

Научная статья

УДК 552.54

DOI: 10.31084/2619-0087/2022-3-6

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И АНАЛИЗ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВИЗЕЙСКОГО ЯРУСА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ИМ. Р. ТРЕБСА

Е. О. Шиянова, М. А. Смакова

ООО «РН-БашНИПИнефть», 450006, г. Уфа, ул. Ленина 86/1, smakovama@bnipi.rosneft.ru

В данной работе приведены результаты литологического исследования визейских отложений на месторождении имени Р. Требса, относящегося к Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. В ходе детального петрографического анализа выделены 13 литотипов известняков, доломитов и ангидритов, проведен анализ структуры пустотного пространства с использованием данных исследования фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) и сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), рассмотрено влияние вторичных процессов на коллекторские свойства породы.

Ключевые слова: визейский ярус, карбонатные породы, месторождение им. Р. Требса, нефтенасыщение, литотипы, пустотное пространство, Тимано-Печорская НГП

Original article

LITHOLOGY AND ANALYSIS OF THE VOID SPACE OF VISEAN CARBONATE AT THE TREBS DEPOSIT

E. O. Shiyanova, M. A. Smakova

ООО RN-BashNIPIneft, Lenina 86/1 str., Ufa, 450006, Russia, smakovama@bnipi.rosneft.ru

The article presents the results of a lithological study of the Visean carbonates at the Trebs deposit, that is located in the Timano-Pechora oil and gas province. A detailed petrographic analysis permitted to identify 13 lithotypes of limestones, dolomites and anhydrites. An analysis of the structure of the void space was carried out using the filtration and capacity characteristics and SEM data, and the influence of secondary processes on the reservoir properties of the rock was considered.

Keywords: Visean stage, carbonate rocks, Trebs deposit, oil saturation, lithotypes, void space, Timano-Pechora oil and gas field

ВВЕДЕНИЕ

Месторождение им. Р. Требса приурочено к северной части Колвависовского нефтегазоносного района (НГР) Хорейверской нефтегазоносной области (НГО) Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (НГП). В разрезе осадочного чехла Хорейверской НГО выделяются 8 нефтега-

зоносных комплексов (НГК), с которыми связаны залежи нефти и перспективы нефтегазоносности региона: 1) нижне-среднеордовикский терригенный; 2) среднеордовикско-нижнедевонский карбонатный; 3) среднедевонско-нижнефранский терригенный; 4) доманиково-турнейский карбонатный; 5) нижневизейский терригенный; 6) верхневизейско-нижнепермский карбонатный;

Для цитирования: Шиянова Е. О., Смакова М. А. Литологическая характеристика и анализ пустотного пространства карбонатных отложений визейского яруса на месторождении им. Р. Требса // Геологический вестник. 2022. №3. С. 65–78. DOI: 10.31084/2619-0087/2022-3-6

For citation: Shiyanova E. O., Smakova M. A. (2022) Lithology and analysis of the void space of Visean carbonate at the Trebs deposit. *Geologicheskii vestnik*. 2022. No. 3. P. 65–78. DOI: 10.31084/2619-0087/2022-3-6

© Шиянова Е. О., Смакова М. А., 2022

7) пермский терригенный; 8) триасовый терригенный.

Промышленная нефтеносность месторождения им. Р. Требса установлена в карбонатных отложениях верхнего силура, нижнего и верхнего девона, входящих в состав верхнеордовикско-нижнедевонского и доманиково-турнейского НГК. Разрезы данного возраста всесторонне изучены по скважинам [Душин и др., 2015; Шуматбаев и др., 2015; Душин, 2016; Гаймалетдинова и др., 2018; Гимазов и др., 2018]. В последнее время большое внимание уделяется изучению верхневизейско-нижнепермского карбонатного комплекса как потенциально перспективного.

Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция, включающая свыше 200 месторождений углеводородного сырья промышленного масштаба, в том числе месторождение им. Романа Требса, структурно приурочена к погруженной северо-восточной части Восточно-Европейской платформы и прилегающим с востока Предуральскому и Предпайхойскому краевым прогибам [Большаков и др., 2004]. Также в НГП выявлен ряд широко распространенных нефтегазопроявлений и скоплений УВ ископаемых непромышленного характера как по разрезу осадочного чехла, так и по площади.

Согласно современному тектоническому районированию месторождение им. Р. Требса приурочено к северной части Садаггинской ступени, относящейся к Хорейверской впадине, которая входит в состав одной из крупнейших отрицательных структур Тимано-Печорской плиты — Хорейверско-Печороморской синеклизе (рис. 1). В структурном плане Хорейверская впадина является областью погружения горизонтов верхних частей осадочного чехла; с запада она ограничена Колвинским мегавалом, с востока валом Сорокина и с юго и юго-восточной части грядой Чернышова, а поверхность фундамента впадины представляет собой погребенный Большеземельский палеосвод [Белонин и др., 2004; Прищепина и др., 2011].

Северо-восточная часть Садаггинской ступени, которая включает территорию месторождения Требса, обладает стратиграфически полным разрезом, т. е. процессы седиментации в этой зоне имели максимальный характер, по сравнению со всей остальной территорией. В пределах месторождения скважинами вскрыты отложения палеозоя и мезозоя от силурийских до меловых, а также отложения четвертичной системы. Геологический разрез сложен преимущественно карбонатными

породами — известняками и доломитами с подчиненным количеством глинистых и терригенных отложений, развитых в основном в пермское и триасовое время.

Визейский ярус на месторождении им. Р. Требса представлен карбонатными отложениями окского надгоризонта, часто сульфатизированными, с нерасчлененными с ним кожжимскими образованиями в нижней части яруса (рис. 2). Отложения визе перекрываются схожими известняками и доломитами тарусско-стешевского горизонтов серпуховского яруса. В верхней части разреза серпуховского яруса развиты пачки светлых ангидритов с прослоями доломитов, которые могут рассматриваться в качестве покрывок. Визейские отложения с перерывом залегают на отложениях турнейского яруса, представленных известняками с подчиненным количеством аргиллитов.

При литологическом описании керна визейских отложений были обнаружены признаки присутствия углеводородов (УВ) — рассеянное органическое вещество в карбонатных породах и запах УВ на свежих сколах. Однако нефтенасыщение в ультрафиолетовом свете не проявлено или участками слабо проявлено, породы гидрофильны. Нами проведено литологическое изучение визейских отложений на месторождении им. Р. Требса, выделены и описаны литотипы пород, слагающих разрез, дана характеристика пустотного пространства пород.

Методика работ

В данной работе приведены результаты литологического исследования визейских отложений по шести скважинам. Объем изученного кернового материала составил 85.41 м.

Микроскопические исследования шлифов были выполнены на микроскопе Olympus BX53 с цифровой микроскопной видеокамерой SIMAGIS XS-3CU. Описание литотипов дано по терминологии Данэма [Dunham, 1962].

Определение открытой пористости образцов керна осуществлялся газоволюметрическим методом на гелиевом порозиметре-пермеатре AP-608 производства CORETEST Systems (США).

Исследование проницаемости образцов по гелию методом нестационарной фильтрации проводился на автоматизированном приборе для измерения пористости и проницаемости AP-608 производства CORETEST Systems. Измерения проницаемости выполняются с использованием

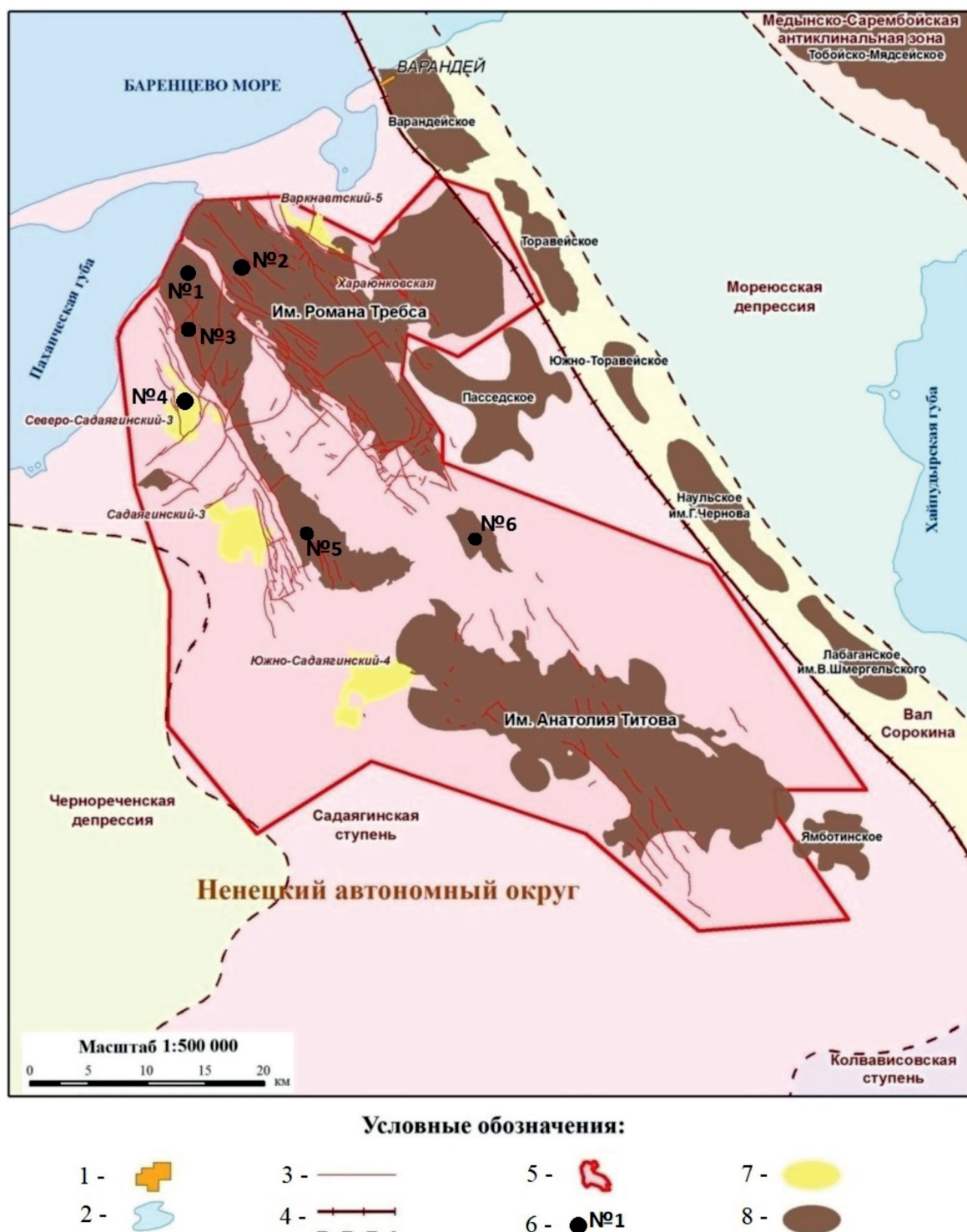


Рис. 1. Выкопировка из карты тектонического районирования Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции [Саттаров и др., 2018]

Условные обозначения: 1 — населенные пункты; 2 — водоемы; 3 — тектоническая дислокация; 4 — границы тектонических элементов; 5 — границы лицензионного участка; 6 — расположение исследуемых скважин; 7 — разведанный участок; 8 — залежи нефти.

Fig. 1. A copy of tectonic zoning map of Timano-Pechora oil and gas province [Sattarov, 2018]

Legend: 1 — settlements; 2 — water bodies; 3 — tectonic dislocation; 4 — boundaries of tectonic elements; 5 — boundaries of licensed area; 6 — location of studied wells; 7 — prospected area; 8 — oil deposits.

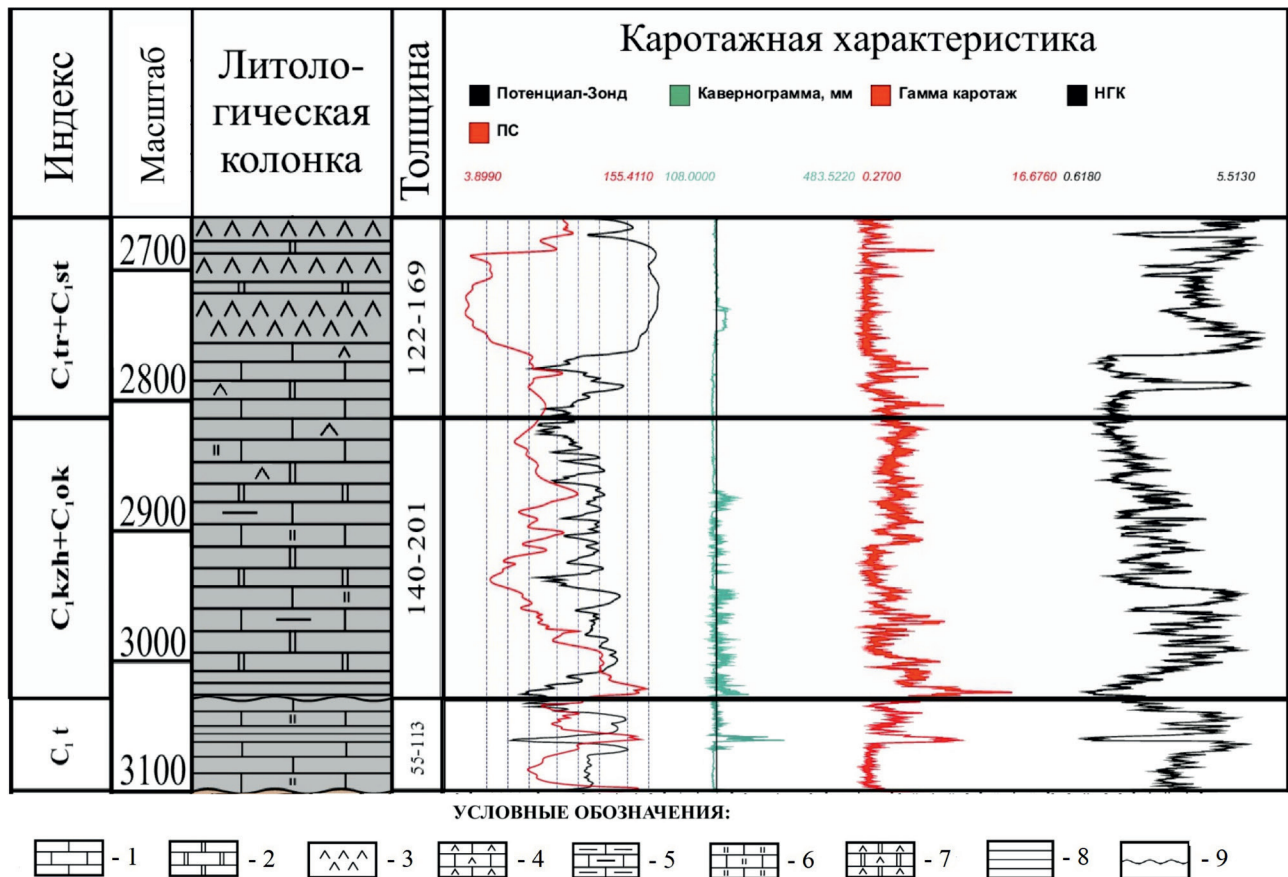


Рис. 2. Сводный геолого-геофизический разрез отложений нижнего карбона на месторождении им. Р. Требса
 Условные обозначения: 1 — известняк; 2 — доломит; 3 — ангидрит; 4 — известняк сульфатизированный; 5 — известняк глинистый; 6 — известняк доломитизированный; 7 — доломит сульфатизированный; 8 — аргиллиты, глины; 9 — перерыв, размыв.

Fig. 2. Generalized geological profile with logging data of Lower Carboniferous at Trebs deposit

Legend: 1 — limestone; 2 — dolomite; 3 — anhydrite; 4 — sulphated limestone; 5 — argillaceous limestone; 6 — dolomitic limestone; 7 — sulphated dolomite; 8 — argillite, clays; 9 — break in sedimentation, erosion.

метода затухания импульса в неустановившемся состоянии.

Также исследования микроструктуры пустотного пространства горных пород и его минерального состава проводились на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Thermo Scientific Q250 analytical SEM компании "FEI" (Нидерланды).

Литологическая характеристика визейских отложений

Разрез визейских отложений на месторождениях им. Р. Требса сложен доломитами и известняками, а также переходными разностями — доломитами известковистыми и известняками доломитизированными, в различной степени сульфатизированными.

Известняки неравномерно доломитизированные, местами слабоглинистые, светлоокрашенные, микрокристаллические, биокластовые, пелоидно-биокластовые, биокластово-пелоидные со структурами мадстоун, вакстоун, пакстоун, редко флаутстоун, грейнстоун и рудстоун. В единичных маломощных прослоях присутствуют известняки органогенные преимущественно микробально-водорослевые. Известняки преимущественно плотные, малопористые и редко пористые. Текстура пород преимущественно массивная, реже слоистая, прерывисто-слоистая, нарушенная слабой биотурбацией.

Доломиты неравномерно известковистые, разнокристаллические, преимущественно тонкокристаллические, коричневато-серые, темно-серые, буровато-серые. Доломиты наследуют структуру известняков. Породы пористые, мелкокаверноз-

но-пористые. Текстура доломитов массивная, слоистая, волнисто-слоистая.

Сульфатизация проявлена по всему разрезу в виде гнездовидных включений различной формы и размеров (рис. 3), а также в виде рассеянной вкрапленности в основной массе пород. Кроме сульфатизации в породах проявлены и другие вторичные процессы, такие как доломитизация, выщелачивание, окремнение и трещинообразование. Вторичные процессы оказывают значительное влияние на коллекторские свойства пород и подробно рассмотрены в разделе «Анализ структуры пустотного пространства».

Доломиты залегают преимущественно в кровле пород, редко и в подошве, однако не во всех скважинах проявлена четкая закономерность распределения известняков и доломитов. В единичной скважине на юго-востоке исследуемой территории доломиты отсутствуют, а в кровле разреза залегают пачка ангидритов.

В ходе детального петрографического анализа выделены следующие литотипы (рис. 4):

Литотип 1. Известняк доломитизированный, мадстоун с редкими биокластами, малопористый. Известняк микритовый, биокласты представлены раковинным детритом остракод, брахиопод и фрагментами иглокожих. Доломит развит в виде рассеянных вкрапленников размерами в среднем до 0.1 мм, а также образует сплошные кристаллические массы в известняке. В редких образцах отмечается примесь ангидрита, выполняющая пойкилитовые прорастания в известняке. Единичные образцы известняков перекристаллизованы до крупно- и грубокристаллических (кальцит размерами до 7.0 мм).

Пустотное пространство пород представлено редкими изолированными межзерновыми и межкристаллическими порами. Значения пористости по данным ФЕС в среднем до 2%, а проницаемость не превышает 0.1 мД.

Литотип 2. Известняк доломитизированный, сульфатизированный, вакстоун пелоидно-биокластовый, биокластовый, массивной текстуры с элементами слоистой за счет прожилков и слоев глинисто-органического вещества, малопористый, участками пористый. Известняк микритовый, неравномерно перекристаллизованный до микроспарита, а также с неравномерным тонкокристаллическим цементом. Биокласты представлены раковинным детритом остракод, брахиопод и фораминифер, фрагментами иглокожих. Доломит развит в виде рассеянных вкрапленников размерами

до 0.2 мм. В редких образцах ангидрит образует пойкилитовые прорастания в известняке и частично развит по биокластам. Глинисто-органическое вещество образует невыдержанные нитевидные прожилки и слойки, которые определяют элементы слоистой текстуры.

Пустотное пространство представлено изолированными межзерновыми и внутризерновыми порами, а также короткими тонкими трещинами. Значения пористости по данным ФЕС до 6.6%, а проницаемость достигает 2.75 мД.

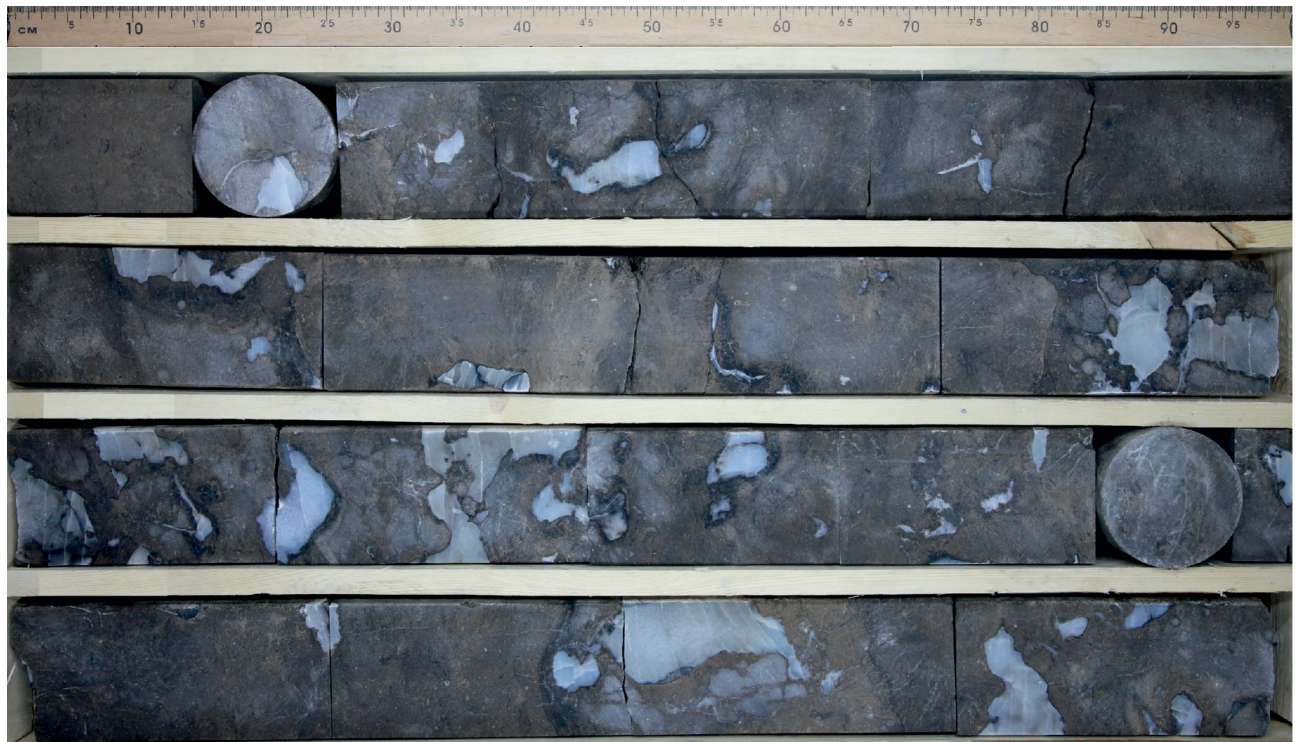
Литотип 3. Известняк флаутстоун, пакстоун и вакстоун биокластовый, пелоидно-биокластовый, массивной текстуры, пористый. Известняк в основной массе микритовый, с неравномерно развитым тонко-мелко-среднекристаллическим цементом. Биокласты мелкой и крупной размерности, представлены раковинным детритом остракод, брахиопод, фораминифер, детритом водорослей и фрагментами иглокожих.

Известняки данного литотипа пористые и высокопористые. Пустотное пространство представлено межзерновыми, межкристаллическими и внутризерновыми порами изометричной, овальной, полигональной, удлиненной и неправильной формы. Значения пористости по данным ФЕС в интервале 5.3–14.2%, а проницаемость не превышает 2 мД.

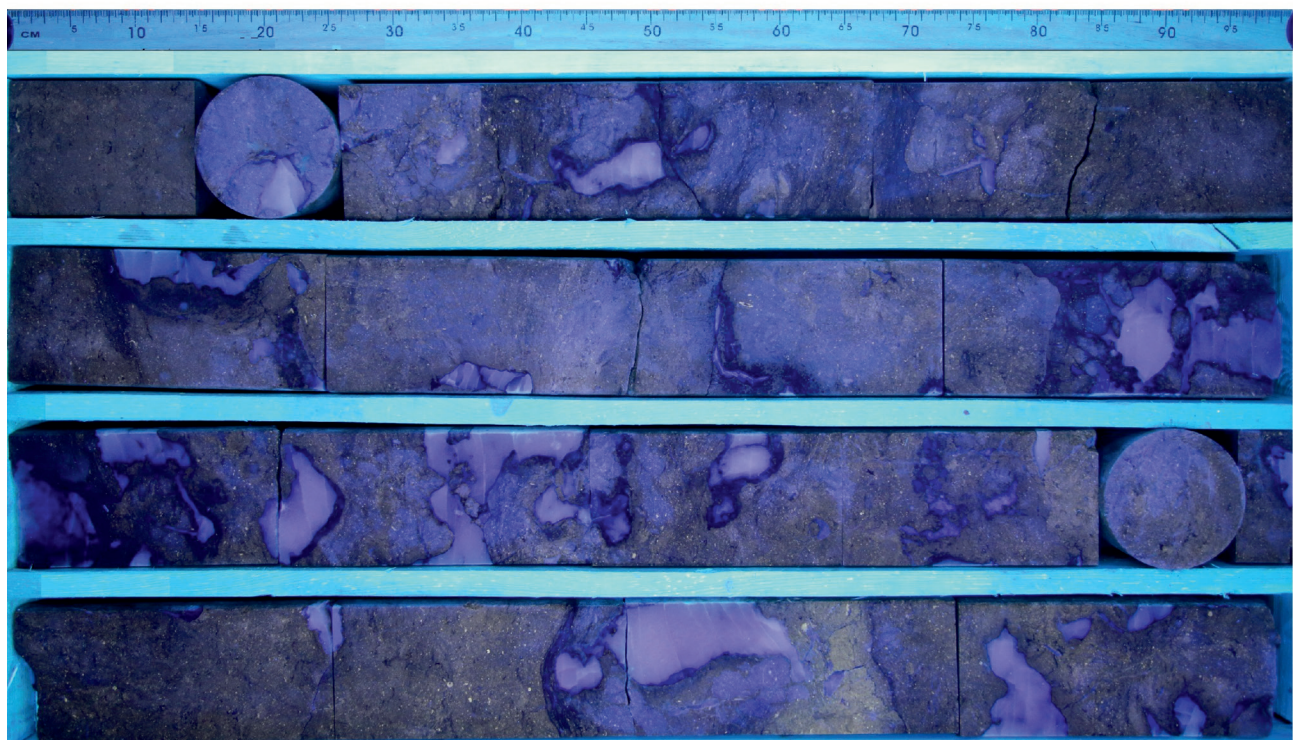
Известняки данного типа распространены в скважине на юго-востоке месторождения.

Литотип 4. Известняк в отдельных образцах доломитизированный и сульфатизированный, с глинистой примесью, флаутстоун, вакстоун и пакстоун, биокластовый, малопористый, массивной и неясно выраженной слоистой текстуры. Известняк участками микритовый, иногда с разнокристаллическим (до грубокристаллического) цементом, а также редко с синтаксиальным регенерационным цементом преимущественно по фрагментам иглокожих. Биокласты представлены раковинным детритом остракод, брахиопод, фораминифер, детритом водорослей и фрагментами иглокожих и кораллов. Доломит развит в виде рассеянных вкрапленников размерами в среднем до 0.15 мм, а также образует сплошные кристаллические массы в известняке. Ангидрит выполняет пойкилитовые прорастания в известняке.

Пустотное пространство представлено изолированными межзерновыми, внутрискелетными и внутризерновыми порами. Значения пористости по данным ФЕС варьируют в пределах 0.8–5.3%, а проницаемость не превышает 0.28 мД.



А



Б

Рис. 3. Фотографии керна сульфатизированных доломитов в дневном (А) и в ультрафиолетовом (Б) свете

Fig. 3. Photos of sulfated dolomite core in daylight (A) and ultraviolet light (B)

Литотип 5. Известняк рудстоун и грейнстоун пелоидно-биокластовый, литокластово-биокластовый, с разнокристаллическим цементом и с синтаксиальным регенерационным цементом преимущественно по фрагментам иглокожих, малопористый, массивный. Биокласты представлены раковинным детритом остракод, брахиопод, фораминифер, детритом водорослей и фрагментами иглокожих и кораллов.

Пустотное пространство представлено изолированными межзерновыми, внутрискелетными и внутризерновыми порами. Значения пористости по данным ФЭС до 5.4%, а проницаемость не превышает 0.1–0.15 мД.

Литотип 6. Известняк доломитистый, микробиально-водорослевый со структурой баундстоун, слоистой текстуры. Основная масса породы сложена микрокристаллической массой пелоидной структуры с участками перекристаллизации неправильной, узорчатой формы.

Пустотное пространство представлено преимущественно межкристаллическими порами на участках перекристаллизации. Внутренние стенки пор частично инкрустированы микро-тонкокристаллическим кальцитом. Значения пористости по данным ФЭС достигают 9%, а проницаемость 0.1 мД.

Литотип 7. Известняк мадстоун неравномерно слабо доломитистый, пористый, массивной текстуры. Основная масса породы микривоковая с редкими биокластами. Биокласты представлены раковинным детритом остракод, брахиопод и фрагментами иглокожих.

Пустотное пространство пород представлено неравномерно развитыми межкристаллическими и межзерновыми порами и мелкими кавернами неправильной формы, вероятно образованными за счет выщелачивания. Значения пористости по данным ФЭС достигают 15.3%, а проницаемость в пределах 0.1 мД.

Литотип 8. Доломит сульфатизированный, тонкокристаллический, с реликтовой структурой пакстоун и вакстоун известняка биокластово-пелоидного (водорослевый?), пористый, слоистой текстуры. Текстура пород обусловлена наличием прослоев с различной реликтовой структурой и подчеркнута послойным распределением межкристаллических пор. Сульфатизация развита неравномерно, преимущественно в прослоях со скоплением реликтов биокластов.

Пустотное пространство распределено крайне неравномерно: основная часть межкристалличе-

ских пор приурочена к прослоям со скоплениями реликтов биокластов, которые являются реликтовыми внутрiformенными и молдовыми пустотами. Пустоты изолированные и сообщающиеся посредством микротрещин. Значения пористости по данным ФЭС достигают 21.7%, а проницаемость — 12.5 мД.

Литотип 9. Доломит в различной степени известковый, сульфатизированный, в единичных образцах окремнелый, тонко-микрокристаллический, с реликтовой структурой мадстоун известняка биокластового, с редкими порами, малопористый, массивной и слоистой текстуры. Кальцит в породе развит в межкристаллическом пространстве доломита, в том числе выполняет пойкилитовые прорастания, либо развиты по реликтам биокластов. Ангидрит, как правило, заполняет трещины и пустоты.

Пустотное пространство представлено межкристаллическими порами неправильной и полигональной формы, которые являются реликтовыми межзерновыми, внутризерновыми и молдовыми пустотами. Пory изолированы, редко сообщаются посредством микротрещин. Значения пористости по данным ФЭС варьируют в интервале 1.2–5.1%, а проницаемость — 0.1–0.35 мД.

Литотип 10. Доломит тонкокристаллический, с реликтовой структурой баундстоун известняка микробиально-водорослевого, пористый, участками мелкокавернозно-пористый, массивной текстуры с элементами слоистости, редко с примазками ОВ. Элементы слоистости обусловлены невыдержанными глинисто-органическими слоями, развитыми в интерстициальном пространстве доломита.

Пустотное пространство представлено межкристаллическими порами полигональной формы. Пустоты изолированы, а также сообщаются посредством микротрещин и каналов. Значения пористости по данным ФЭС достигают 16.8%, а проницаемость от 1.0 до 16.15 мД.

Литотип 11. Доломит неравномерно известковый и сульфатизированный, разнокристаллический, пористый, мелкокавернозно-пористый, пигментированный коричневым органическим веществом, с неравномерной глинисто-органической примесью, массивной и слоистой текстуры.

Породы данного литотипа в наибольшем объеме развиты в разрезе визейских отложений. Доломит в породах в виде субидiomорфных и идиоморфных кристаллов преимущественно тонкой и мелкой размерности. Кальцит в виде ксеноморфных кристаллов развит в межкристаллическом

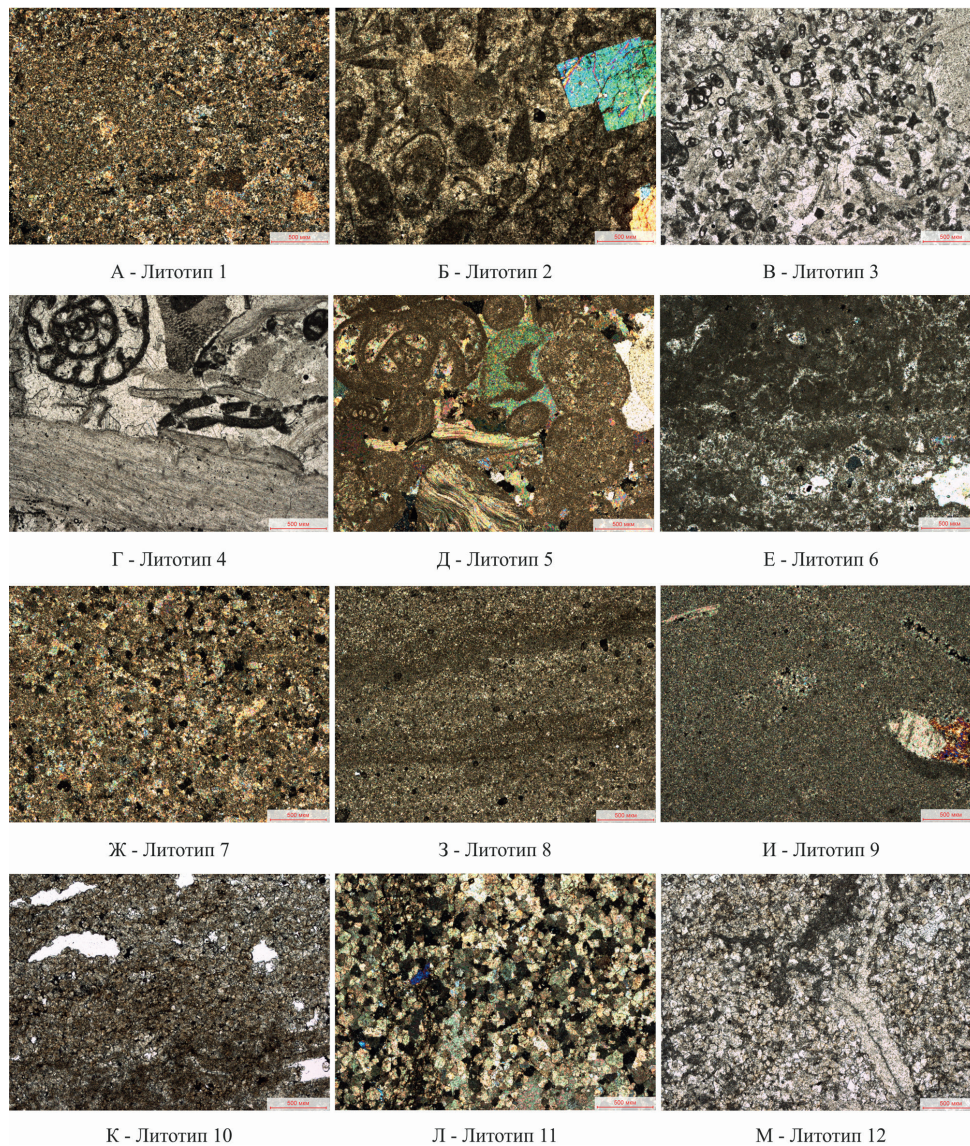


Рис. 4. Литологические типы карбонатных пород визейского яруса в шлифах

Условные обозначения: Известняки: А — микритовый мадстоун с редкими биокластами, доломитизированный (ув. x40, с анализатором); Б — пелоидно-биокластовый, биокластовый вакстоун, доломитизированный, сульфатизированный (ув. x40, с анализатором); В — биокластовый пакстоун и вакстоун, пористый (ув. x40, без анализатора); Г — биокластовый флаутстоун (ув. x40, без анализатора); Д — литокластово-биокластовый рудстоун (ув. x40, с анализатором); Е — микробиально-водорослевый баундстоун, с ед. порами (ув. x40, с анализатором); Ж — неравномерно доломитизированный, преимущественно микритовый, пористый (ув. x40, с анализатором).

Доломиты: З — тонкокристаллический, слоистый (ув. x40, с анализатором); И — тонко-микрористаллический, с редкими реликтами биокластов, неравномерно известковистый и сульфатизированный (ув. x40, с анализатором); К — тонкокристаллический, с реликтовой структурой баундстоун известняка микробиально-водорослевого, мелкокавернозно-пористый (ув. x40, без анализатора); Л — разнокристаллический, с порами, с включениями сульфатов (ув. x40, с анализатором); М — разнокристаллический, с реликтовой структурой мадстоун и вакстоун известняка биокластового (ув. x40, без анализатора).

Fig. 4. Microphotos of thin sections of lithotypes of Visean carbonate

Legend: Limestones: A — micritic dolomitic mudstone with rare bioclasts (x40, with analyzer); Б — dolomitic and sulphated peloid-bioclastic and bioclastic wackestone (x40, with analyzer); В — porous bioclastic packstone and wackestone (x40, without analyzer); Г — bioclastic floatstone (x40, without analyzer); Д — lithoclast-bioclastic rudstone (x40, with analyzer); Е — microbial-algae boundstone with single pores (x40, with analyzer); Ж — irregularly dolomitic predominantly micritic porous mudstone (x40, with analyzer).

Dolomite: З — fine-grained crystalline and laminated (x40, with analyzer); И — irregularly calciferous and sulphated, fine-grained crystalline and microcrystalline with rare relic bioclasts (x40, with analyzer); К — fine-grained crystalline with relict structure of microbial-algae boundstone, finely cavernous-porous (x40, without analyzer); Л — multicrystalline with pores and sulphate nests (x40, with analyzer); М — multicrystalline with relict structure of bioclastic mudstone and wackestone (x40, without analyzer).

пространстве доломита. Ангидрит развит в виде пойкилитовых прорастаний в породе, а также выполняет пустоты и трещины.

Пустотное пространство представлено межкристаллическими порами и кавернами неправильной. Полигональной формы, а также изогнутой, округлой и овальной формы (реликтовые молдовые и внутризерновые пустоты по биокластам). Пустоты преимущественно сообщающиеся, реже изолированные. Трещины встречаются редко, преимущественно разноориентированные сомкнутые и открытые. Значения пористости по данным ФЕС варьируют в пределах 5.0–24.1%, а проницаемость от 0.23 до 420.9 мД.

Литотип 12. Доломит разнокристаллический (микро-, тонко-, мелко-, крупнокристаллический), неравномерно сульфатизированный, с реликтовой структурой известняка мадстоун и вакстоун, с реликтами биокластов, малопористый, пористый, нередко с ОБ. Ангидрит развит в виде редких вкрапленников и выполняет редкие трещины.

Пустотное пространство представлено межкристаллическими порами и мелкими кавернами неправильной и полигональной формы, изолированными и сообщающимися. Трещины редкие, разноориентированные, субпараллельные, невыдержанные, открытые и выполненные ангидритом. Значения пористости по данным ФЕС варьируют в пределах 3.8–10.7%, а проницаемость 0.1–1.9 мД.

Литотип 13. Ангидрит мелко-среднекристаллический с выделениями доломита микрокристаллического. Текстура породы — петельчато-пятнистая за счет характера выделений доломита. Порода плотные.

Анализ структуры пустотного пространства

Пустотное пространство в породах визейского яруса неоднородное, преимущественно развито по доломитизированным участкам. В карбонатных породах преобладают тонкие поры размерами менее 1 мм, редко в доломитах встречаются участки развития каверн неправильной и удлиненной формы размерами до 4.5 см. На формирование пустотного пространства большое влияние оказывают вторичные процессы. Кроме доломитизации в породах отмечаются процессы выщелачивания, сульфатизации, реже трещинообразования, единично окремнения.

В доломитах наблюдаются изолированные и сообщающиеся, межкристаллические пустоты

(рис. 5), образованные в результате доломитизации, редко идентифицируются реликтовые внутриформенные и молдовые пустоты по реликтам раковинного детрита, образованные в процессе выщелачивания. Образование каверн различной формы также нередко связано с процессами выщелачивания (например, по включениям сульфатов).

По шлифам видимая пористость в изученных образцах изменяется в пределах от долей % до 18%, по данным ФЕС 1.5–24.1%. Проницаемость варьирует в интервале 0.1–161.3 мД, реже до 248.3 мД, в единичном образце доломита тонкокристаллического, в котором частые пустоты сообщаются посредством тонких трещинок — 420.9 мД. Пустоты имеют изометричную, округлую, удлиненную, угловатую формы, преимущественно полые, редко стенки их выполнены органическим веществом.

Трещины в доломитах нечетко выраженные, редкие, в основном это субгоризонтальные и слабонаклонные, открытые и сомкнутые трещины. В незначительном количестве отмечаются разноориентированные, невыдержанные трещины, выполненные сульфатом. Наблюдаются также субгоризонтальные и слабонаклонные, сутуроподобные слойки и мелкоамплитудные стилолиты, выполненные органическим и глинисто-органическим материалом.

Процессы сульфатизации и окремнения отмечаются по доломитизированным породам, сульфаты в виде гнездовидных и желваковых включений различных форм и размеров, а также в виде рассеянной вкрапленности, окремнение — преимущественно в виде микрокристаллических агрегатов, выполняющих пустоты (рис. 6).

Известняки визейского яруса преимущественно плотные и малопористые, на редких участках неравномерно пористые и пористо-мелкокавернозные. В них развиты изолированные, иногда сообщающиеся, межформенные и внутриформенные пустоты, реже межкристаллические и молдовые каверны, по стенкам которых местами развито ОБ. Содержание пустот по шлифам достигает 8%, редко до 15–20%, по данным ФЕС пористость составляет от 0.1 до 15.3%. Показатели проницаемости в изученных образцах известняков сильно отличаются от показателей доломитов и составляют 0.1–2.0 мД, единично 12.62 мД.

Трещины в известняках единичные, субвертикальной и субгоризонтальной ориентировки, сомкнутые и открытые, тонкие, местами разбивающие керн на плитки толщиной в среднем 2–7 см. Также отмечаются зубчатые, зубчато-бугорча-

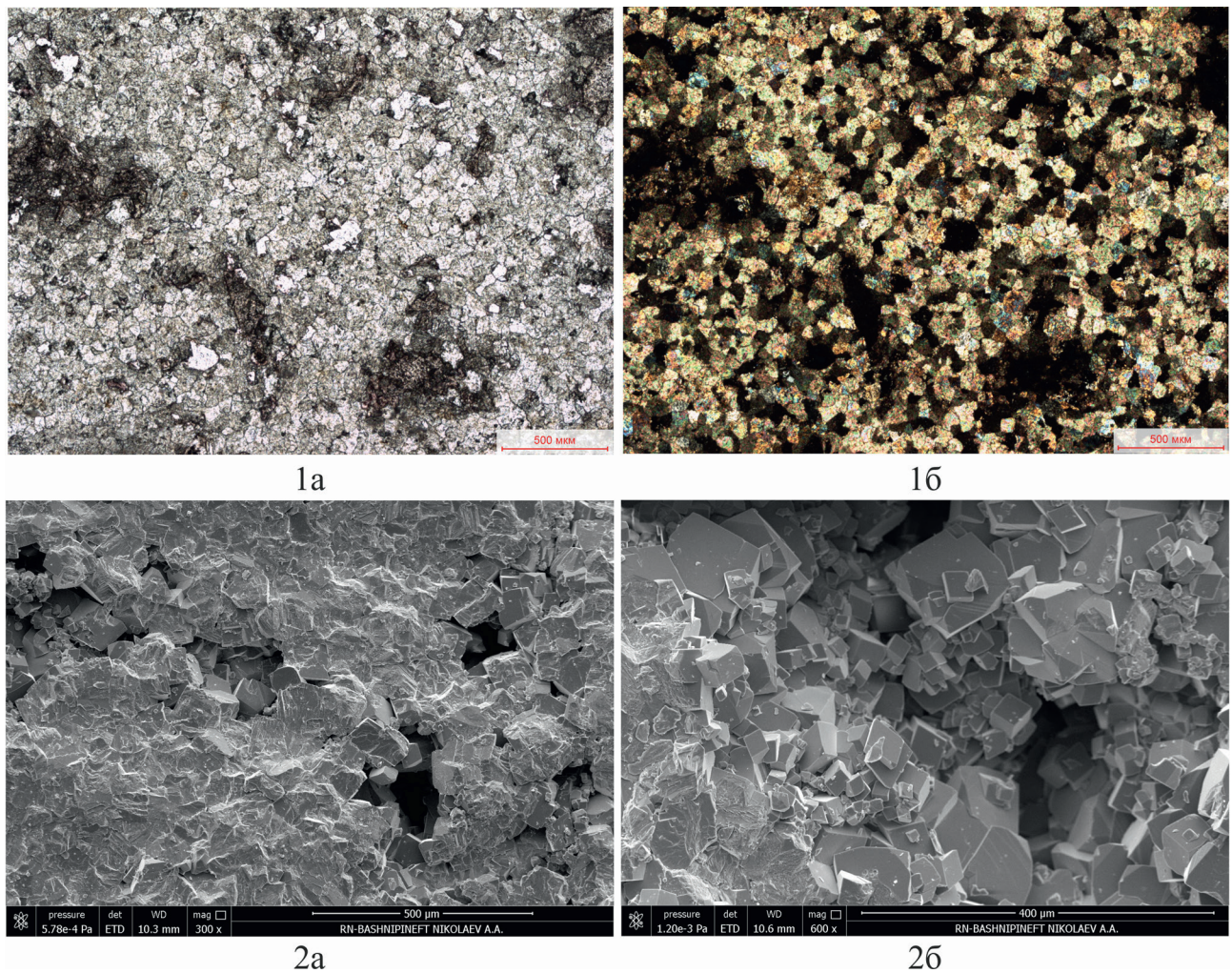


Рис. 5. Доломит тонкокристаллический, неравномерно пористый, с незначительным количеством органического вещества

Условные обозначения: Пустоты: межкристаллические, полые, сообщающиеся между собой, неправильной, субизометрической формы, размерами до 360×420 мкм: 1а, б — фото шлифа, ув. $\times 40$, без анализатора (1а), с анализатором (1б); 2а, б — фото образца на СЭМ, ув. $\times 300$ (2а) и $\times 600$ (2б).

Fig. 5. Fine-grained crystalline dolomite irregularly porous with a few organic matter

Legend: Pores: intercrystalline, hollow-pored, interconnected with irregular and subisometric shape up to 360×420 micron: 1 а, б — microphotos of thin section, $\times 40$ without analyzer (1а), with analyzer (1б); 2а, б — SEM-photo, magnified $\times 300$ (2а) and $\times 600$ (2б).

тые и зубчато-столбчатые сутуры и стилолиты субгоризонтальной ориентировки, выполненные глинистым и глинисто-органическим веществом (рис. 7).

Обсуждение результатов и выводы

Разрез визейских отложений на месторождении им. Р. Требса сложен сульфатизированными в различной степени известняками и доломитами, а также их переходными разностями — известняками доломитизированными и доломитами

известковистыми. Отложения визейского возраста не являются нефтеносными, однако в ходе литологического описания пород нами была обнаружена рассеянная примесь органического вещества, а также слабый запах УВ на свежем сколе.

Детальное петрографическое изучение пород позволило выделить 13 литотипов с различным минералогическим составом, структурами, пористостью и характером вторичных преобразований пород: 7 литотипов известняков, 5 — доломитов и один — ангидритов. Распределение литотипов по разрезу незакономерно. В наибольшем объеме

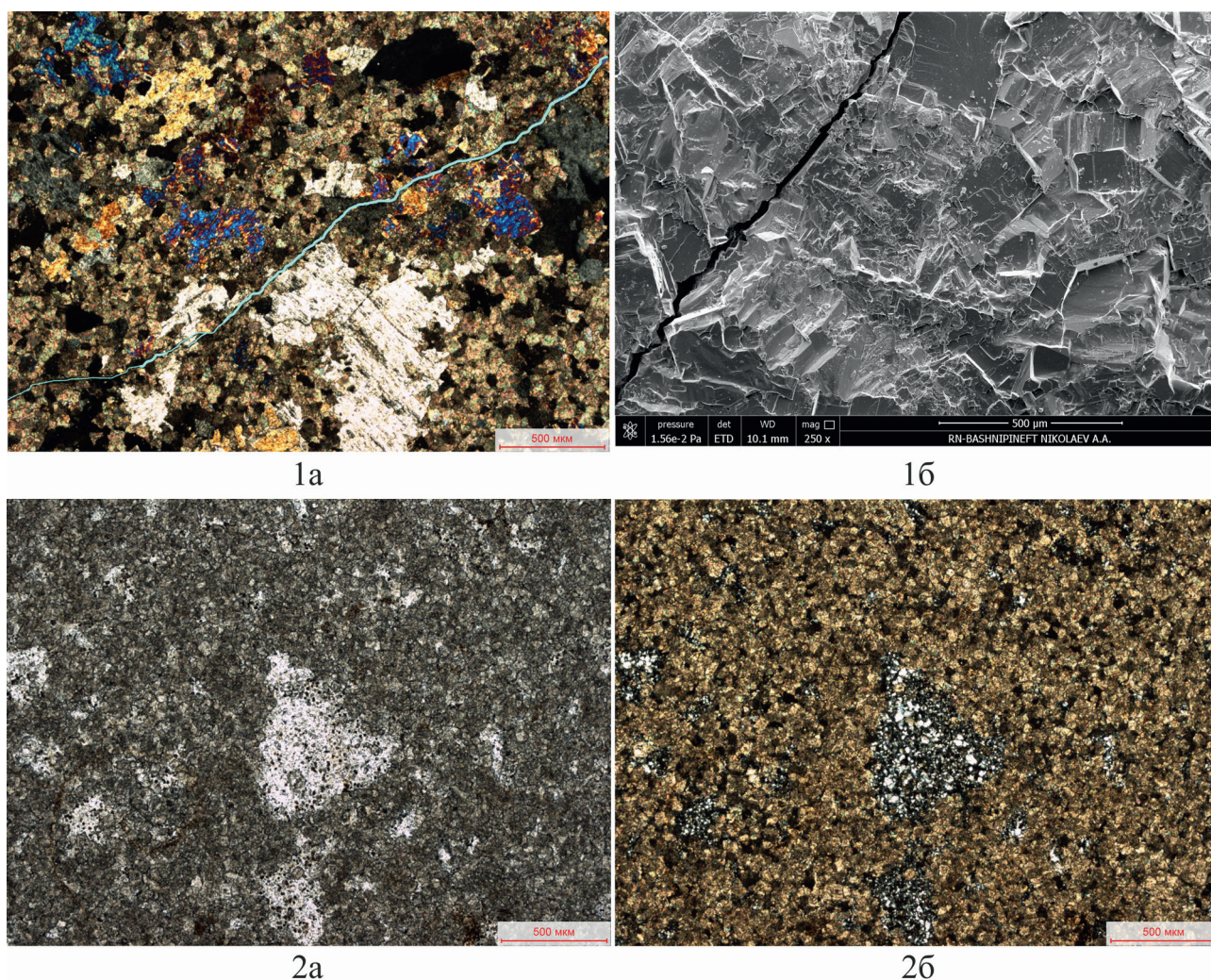


Рис. 6. Доломит неравномерно сульфатизированный, с единичными открытыми трещинами (1а, б) и кремне-ный (2а, б)

Условные обозначения: 1а — фото шлифа (ув. $\times 40$, с анализатором); 1б — фото образца на СЭМ, ув. $\times 250$.; 2 — фото шлифа, ув. $\times 40$, без анализатора (2а) и с анализатором (2б).

Fig. 6. Irregularly sulphated dolomite with a single cracks (1a, б) and silicified (2a, б)

Legend: 1a — microphoto of thin section ($\times 40$, with analyzer); 1б — SEM-photo, $\times 300$; 2 — microphoto of thin section, $\times 40$ without analyzer (2a) and with analyzer (2б).

представлены доломиты неравномерно известковые и сульфатизированные, разнокристаллические, пористые, мелкокавернозно-пористые, пигментированные коричневым органическим веществом (литотип 11).

Пустотное пространство неравномерно развито в породах, поры и каверны преобладают на доломитизированных участках. Известняки обладают низкой проницаемостью (0.1–0.99 мД, единично 2.74 и 12.62 мД) при коэффициентах пористости 0.8–15.3%. Проницаемость в доломитах находится в интервале 0.1–420.91 мД при коэффициентах пористости 1.5–24.1%.

Наилучшими значениями пористости и проницаемости обладают доломиты разнокристаллические, неравномерно известковые и сульфатизированные (литотип 11), доломиты неравномерно сульфатизированные, разнокристаллические, с реликтовой структурой известняка мадстоун и вакстоун (литотип 12), доломиты тонкокристаллические, с реликтовой структурой баундстоун известняка микробиально-водорослевого (литотип 10). Последний литотип представлен в разрезе визейских отложений эпизодически.

На структуру пустотного пространства значительное влияние оказывают вторичные

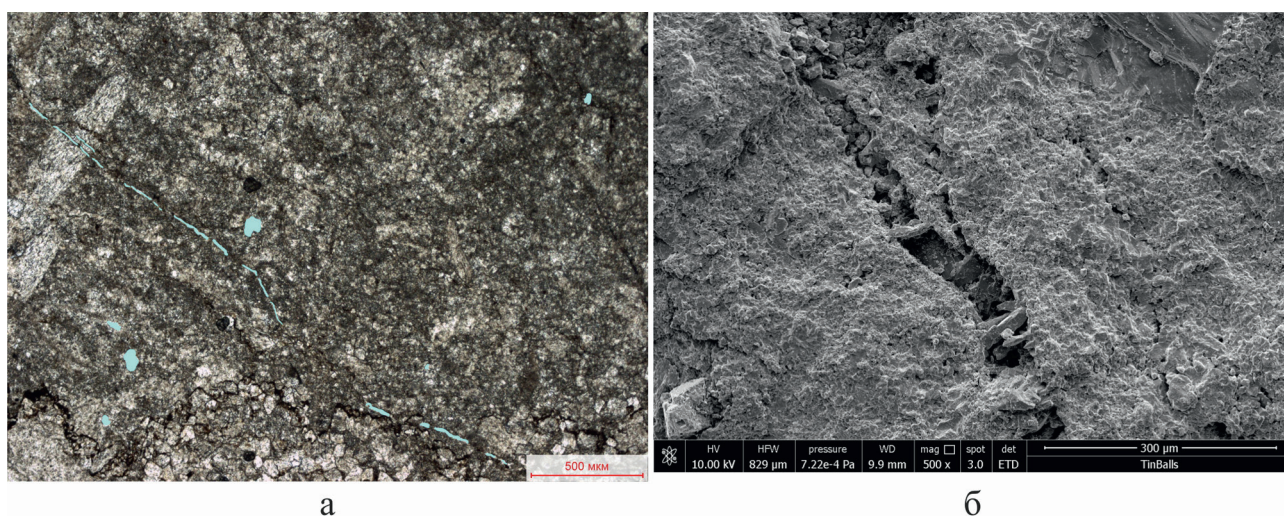


Рис. 7. Известняк неравномерно доломитовый, слабглинистый, с частыми биокластами, с единичными пустотами и открытыми трещинами

Условные обозначения: а — фото шлифа (ув. $\times 40$, без анализатора); б — фото образца на СЭМ, ув. $\times 500$.

Fig. 7. Irregularly dolomitic argillaceous limestone with numerous bioclasts and with single pores and hollow-bored cracks

Legend: а — microphotos of thin section (magnification $\times 40$, without analyzer); б — SEM-photo, magn. $\times 300$.

процессы, такие как доломитизация, сульфатизация, окремнение, выщелачивание и трещинообразование. Высокие значения пористости и проницаемости в карбонатных породах связаны с образованием межкристаллических пор и каверн в результате доломитизации и выщелачивания. Проницаемость пород увеличивается за счет наличия тонких, открытых, разноориентированных трещин, часто соединяющих поры и каверны. Сульфатизация и окремнение наоборот отрицательно сказываются на коллекторских свойствах пород, как правило, сульфаты и кремнистое вещество выполняют пустоты и трещины, а также развиты в виде пойкилитовых прорастаний в основной массе пород.

Органическое вещество развито в породах в незначительном количестве преимущественно в доломитах и доломитизированных известняках. Оно слабо пигментирует кристаллы доломита, развито в интерстициальном пространстве кальцита и доломита, редко отмечается на стенках пустот и трещин.

Визейские отложения на месторождении им Р. Требса, входящие в состав верхневизейско-нижнепермского карбонатного комплекса, не являются промышленно нефтеносными. Однако, на данный момент в связи с получением притоков минерализованных вод [Саттаров и др., 2018], обнару-

жением признаков нефтенасыщения, присутствием в разрезе возможных покрышек и пористых, мелкокавернозно-пористых карбонатных пород, отложения данного возраста могут рассматриваться в качестве перспективных.

Список литературы:

Белонин М. Д., Прищепина О. М., Теплов Е. Л. Тимано-Печорская провинция: геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения. — С.-Петербург: Недра, 2004. — 396 с.

Большаков Р. Г., Кончиц Е. Н. Атлас нефтегазоносности и перспектив освоения запасов и ресурсов углеводородного сырья Ненецкого Автономного Округа. ГУП НАО «НИАЦ». — Нарьян-Мар, 2004. — 115 с.

Гаймалетдинова Г. Ф., Душин А. С., Ахметзянов Р. В., Чернова О. В. Седиментационное моделирование как основа прогноза коллекторских свойств органогенных построек месторождений им. Р. Требса и им. А. Титова // Нефтяное хозяйство. — 2018. — № 6. — С. 50–53.

Гимазов А. А., Фокеева Е. Е., Хайруллин Р. У., Миниханов Д. М. Комплексный подход к адаптации и прогнозу параметров вторичной пустотности для нефтяного месторождения имени

Р. Требса // Нефтяное хозяйство. — 2018. — № 10. — С. 20–23.

Душин А. С. Новая флюидодинамическая модель карбонатного коллектора месторождения им. Р. Требса на основе синтеза геологических и промысловых данных / А. С. Душин, А. В. Мельников, А. И. Федоров, М. В. Рыкус // Нефтегазовое дело, 2016. — Том 15. — № 2. — С. 13–23.

Душин А. С., Рыкус М. В., Наумов Г. В., Гаймалетдинова Г. Ф. Условия осадконакопления, диагенетические процессы и их влияние на коллекторские свойства верхнесилурийско-нижнедевонских карбонатных пород месторождений им. Р. Требса и А. Титова // Электронный научный журнал, Нефтегазовое дело. — 2015. — № 5. — С. 20–44.

Прищепа О. М. Новые представления о тектоническом и нефтегазогеологическом районировании Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции / О. М. Прищепа, В. И. Богацкий, В. Н. Макаревич, О. В. Чумакова, Н. И. Никонов, А. В. Куранов, М. М. Богданов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2011. — Т. 6. — № 4.

Саттаров А. И., Белялова А. С., Илеменова О. Д., Исламова А. В. Дополнение № 2 к зональному проекту разведочного бурения на участке недр федерального значения, включающем нефтяное месторождение им. Романа Требса и нефтяное месторождение им. Анатолия Титова в Ненецком автономном округе. — Книга 1. — Уфа: ООО «БашНИПИнефть», 2018. — 246 с.

Шуматбаев К. Д., Гайнуллина Е. К. Мальшева А. Е., Кучурина О. Е., Емельянов Д. Е. Петрофизическая основа интерпретации сложнопостроенных коллекторов нижнего девона и верхнего силура на месторождении им. Р. Требса // Нефтяное хозяйство. — 2015. — № 5. — С. 44–46.

Dunham R. J. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture // Classification of Carbonate Rocks (ed. Ham W. E.): Tulsa. — AAPG — Memoir 1, 1962. — P. 108–121.

References:

Belonin M. D., Prishchepa O. M., Teplov E. L. (2004). Timano-Pechorskaya provintsiya: geologicheskoye stroeniye, neftegazonosnost' i perspektivy osvoyoeniya [Timan-Pechora

basin: geological structure, oil and gas potential and development prospects.]. St. Petersburg: Nedra, 396 p. (in Russian).

Bol'shakov R. G., Konchits E. N. (2004). Atlas neftegazonosnosti i perspektiv osvoyoeniya zapasov i resursov uglevodorodnogo syr'ya Nenetskogo Avtonomnogo Okruga [Atlas of oil and gas potential and prospects for the development of hydrocarbon reserves and resources of the Nenets Autonomous District]. Nar'yan-Mar: Nenets Information and Analytical Center, 115 p. (in Russian).

Gaymaletdinova G. F., Dushin A. S., Akhmetzyanov R. V., Chernova O. V. (2018). Depositional model as basis for predicting reservoir properties in carbonate buildups R. Trebs and A. Titov oil fields // Neftyanoe hozyaistvo — Oil industry. № 6. P. 50–53. (in Russian).

Gimazov A. A., Fokeeva E. E., Khairullin R. U., Minikhanov D. M. (2018). Integrated approach to adapting and forecasting the parameters of secondary porosity for the R. Trebs oilfield // Neftyanoe hozyaistvo — Oil industry. № 10. P. 20–19. (in Russian).

Dushin A. S., Melnikov A. V., Fedorov A. I., Rykus M. V. (2016). New fluid-dynamic model of carbonate reservoir in R. Trebs field based on the synthesis of geologic and field data // Neftgazovoe delo. № 2. P. 13–23. (in Russian).

Dushin A. S., Rykus M. V., Naumov G. V., Gaimaletdinova G. F. (2015). Depositional environments, diagenetic processes and their impact on reservoir properties of upper Silurian-lower Devonian carbonate rocks deposits them. R. Trebs and A. Titov // Neftgazovoe delo-Oil and gas business. № 5. P. 20–44. (in Russian).

Prishchepa O. M., Bogatsky M. I., Makarevich V. N., Chumakova O. V., Nikonov N. I., Kuranov A. V., Bogdanov M. M. (2011). The Timan-Pechora oil-bearing province — new tectonical insight // Neftgazovaya geologiya. Teoriya i praktika. T. 6, № 4. 10 p. (in Russian).

Sattarov A. I., Belyalova A. S., Ilemenova O. D., Islamova A. V. (2018). Dopolneniye № 2 k zonal'nomu proyektu razvedochnogo bureniya na uchastke nedr federal'nogo znacheniya, vkluychayushchem neftyanoye mestorozhdeniye im. Romana Trebsa i neftyanoye mestorozhdeniye im. Anatoliya Titova v Nenetskom avtonomnom okruge. Kniga 1 [Addendum No. 2 to the zonal exploratory drilling project in the subsoil area of federal significance, including the oil field Roman Trebs and the oil field Anatoly Titov in the Nenets Autonomous District]. Ufa: ООО BashNIPIneft, 246 p. (in Russian).

Shumatbaev K. D., Gainullina E. K., Malysheva A. E., Kuchurina O. E., Emeljanov D. E. (2015). Petrophysical framework for interpretation of lower devonian and upper Silurian heterogeneous carbonate reservoirs: a case study from R. Trebs oil field // Neftyanoe hozyaistvo — Oil industry. № 5. P. 44–46. (in Russian).

Dunham R. J. (1962). Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture // Classification of Carbonate Rocks (ed. Ham W. E.): Tulsa. — AAPG — Memoir 1. — P. 108–121.

Сведения об авторах:

Шиянова Евгения Олеговна, ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа. kalistratovaeo@bnipi.rosneft.ru

Смакова Миляуша Абузаровна, ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа. smakovama@bnipi.rosneft.ru.

About the authors:

Shiyanova Evgeniya Olegovna, ООО RN-BashNIPIneft, Ufa, Russia. kalistratovaeo@bnipi.rosneft.ru

Smakova Milyausha Abuzarovna, ООО RN-BashNIPIneft, Ufa, Russia. smakovama@bnipi.rosneft.ru.

Статья поступила в редакцию 10.10.2022; отправлена на доработку 10.10.2022; одобрена после рецензирования 18.10.2022; принята к публикации 11.11.2022

The article was submitted 10.10.2022; sent for processing 10.10.2022; approved after reviewing 18.10.2022; accepted for publication 11.11.2022