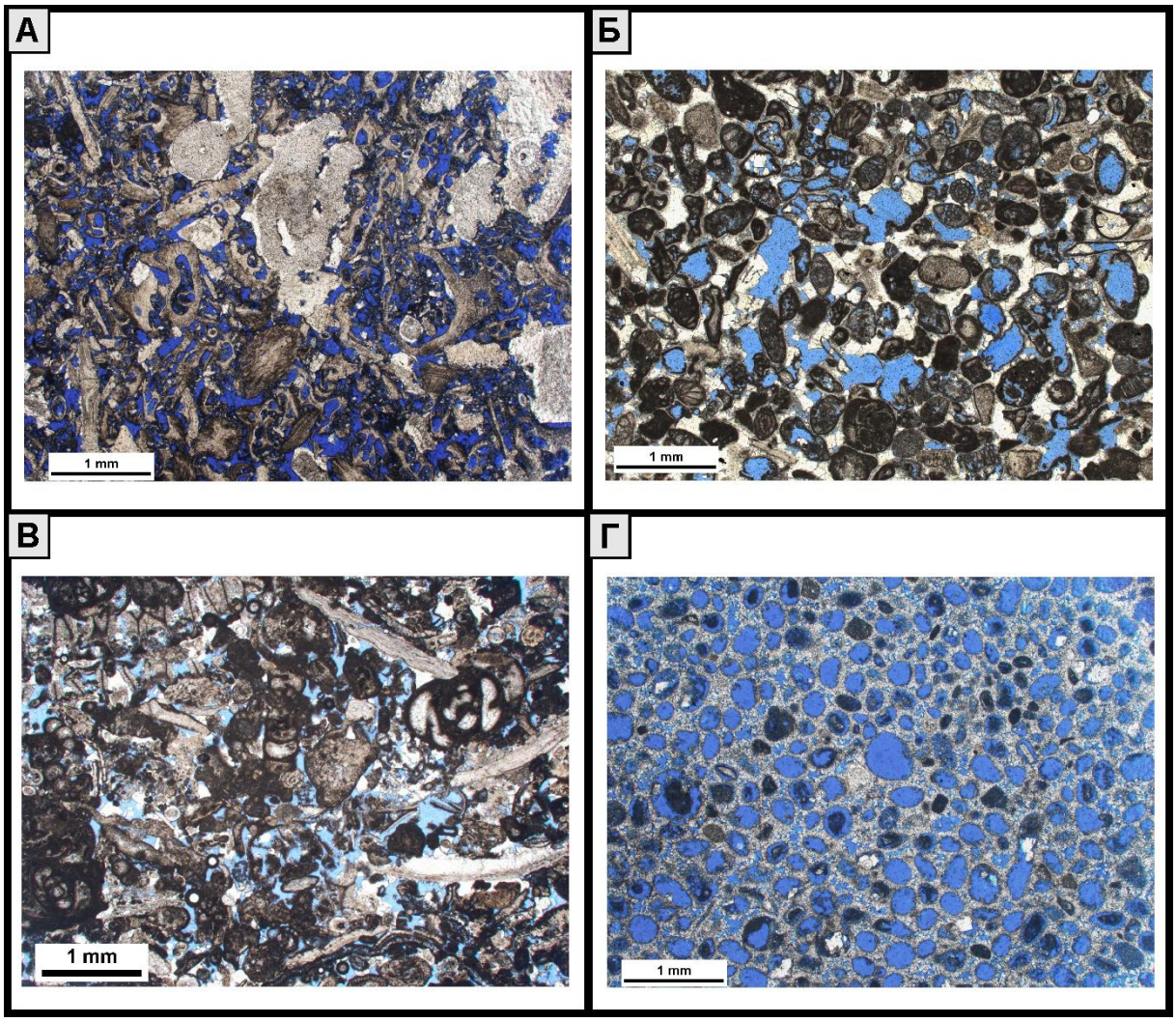

Рис. 5. Типы грейнстоунов пермско-каменноугольного возраста: А) криноидно-мшанковый; Б) фораминиферово-водорослевый; В) полидетритовый, Г) реликтовый. Фотографии шлифов без анализатора, синим цветом прокрашено пустотное пространство

В криноидно-мшанковых разностях (Рис. 5А) отмечается практически полное отсутствие либо незначительное содержание другой биоты. Следовательно, для образования таких разностей поступал детрит преимущественно двух источников сноса – из мшанковых биогермов и криноидных зарослей. Емкостное пространство в данном типе пород представлено межформенными и внутриформенными (в ячейках мшанок) порами.

Для фораминиферово-водорослевых грейнстоунов (Рис. 5Б) характерен различный состав водорослевой компоненты: разнообразные виды зеленых, багряных водорослей, а также цианей и фораминифер, что, соответ-

ственно, вносит существенные различия в морфометрические параметры межформенных пустот. Эти факторы проявляются в резкой неоднородности петрофизических параметров [4].

Третий тип грейнстоунов по составу биоценозов – полидетритовый (Рис. 5В). По составу обломков бывает очень разнообразен. Это детрит водорослей, фораминифер, криноидей, мшанок, брахиопод, остракод, кораллов, двустворчатых моллюсков, тубифитесов, а также редкие оолиты и интракласты. Подобное видовое разнообразие обломков, а также степень их сортировки, окатанность зависят от источников сноса около конкретной органогенной постройки, рельефа дна, скорости и длительности транспортировки, локальных течений и т.п. Такая многофакторность предопределяет еще более неоднородные характеристики морфометрических параметров пустот и соответственно распределение петрофизических параметров. При этом генетические типы пустот сохраняются – это межформенные и внутриформенные (в камерах фораминифер, чехлах водорослей, ячейках мшанок, целых раковинах остракод, ячейках мшанок) поры.

В отличие от вышеописанных трех типов грейнстоунов, которые выделяются по составу биоценозов, спорадически в разрезах органогенных построек встречаются маломощные прослои так называемых реликтовых грейнстоунов. Форменные элементы в данных породах практически нацело выщелочены, иногда сохраняются стенки и отдельные части некоторых из них, по которым частично можно диагностировать первичный состав грейнстоуна. При этом все межформенное пространство выполнено спаритом.

Это приводит к появлению инвертированного (вместоформенного) пустотного пространства, которое по фильтрационным свойствам отличается от совокупного внутри- и межформенного (Рис. 5Г). В практической работе литолога-нефтяника часто сложно отличить отдельные типы грейнстоунов друг от друга в керне без изготовления шлифов.

Анализ коллекторского потенциала карбонатных пород

Комплексирование результатов проделанной работы позволило создать седиментационную классификацию известняков [6], учитывающую все встречающиеся в практической работе литолога-нефтяника разности пород (Рис. 6). Такое разделение обосновано для известняков как пермско-каменноугольного, так и верхнедевонско-турнейского и силурийско-нижнедевонского возраста.

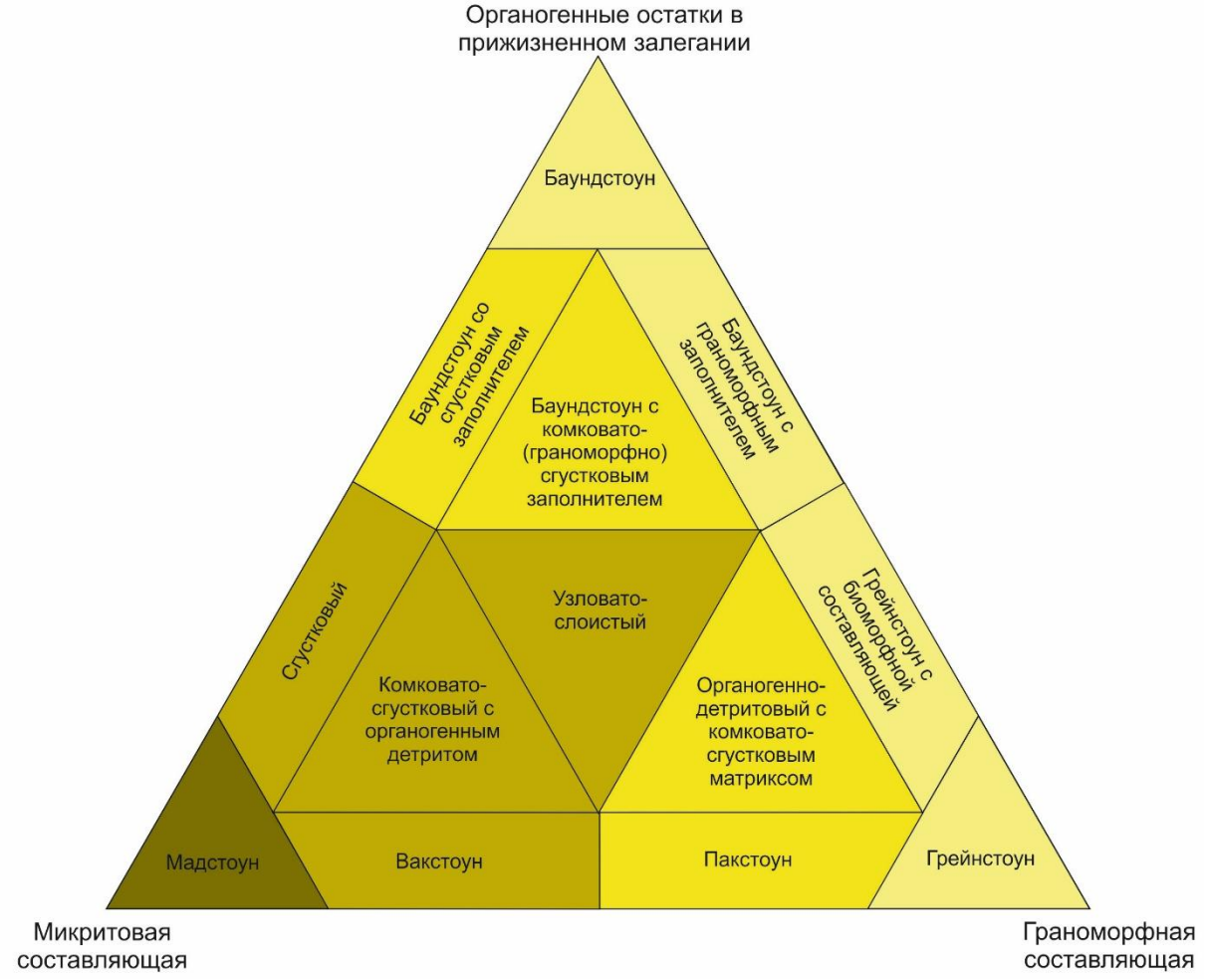

Рис. 6. Седиментационная классификация известняков Оленовой К.Ю., Постникова А.В. [6]

Интенсивность цветовой заливки полей диаграммы возрастает по мере снижения возможности формирования в породах первичного открытого пустотного пространства, в соответствии с чем породы разделяются на четыре группы:

1) высокий коллекторский потенциал: баундстоун, баундстоун с граноморфным заполнителем, грейнстоун с биоморфной составляющей, грейнстоун.

2) умеренный коллекторский потенциал: баундстоун со сгустковым заполнителем, баундстоун с комковато (граноморфно) - сгустковым заполнителем, органогенно-детритовый с комковато-сгустковым матриксом, пакстоун;

3) низкий коллекторский потенциал: узловато-слоистый; сгустковый; комковато-сгустковый с органогенным детритом; вакстоун;

4) отсутствие пустотного пространства: мадстоун.

Реализация коллекторского потенциала выделенных групп пород также зависит от диагенетических и эпигенетических преобразований, которые рассматриваемая диаграмма не отражает.

Литолого-петрофизические характеристики силурийско-нижнедевонских, верхнедевонско-турнейских и пермско-каменноугольных комплексов рассмотрены в работах [4, 7, 8]

На рис. 7 приведены примеры генетических типов пустот для пород высокого (1 группа) и умеренного (2 группа) коллекторского потенциала.

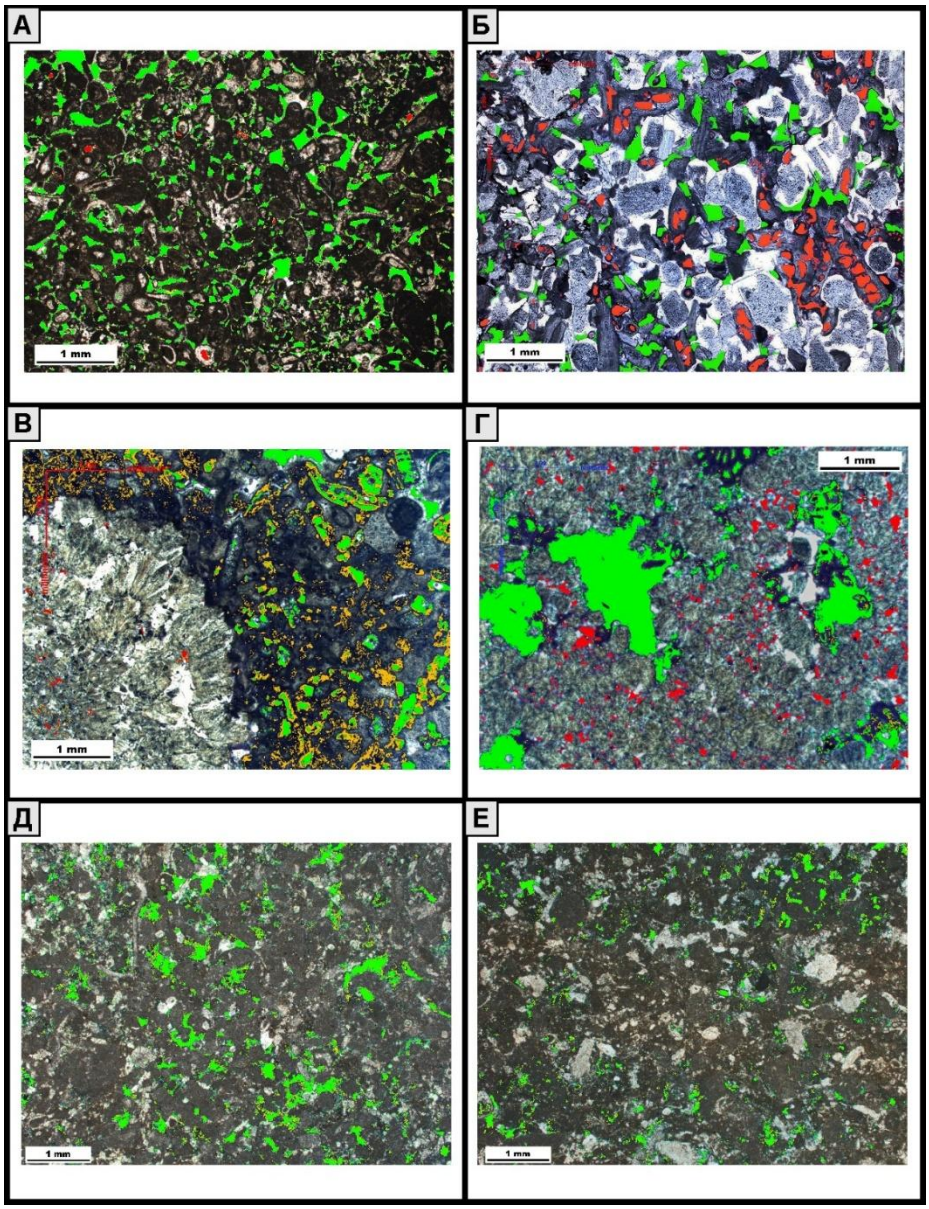

Рис. 7. Генетические типы пустотного пространства для пород 1-ой (А-Г) и 2-ой групп (Д-Е). А-Б) Грейнстоуны: фораминиферово-водорослевый (А) и криноидно-мшанковый (Б). Красным цветом выделены внутриформенные поры; зеленым – межформенные. В) Микрокодиевый баундстоун с граноморфным заполнителем. Красным цветом выделены внутрикаркасные поры, зеленым – межкаркасные (внутри- и межформенные) поры, желтым – микропористые участки. Г) Микрокодиевый баундстоун. Красным выделены внутрикаркасные поры. Межкаркасное пространство открытое, редко заполнено остатками фораминифер и тубифитов, выделено зеленым цветом; желтым – микропористые участки. Д-Е) Межкаркасные заполнители в водорослево-микробиальном баундстоуне: сгустково-водорослево-комковатый (Д) и водорослево-комковато-сгустковый (Е). Зеленым цветом выделены межформенные пустоты, желтым – микропористые участки

Заключение

Состав биоценозов известняков верхнедевонско-турнейского и силурийско-нижнедевонского нефтегазоносных комплексов Тимано-Печорской провинции резко отличается от вышележащего пермско-каменноугольного.

Основные каркасообразующие организмы пермско-каменноугольного возраста – это мшанки, филлоидные водоросли, палеоаплизины, кораллы, микрокодии и тубифитесы. В породах верхнедевонско-турнейского возраста – это цианобактерии (формирующие ламинитовые, узорчатые и столбчатые тромболитовые формы), строматопороидеи и зеленые водоросли, а также кораллы.

В результате роста каркасных построек, накопления граноморфного материала и/или карбонатного ила в пространстве между ними (межкаркасное заполнение) и в виде отдельных толщ на этапе седиментогенеза формируется первичное пустотное пространство пород.

Проведена характеристика генетических типов пустотного пространства карбонатных пород. Исследование факторов организации пустотного пространства литолого-петрофизическими методами на породном уровне выступает основой для исследований на более крупных иерархических уровнях.

Выявлено, что высоким коллекторским потенциалом обладает следующая группа известняков: баундстоуны, баундстоуны с граноморфным заполнителем, грейнстоуны с биоморфной составляющей и грейнстоуны. Относительно хорошими фильтрационно-емкостными свойствами обладает вторая группа пород: баундстоуны со сгустковым, с комковато (граноморфно) - сгустковым заполнителями, органогенно-детритовые известняки с комковато-сгустковым матриксом, а также иногда пакстоуны.

Именно эти литотипы слагают основу органогенных построек, к которым большей частью приурочены месторождения углеводородов.

Список литературы

1. Постников А.В., Оленова К.Ю., Сивальнева О.В., Козионов А.Е., Казимиров Е.Т., Путилов И.С., Потехин Д.В., Саетгараев А.Д. Генетические типы пустотного пространства и закономерности их распределения в карбонатных природных резервуарах Тимано-Печорской провинции // Экспозиция Нефть Газ. 2022. № 1. С. 22–28.
2. Тимонин Н.И. Печорская плита: История геологического развития в фанерозое: автореферат. Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 1998. 48 с.
3. Микрокодиевые известняки северной части Колвинского мегавала / Оленова К.Ю. // Литология и геология горючих ископаемых, № V (21). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. С. 68-75.
4. Литология и природные резервуары нижнепермских карбонатных отложений северной части Колвинского мегавала. Оленова К.Ю. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина. Москва, 2011.
5. Кузнецов В.Г. Эволюция карбонатонакопления в истории Земли. – М.: ГЕОС, 2003. – 262 с.
6. Оленова К.Ю., Постников А.В. Проблемы типизации известняков в нефтегазовой литологии // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории. Материалы VII Всероссийского литологического совещания (Новосибирск, 28–31 октября 2013 г.). В 3 т. / Рос. акад. наук, Науч. совет по проблемам литологии и осадочных полезных ископаемых при ОНЗ; Сиб. отд-ние, Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2013. – Т. II. – стр. 341- 346.
7. Казимиров Е.Т., Нуриахметов Р.Р., Постников А.В. Текстурно-структурные формы организации пустотного пространства в фаменских карбонатных природных резервуарах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Разведка и охрана недр. 2023. №6. С. 45-51.
8. Реконструкция условий формирования и закономерности пространственного распределения пород-коллекторов нижнедевонских нефтегазоносных отложений северо-восточной части хорейверской впадины / Сивальнева О.В. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина. Москва, 2015.

References

1. Postnikov A.V., Olenova K.Yu., Sivalneva O.V., Kozionov A.E., Kazimirov E.T., Putilov I.S., Potekhin D.V., Saetgaraev A.D. Genetic void types and their distribution regularities in carbonate reservoirs of Timan-Pechora province // Oil Gas Exposition. 2022. № 1. P. 22–28. (in Russian)
2. Timonin N.I. The Pechora plate: History of geological development in the Phanerozoic: autor’s abstract. Syktyvkar: Institute of Geology, Komi Scientific Center, Ural Department of the Russian Academy of Sciences, 1998, 48 p. (in Russian)
3. Microcodievye izvestnyaki severnoy chasti Kolvinskogo megavala [Microcodium limestones from northern part of the Kolvin megaswell] / Olenova K.Yu. // Lithology and geology of fossil fuels, №V (21). Yekaterinburg: USMU, 2011. p. 68-75 (in Russian)
4. Lithologiya i prirodnye rezervuary nizhnepermskih karbonatnyh otlozheniy severnoy chasti Kolvinskogo megavala [Lithology and reservoir of the Lower Permian carbonate deposits from northern part of the Kolvin megaswell]. Olenova K.Yu. Dissertation for the degree of Candidate of Geological and Mineralogical Sciences / Gubkin Russian State University of Oil and Gas. Moscow, 2011. (in Russian)

5. Kuznetsov V.G. Evolution of carbonate accumulation in the history of the Earth. – M.: GEOS, 2003. – 262 p. (in Russian)
6. Olenova K.Yu., Postnikov A.V. Classification problems of limestones in oil and gas lithology. Sedimentary basins, sedimentary and post-sedimentary processes in geological history. Proceedings of the VII All-Russian Lithological Meeting. Novosibirsk, 2013, October 28–31. Novosibirsk: INGG SB RAS, 2013, Vol 2, P. 341–346. (in Russian)

Сведения об авторах

Оленова Ксения Юрьевна, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией седиментологии и литологических коллекций, Апрелевское отделение ФГБУ «ВНИГНИ»
Россия, 143363, Московская область, Наро-Фоминский городской округ, Апрелевка, ул. 1-я Кетрица, 1
E-mail: olenovaksen@mail.ru

Казимиров Егор Тимурович, ассистент кафедры литологии РГУ (НИУ) нефти и газа имени И.М. Губкина
Россия, 119296, Москва, Ленинский проспект, 65
E-mail: egorcasual@yandex.ru

Нуриахметов Рузиль Рафикович, аспирант кафедры литологии РГУ (НИУ) нефти и газа имени И.М. Губкина
Россия, 119296, Москва, Ленинский проспект, 65
E-mail: nuriahmetov25@gmail.com

Authors

K.Yu. Olenova, PhD in Geology and Mineralogy, Head of the Department of Sedimentology and Lithological Collections, Aprelevka Branch of VNIGNI
1, 1st Ketritsa Str., Aprelevka, Moscow region, 143363, Russian Federation
E-mail: olenovaksen@mail.ru

E.T. Kazimirov, assistant in Lithology department of Gubkin Russian State University of oil and gas
65, Leninsky Pr., Moscow, 119296, Russian Federation
E-mail: egorcasual@yandex.ru

R.R. Nuriahmetov, aspirant in Lithology department of Gubkin Russian State University of oil and gas
65, Leninsky Pr., Moscow, 119296, Russian Federation
E-mail: nuriahmetov25@gmail.com

Статья поступила в редакцию 08.10.2025
Принята к публикации 15.12.2025
Опубликована 30.12.2025