

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2026.1.96-114>

EDN YRPDZU

УДК 552.54

## **Особенности интерпретации минерального состава карбонатных пород на примере коллекторов юряхской свиты**

<sup>1</sup>Михалкина О.Г., <sup>1</sup>Крайн Д.Р., <sup>2</sup>Ильгильдин Р.Ф., <sup>1</sup>Мосолов И.А.,

<sup>1</sup>Пушкарева Д.А., <sup>1</sup>Хабибуллин Т.Д.

<sup>1</sup>ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Развилка, Россия

<sup>2</sup>ООО «Газпром добыча Оренбург», Оренбург, Россия

## **Features of interpreting the mineral composition of carbonate rocks: using the example of reservoirs in the Yuryakh Formation**

<sup>1</sup>O.G. Mikhalkina, <sup>1</sup>D.R. Krayn, <sup>2</sup>R.F. Ilgil'din, <sup>1</sup>I.A. Mosolov,

<sup>1</sup>D.A. Pushkareva, <sup>1</sup>T.D. Khabibullin

<sup>1</sup>Gazprom VNIIGAZ LLC, Razvilka, Russia

<sup>2</sup>Gazprom Dobycha Orenburg LLC, Orenburg, Russia

**E-mail: O\_Mikhalkina@vniigaz.gazprom.ru**

**Аннотация.** В настоящей работе рассматривается значимость комплексных литолого-минеральных исследований карбонатных пород для решения научных и прикладных задач геологии и разработки месторождений углеводородов на примере карбонатных коллекторов юряхской свиты верхневендско-нижнекембрийского возраста Непско-Ботубинской нефтегазоносной области. В ряде случаев при сопоставлении аналитических данных, полученных с использованием различных методов, выявлены расхождения в определении минерального состава карбонатных пород, которые объясняются особенностями кристаллической структуры доломитов. Установленные параметры элементарной ячейки свидетельствуют о наличии изоморфных замещений в структуре доломитов. Выявленные особенности необходимо учитывать при реконструкции обстановок осадконакопления, анализе процессов вторичных преобразований, исследовании фильтрационно-емкостных и геомеханических свойств карбонатных коллекторов, а также при планировании соляно-кислотных обработок и решении других прикладных и научных задач.

**Ключевые слова:** карбонатные породы, карбонатные коллектора, Восточная Сибирь, Непско-Ботубобинская антеклиза, юряхская свита, доломит, XRD, XRF, РЭМ, термостойкость, кислотная устойчивость

**Для цитирования:** Михалкина О.Г., Крайн Д.Р., Ильгильдин Р.Ф., Мосолов И.А., Пушкарева Д.А., Хабибуллин Т.Д. Особенности интерпретации минерального состава карбонатных пород на примере коллекторов юряхской свиты // Нефтяная провинция.-2026.-№1(45).-С. 96-114. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2026.1.96-114>. - EDN YRPDZU

**Abstract.** In this study, the significance of integrated lithological and mineralogical investigations of carbonate rocks is examined for addressing both scientific and applied problems of geology and hydrocarbon field development. The research focuses on carbonate reservoirs of the Yuryakh Formation (Upper Vendian–Lower Cambrian) within the Nepa-Botuoba petroleum province. In several cases, comparison of analytical data obtained using different methods revealed discrepancies in determining the mineral composition of carbonate rocks. These inconsistencies are attributed to specific features of the dolomite crystal structure. The determined unit-cell parameters indicate the presence of isomorphic substitutions within the dolomite lattice. The identified characteristics must be taken into account when reconstructing depositional environments, analyzing secondary alteration processes, studying the filtration, reservoir and geomechanically properties of carbonate rocks, as well as when planning acid treatments and solving other applied and scientific tasks.

**Key words:** carbonate rocks, carbonate reservoirs, Eastern Siberia, Nepa–Botuoba anteklise, Yuryakh Formation, dolomite, XRD, XRF, SEM, thermal stability, acid resistance

**For citation:** O.G. Mikhalkina, D.R. Krain, R.F. Ilgil'din, I.A. Mosolov, D.A. Pushkareva, T.D. Khabibullin Osobennosti interpretatsii mineralnogo sostava karbonatnykh porod na primere kollektorov yuryakhskoy svity [Features of interpreting the mineral composition of carbonate rocks: using the example of reservoirs in the Yuryakh Formation]. Neftyanaya Provintsiya, No. 1(45), 2026. pp. 96-114. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2026.1.96-114>. EDN YRPDZU (in Russian)

## Введение

Карбонатные отложения составляют значительную долю осадочного чехла Земли. К ним приурочены многие нефтяные и газовые месторождения, которые характеризуются непостоянным составом и специфичным строением, что обусловлено особенностями первичного осадконакопления, а также степенью и типом вторичных изменений. Данные факторы влияют на кристаллическую структуру, свойства и состав минералов и требуют

специальных подходов при изучении минерального состава карбонатных коллекторов.

Минеральный состав карбонатных пород является важным критерием, который во многом определяет условия формирования, преобразования пород, влияет на геомеханические и фильтрационные свойства коллекторов. В связи с этим его определение необходимо для интерпретации данных геофизических исследований скважин, для геологического и седиментологического моделирования резервуаров углеводородов, выбора оптимальных методов разработки месторождения.

При комплексировании результатов литолого-минералогических и геохимических исследований карбонатных пород различных нефтегазоносных провинций в некоторых случаях диагностируются расхождения в определении минерального состава с использованием различных физико-химических методов. Различия в полученных результатах объясняются особенностями кристаллической структуры карбонатных минералов (изоморфизм, дефекты кристаллической решетки). В природе наблюдается замещение катионов кальция  $\text{Ca}^{2+}$  в структуре кальцита на катионы  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и избыток  $\text{CaCO}_3$  по отношению к  $\text{MgCO}_3$  в структуре доломита [1].

Поскольку состав и структура карбонатных пород напрямую влияют на их коллекторские свойства и условия разработки месторождений, комплексный подход к выявлению литолого-минеральных и структурно-химических особенностей карбонатных коллекторов имеет существенное значение для решения прикладных задач нефтегазовой геологии.

### **Объект и методы исследований**

Комплексирование результатов литолого-минералогических и геохимических исследований карбонатных пород проведено на примере исследования карбонатных отложений юрхской свиты (V-Є<sub>1</sub>jur) Непско-

Ботубинской нефтегазоносной области. Отложения формировались за счет мелководно-морского карбонатного осадконакопления в пределах широких фациальных поясов супралиторали-сублиторали и представлены тремя продуктивными горизонтами [2]. Породы горизонта подвержены интенсивным вторичным изменениям, в частности – изоморфным замещениям в кристаллической решетке.

Исследование отложений проводилось по данным кернового материала 5 скважин (300 м керна) в лабораторных условиях на современном оборудовании с помощью комплекса физико-химических методов анализа, включающего:

- петрографические исследования (228 шлифов) – изучение минерального состава и структурно-текстурных особенностей пород, выявление характера и последовательности вторичных изменений (микроскоп Olympus BX51 с анализатором «КЕРН С7» ПО «SIAMS Photolab»);

- метод рентгеновской дифракции (XRD) (228 образцов) - определение общего минерального состава пород и уточнение параметров элементарной ячейки минералов. Метод основан на изучении явления дифракции рентгеновских лучей на трехмерной кристаллической решетке соединений (метод Ритвельда, ПО Siroquant, дифрактометр ARL X'TRA);

- объемный метод (110 образцов) - определение содержания карбонатных минералов при воздействии соляной кислоты (5%-ной) на породе (Кадометр). Метод основан на измерении массы, объема и количества вещества диоксида углерода, выделившегося при разложении карбонатов [3];

- метод синхронного термического анализа (СТА) (110 образцов) - определение содержания карбонатных минералов путем программированного нагревания образца до его разложения. Метод основан на анализе регистрации температурных интервалов фазовых превращений и их интенсивности [4] (NETZSCH STA 449 F3 Jupiter);

- рентгенофлуоресцентный анализ (XRF) (228 образцов) - определение элементного состава пород. Метод основан на измерении характеристического флуоресцентного излучения, возникающего при возбуждении атомов рентгеновскими лучами [5] (спектрометр AXIOS Advanced);

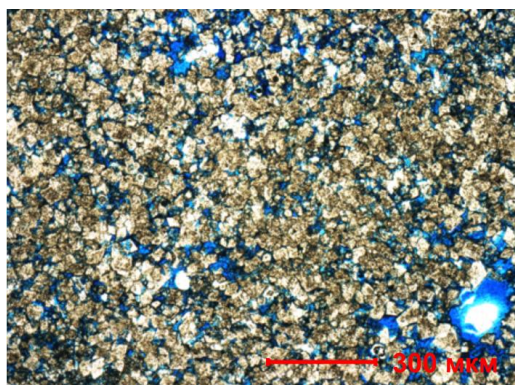
- растровая электронная микроскопия с микрорентгеноспектральным анализом (РЭМ) - изучение морфологии поверхности образца и точечного элементного анализа. Метод основан на изучении возбуждения атомов образца пучком электронов и измерении характеристического рентгеновского излучения (JEOL 6610 LV с анализатором Oxford Instruments INCAХact).

Все физико-химические исследования образцов горных пород проводились на усредненной пробе. Для этого отбирался образец кернового материала, из которого откалывались кусочки для изготовления петрографического шлифа и проведения РЭМ. Из оставшегося образца готовилась средняя проба путем измельчения на щековой дробилке, после чего методом квартования проба делилась на навески для различных методов анализа. Для дальнейших исследований проба готовилась с учетом особенностей каждого метода с использованием металлических, агатовых ступок или планетарной мельницы Pulverisette6 с размольной гарнитурой из оксида циркония.

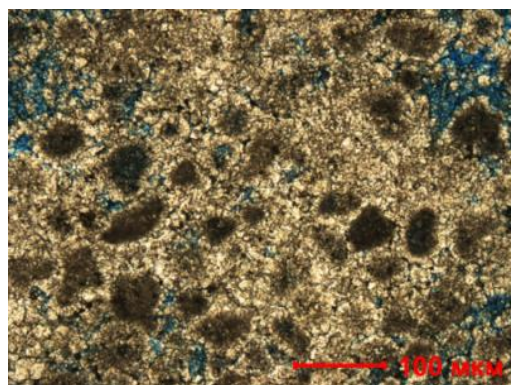
### **Результаты исследований**

Коллектора юрхской свиты представлены порово-кавернозными и трещинными доломитами и известняками различных литотипов, сформировавшимися в условиях мелководно-морского бассейна, изолированного от открытой части моря системой органогенных барьерных построек. В рамках данной работы исследованные породы были условно разделены по происхождению и составу на две крупные группы. Первая группа представлена преимущественно доломитами, ангидритовыми доломитами и

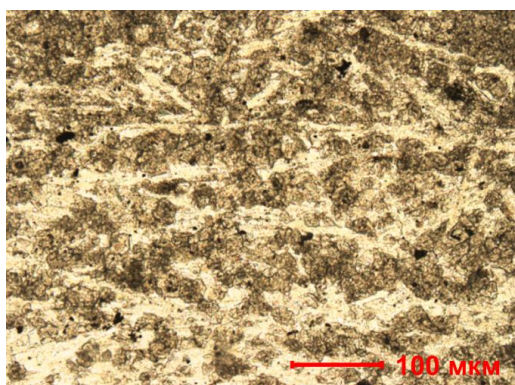
доломитовыми ангидритами со структурой мад-, вак- и пакстоун, сформировавшимися в области литорали и супралиторали. Вторая группа представлена преимущественно доломитами, доломитами известковистыми, известняками доломитовыми и известняками со структурой вак-, пак-, грейн- и баундстоун, сформировавшимися в области литорали и сублиторали в пределах приливно-отливной отмели, внутренних лагун и барьерных построек (Рис. 1).



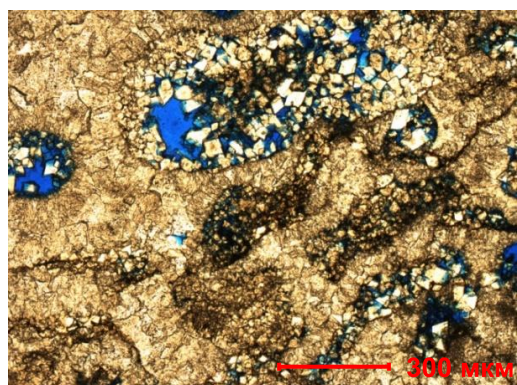
*Тонкокристаллический доломит со слабо сохранившимися биогенными реликтами (вак-мадстоун), горизонт юрхский I, глубина 1684,39 м. Николи параллельные. Увеличение x4.*



*Тонкокристаллический доломит с водорослевыми пелоидами (вакстоун), горизонт юрхский II, глубина 1679,69 м. Николи параллельные. Увеличение x10.*



*Мелкокристаллический ангидритовый доломит с несохранившейся первичной структурой (вак-мадстоун), горизонт юрхский III, глубина 1685,26 м. Николи параллельные. Увеличение x10.*



*Слоисто-водорослевый доломитовый известняк (баундстоун), горизонт юрхский III, глубина 1718,47 м. Николи параллельные. Увеличение x4.*

**Рис. 1. Фотографии шлифов карбонатных пород юрхской свиты**

На рис. 2 представлены результаты комплексного изучения карбонатных пород юрхской свиты с помощью комплекса физико-химических методов анализа: XRD, СТА и объемного метода, а также результаты определения элементного состава пород, выраженные в оксидной форме по данным XRF.

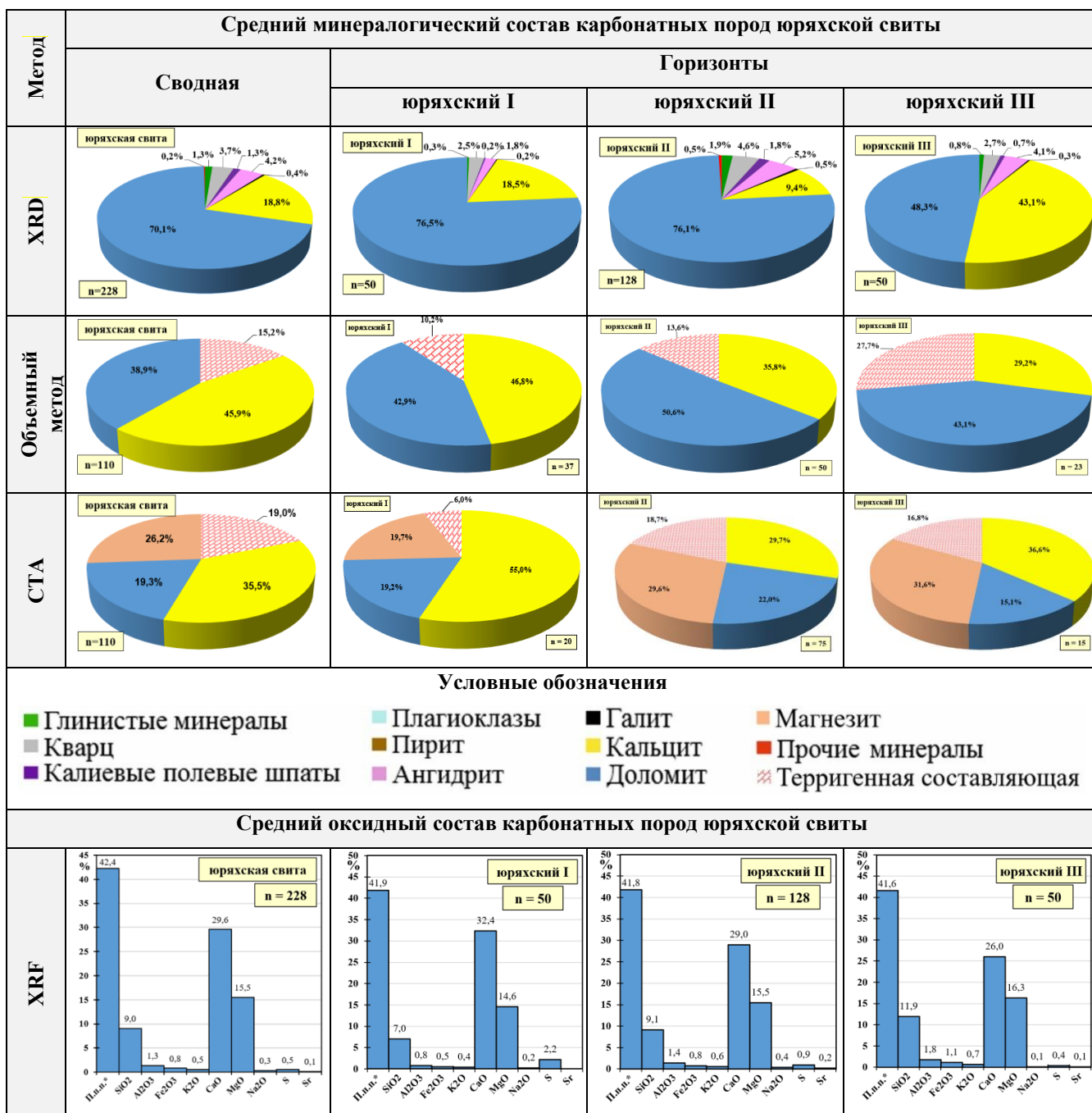


Рис. 2. Сопоставление результатов комплексных исследований карбонатных пород юрхской свиты

По результатам определения минерального состава карбонатных пород юряхской свиты, полученным с помощью комплекса физико-химических методов анализа, основанных на различных свойствах минералов (строении кристаллической решетки, термической и кислотной устойчивости), выявлены противоречия между методами: по данным СТА порода состоит в основном из кальцита и магнезита; по данным объемного метода - из кальцита и доломита, а по данным XRD установлено, что порода состоит преимущественно из доломита. Данная особенность проявляется во всей юряхской свите.

Сопоставление результатов различных аналитических методов (XRD, XRF, объемный метод, СТА) демонстрирует как значимые расхождения, так и устойчивые тенденции в определении минерального состава карбонатных пород юряхской свиты. Понимание причин происходящего имеет важное значение для корректной интерпретации данных и планирования дальнейших исследований.

### **Анализ результатов**

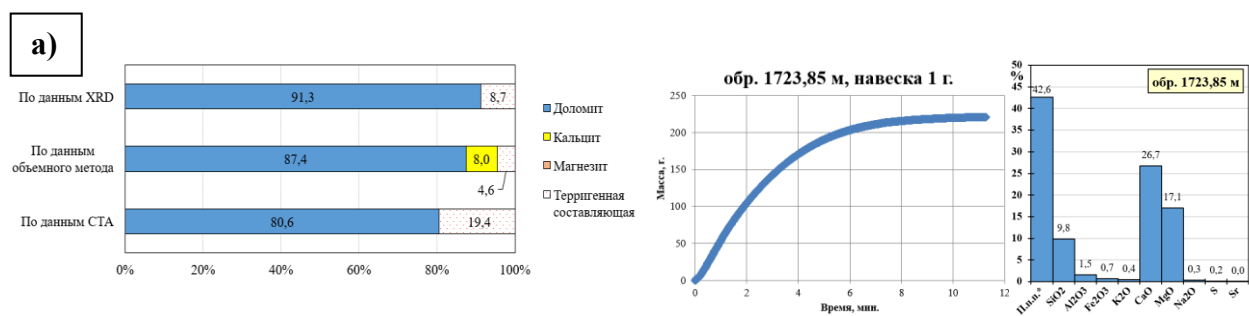
В связи с полученными данными далее в работе рассматривается проблема интерпретации минерального состава карбонатных пород различными физико-химическими методами, а также выявление причин, приводящих к несогласованности результатов исследований. Рассмотрение закономерностей пространственного распространения нестехиометрического доломита по разрезу юряхской свиты как в скважине, так и в межскважинном пространстве будет рассмотрено в следующих работах.

В ходе анализа результатов исследований пород юряхской свиты выделяются две группы: единичные образцы, в которых противоречия в минеральном составе отсутствуют, и образцы, в которых наблюдаются явные противоречия в определении состава карбонатных минералов по данным XRD, СТА и объемного метода.

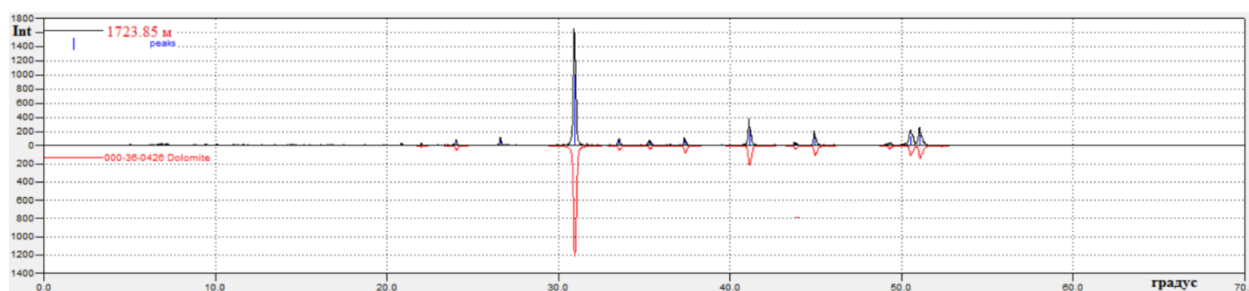
Для первой группы характерно следующее: результаты качественного и количественного определения содержания минералов, полученные различными аналитическими методами, имели схожие значения. В качестве примера можно привести сопоставление результатов исследований одного образца из II юрхского горизонта с глубины 1723,85 м, для которого значения по минеральному составу карбонатов демонстрируют близкие результаты (Рис. 3). Согласно данным XRD, порода образца 1723,85 представлена доломитом, что подтверждается сопоставлением экспериментальных дифрактограмм с эталонными дифрактограммами доломита из международной базы дифракционных стандартов ICDD PDF-2 (Рис. 3).

По данным СТА, на термограммах отчетливо фиксируются два эндотермических пика с максимумами около 800 °С и 920 °С, которые соответствуют литературным данным и соответствуют доломиту (Рис. 3).

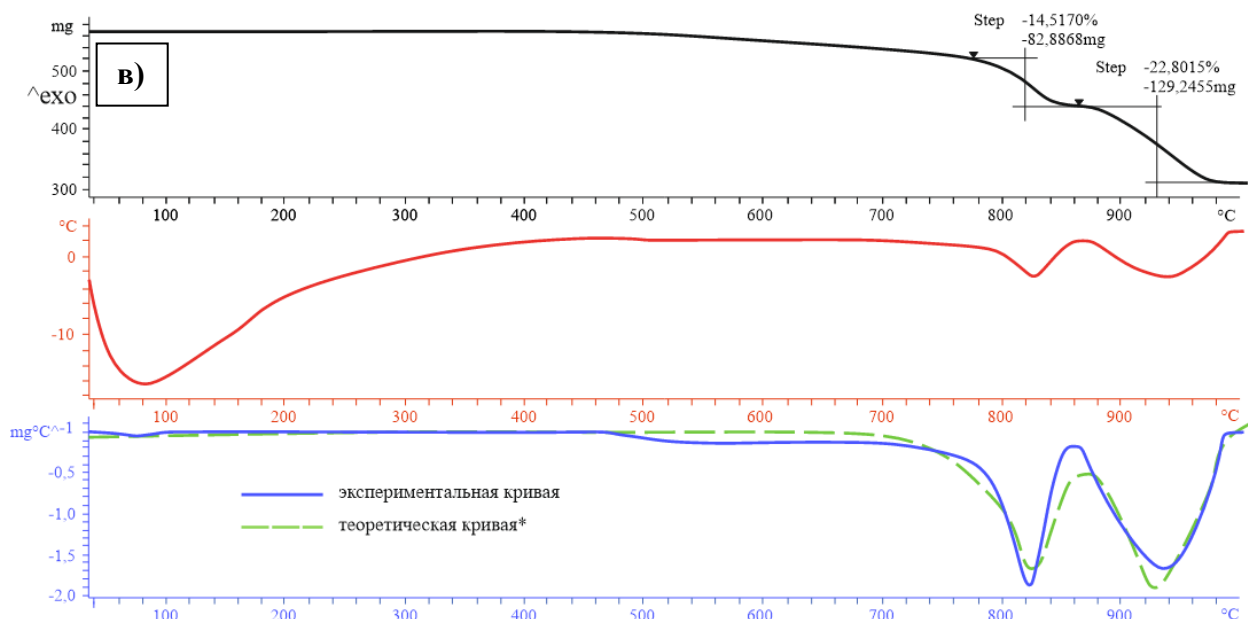
По данным объемного метода, реакция взаимодействия с кислотой идет около 12 минут, что соответствует кислотному разложению доломита (Рис. 3).



Экспериментальная дифрактограмма



Эталонная дифрактограмма доломита  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  из международной базы дифракционных стандартов ICDD PDF-2



**Рис. 3. Сопоставление результатов комплексных исследований карбонатных пород юрхской свиты образца из II юрхского горизонта с глубины 1723,85 м**

**а) Сопоставление по данным XRD, объемного метода и СТА; б) дифрактограмма образца; в) термограмма образца. \* - теоретическая термограмма доломита [6].**

**П.п.п. – потери при прокаливании.**

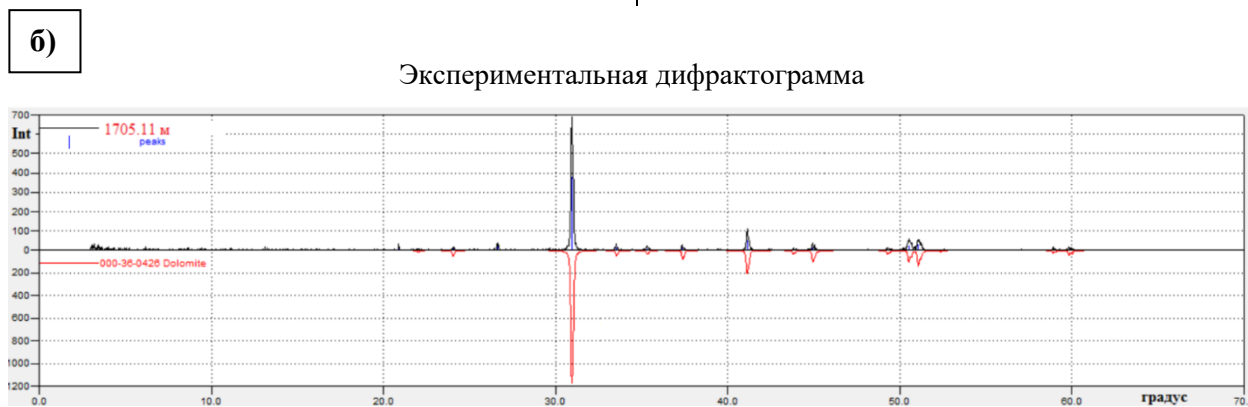
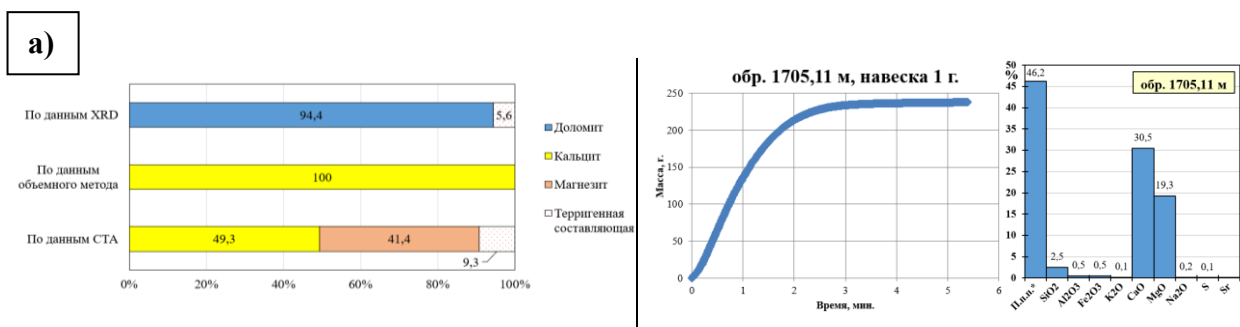
Таким образом, для ряда образцов юрхской свиты карбонатные минералы, определенные с помощью комплекса физико-химических методов анализа, имеют соответствующие литературным данным и эталонным стандартам свойства.

Вместе с тем, для второй группы образцов юрхской свиты наблюдаются явные противоречия в определении состава карбонатных минералов: по данным XRD, образец состоит из доломита, по данным СТА - из кальцита и магнезита, а по данным объемного метода превалирует кальцит. На рис. 4 в качестве примера представлено сопоставление результатов исследований образца II юрхского горизонта с глубины 1705,11 м, полученных различными методами.

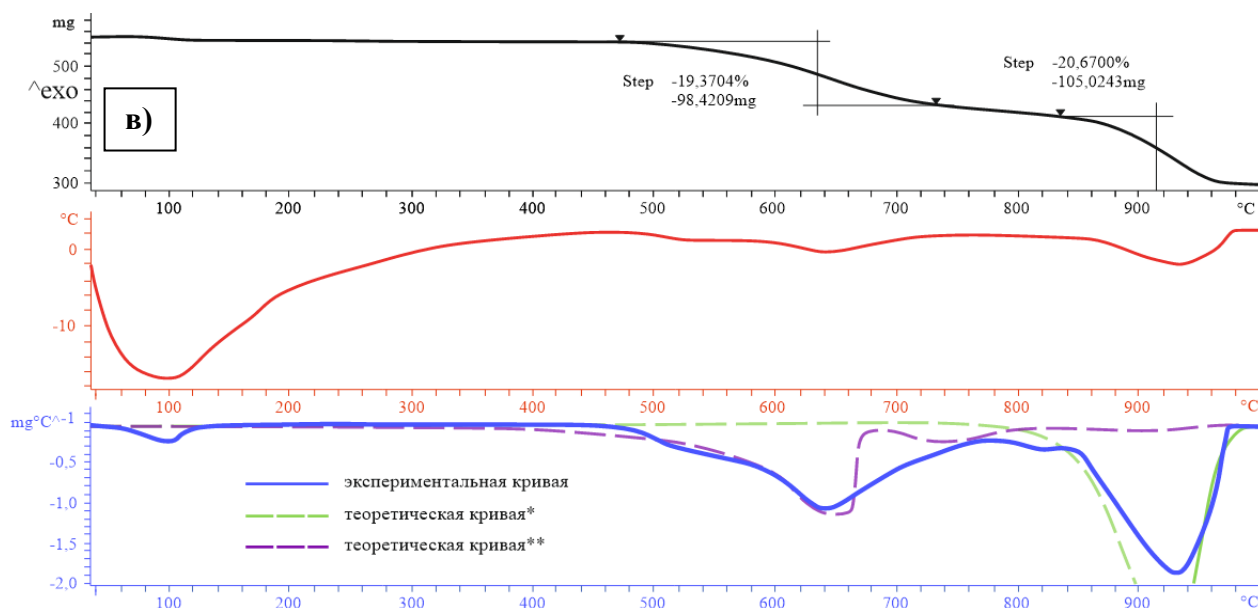
По данным XRD, образец с глубины 1705,11 м сложен доломитом – 94,4%. Результаты интерпретации подтверждаются сопоставлением экспериментальной дифрактограммы с эталонной дифрактограммой доломита

из международной базы дифракционных стандартов ICDD PDF-2 (Рис. 4). Согласно данным СТА, данный образец состоит на 49,3% из кальцита, на 41,4% из магнезита и на 9,3% из терригенной составляющей. Полученные результаты подтверждаются сопоставлением экспериментальной термограммы с теоретическими кривыми для магнезита и кальцита: эндотермический пик в температурном диапазоне 630-700 °С соответствует магнезиту, а эндотермический пик в температурном диапазоне 920-990 °С – кальциту.

По данным объемного метода, реакция взаимодействия с кислотой идет не более 3 минут, что соответствует кислотному разложению кальцита.



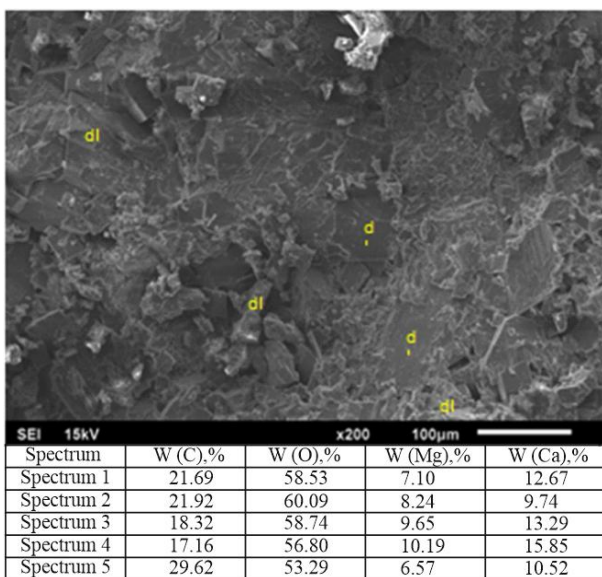
Эталонная дифрактограмма доломита  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  из международной базы дифракционных стандартов ICDD PDF-2



**Рис. 4** Сопоставление результатов комплексных исследований карбонатных пород юрхской свиты образца из II юрхского горизонта с глубины 1705,11 м

а) Сопоставление по данным XRD, объемного метода и СТА; б) дифрактограмма образца; в) термограмма образца. \* - теоретическая термограмма кальцита [6]. \*\* теоретическая термограмма магнезита [6]. П.п.п. – потери при прокаливании.

Для уточнения минерального состава, с учётом выявленных расхождений между результатами различных методов, применялся метод растровой электронной микроскопии с энергодисперсионным рентген-



**Рис. 5.** Снимок РЭМ образца с глубины 1705,11 м с указанием точек микроанализа и таблицей

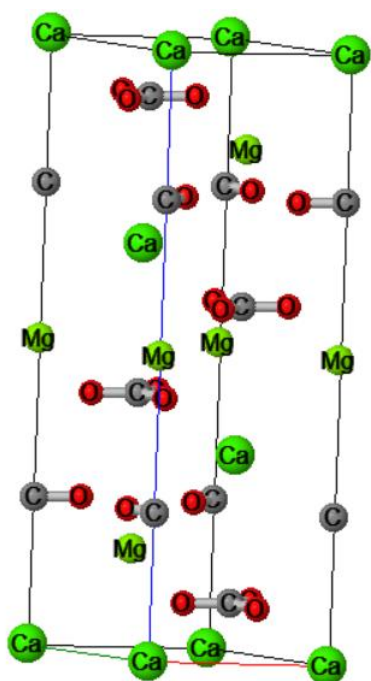
спектрометрическим анализатором. По данным РЭМ образца с глубины 1705,11 м порода состоит преимущественно из доломита (Рис. 5), что подтверждает данные XRD и XRF.

### Обсуждение результатов

Различия в результатах СТА, XRD и объемного методов могут быть обусловлены изменениями термодинамики разрушения доло-

митов (как под воздействием кислоты, так и температуры), связанные с нестехиометрическим составом, особенностями кристаллической структуры, размером частиц и генезисом минералов (хемогенный или биогенный).

Одним из самых достоверных методов диагностики карбонатных минералов, позволяющим устанавливать особенности кристаллической структуры, является метод XRD. Для понимания причин термической и кислотной неустойчивости доломита в юрхской свите необходимо в первую очередь рассмотреть подробнее кристаллическую структуру минерала.



*Рис. 6. Кристаллическая структура доломита*

Кристаллическая структура доломита характеризуется чередованием ионов кальция и магния вдоль тройной оси (Рис. 6). В доломитах стехиометрического состава соотношение  $\text{CaO/MgO}=1,4$  и является фиксированной величиной для любого процентного содержания в породе. При этом важной особенностью доломитов является характерный изоморфизм - способность атомов (ионов) разных элементов замещать друг друга в минерале без изменения его кристаллической структуры. Например, изменение параметров элементарной ячейки доломита может быть связано с избытком  $\text{CaCO}_3$

по отношению к  $\text{MgCO}_3$ , а также присутствием  $\text{FeCO}_3$  и  $\text{MnCO}_3$ .

Процесс замещения ионов магния на ионы кальция проходит без изменения кристаллической структуры доломита, что приводит к нарушению стехиометрического состава минерала, снижению термической и кислотной устойчивости пород.

Различия в комплексных результатах исследований объясняются особенностями кристаллической структуры доломитов (Табл. 1). Экспери-

ментально установленные параметры элементарной ячейки (э.я.) доломитов юрхской свиты имеют увеличенное значение в сравнении с теоретическими, что связано с изоморфными замещениями. Избыток ионов кальция  $Ca^{2+}$  в структуре доломита, имеющих больший ионный радиус, чем ионы магния  $Mg^{2+}$ , приводит к увеличению параметра э.я., основные изменения в структуре связаны с вхождением  $Ca^{2+}$  в позиции  $Mg^{2+}$ . Также допускается, что в кристаллической структуре доломита появляются дополнительные Ca-слои, т.е. чисто Ca-слои чередуются с чисто Mg-слоями. При этом наблюдается увеличение значения ширины пика (FWHM) доломита. Основными факторами, обуславливающими увеличения ширины пиков, при выполнении эксперимента на одном оборудовании, являются структурные особенности фаз (размер кристаллитов, микроискажения и дефекты кристаллической решетки). Величина FWHM является качественной и суммарной характеристикой всех структурных особенностей фаз и служит только для сравнительной оценки ширины пиков в различных образцах.

Таблица 1

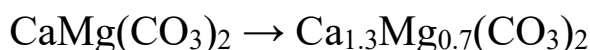
**Результаты XRD и XRF карбонатных пород юрхской свиты с указанием значений экспериментальных параметров (э.я) доломита**

Элементный состав, массовая доля, % (XRF)											Содержание минералов, массовая доля, % (XRD)							Параметры э.я. доломита, нм		FWHM	CaO/MgO**
Глубина	П.п.*	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	S	Sr	Кварц	Полевые шпаты	Карбонаты		Галит	Ангидрит	Сумма глинистых минералов	a, b (0.4812)	c (1.602)		
													Кальцит	Доломит							
1690,64	38,79	5,22	0,63	0,43	0,22	32,04	17,20	0,50	4,58	0,30	2,1	-	-	84,9	0,3	12,7	-	0,4808	1,602	0,106	1,40
1762,15	46,91	1,98	0,34	0,21	0,17	29,64	19,37	0,47	0,05	0,00	1,1	-	1,0	97,5	0,4	-	-	0,4810	1,602	0,116	1,50
1670,86	44,95	5,89	0,82	0,63	0,35	28,39	18,70	0,04	0,06	0,01	2,5	2,0	-	95,5	-	-	-	0,4813	1,604	0,111	1,51
1678,77	42,42	13,34	1,41	1,30	0,53	24,58	16,03	0,11	0,09	0,04	4,6	2,4	-	91,7	-	-	1,3	0,4813	1,604	0,100	1,52
1685,79	46,08	1,16	0,21	0,71	0,06	31,65	19,42	0,29	0,36	0,04	1,8	-	1,6	95,7	-	0,9	-	0,4811	1,604	0,119	1,55
1688,72	46,39	1,26	0,37	0,61	0,08	32,02	19,05	0,10	0,03	0,01	1,3	-	1,9	96,8	-	-	-	0,4811	1,603	0,121	1,62
1649,46	45,95	2,46	0,66	0,76	0,16	31,54	18,59	0,11	0,28	0,01	1,2	-	-	95,9	-	2,0	0,9	0,4813	1,604	0,130	1,67
1677,32	44,18	8,62	1,39	0,68	0,70	28,10	15,72	0,38	0,06	0,02	2,9	2,0	2,9	90,8	0,4	0,6	0,4	0,4814	1,606	0,141	1,68
1680,05	46,08	3,71	0,59	0,49	0,34	30,57	17,63	0,41	0,07	0,02	1,1	1,1	0,9	96,0	0,6	0,3	-	0,4814	1,605	0,142	1,70
1782,91	45,40	0,89	0,21	0,25	0,14	33,55	18,60	0,27	0,46	0,00	0,9	-	1,3	96,7	-	1,1	-	0,4814	1,605	0,145	1,72

\* п.п.п. - полная потеря веса при прокаливании (1000°C) \*\* содержание Ca<sup>2+</sup> за вычетом содержания Ca в составе ангидрита

FWHM – полная ширина на половине абсолютной высоты основного по интенсивности пика доломита (104)

Установлено, что состав доломитов юрхской свиты по данным XRF варьируется в следующих пределах:



Также было установлено, что нестехиометрические особенности кристаллической структуры доломитов (увеличение параметров э.я и значений FWHM) в большей степени характерны для осадков, формировавшихся в областях барьерных органогенных построек.

В развитие проведённого исследования представляется целесообразным предложить алгоритм выбора оптимального подхода для определения минерального состава карбонатных пород. После предварительного макроописания и выделения наиболее карбонатных разностей для экспресс-оценки рекомендуется использование XRF и объёмный метод, обеспечивающие высокую скорость получения данных по элементному и фазовому составу пород. При необходимости уточнения фазового состава с учетом кристаллических особенностей минералов, а также в случае наличия серо-содержащих минералов в породе (гипс, ангидрит, пирит и др.), целесообразно применять рентгеновскую дифракцию (XRD) с сопоставлением экспериментальных данных с международными эталонными базами (ICDD PDF-2), а также с расчетом параметров элементарной ячейки минералов. В случае существенного присутствия изоморфных замещений рекомендуется дополнительно привлекать СТА для выявления изменений температур фазовых превращений, коррелирующих с долей примесей и степенью дефектности решётки. Проведение растровой электронной микроскопии (РЭМ) и микрозондового анализа оправдано для локализации фазовых неоднородностей, выявления мелкодисперсных образований, фиксации дефектных зон и верификации данных по изоморфным замещениям. Такой подход обеспечивает надёжное принятие решений при геологическом моделировании, определении качества коллектора и выборе технологий воздействия на пласт. При снижении содержания магния и увеличении доли кальция возрастает растворимость доломита и снижается температура начала термического разложения минерала, что должно учитываться при выборе концентрации и объёма кислотного реагента.

## Выводы

Выполненные исследования показывают, что для корректного определения качественного и количественного минерального состава карбонатных пород необходимо проведение комплекса исследований, включающего различные физико-химические методы анализа, и учет особенностей кристаллической структуры карбонатных минералов.

Особое внимание при интерпретации минерального состава карбонатных пород следует уделять влиянию изоморфных замещений, структурных дефектов и кинетическим особенностям минералов при нагревании или воздействии кислоты. В ходе проведённых исследований было установлено, что изоморфизм в структуре доломитов юрхской свиты проявляется преимущественно за счёт замещения магния двухвалентными катионами кальция, что приводит к изменению параметров элементарной ячейки минерала, термической и кислотной неустойчивости пород.

При этом отмечается, что изоморфные замещения в большей степени проявлены в области барьерных органогенных построек, что связано с различиями в осадконакоплении и вторичных изменениях в различных фациальных зонах. Данная закономерность прослеживается по всем исследованным скважинам и требует дальнейшего подробного рассмотрения в рамках отдельной статьи.

Рассмотрение закономерностей пространственного распространения нестехиометрического доломита по разрезу юрхской свиты как в скважине, так и в межскважинном пространстве будет рассмотрено в следующих работах.

Нестехиометрический состав карбонатных минералов необходимо учитывать при палеогеографических и фациальных реконструкциях, для петрофизического и геомеханического моделирования, при планировании промысловых затрат, связанных с применением соляно-кислотных обработок.

### Список литературы

1. Пушчаровский Д.Ю. Рентгенография минералов / Д.Ю. Пушчаровский. – М.: Геоинформарк, 2000. – 292с.
2. Оленич П.А., Бухарова И.А., Новикова М.С., Хорольский Г.О., Чиргун А.С. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности юряхского горизонта Среднеботуобинского месторождения // Экспозиция Нефть Газ. 2021. № 6.
3. Здобин Д. Ю., Федорова Н. Н., Соколова Ю. Ю. Методы лабораторного определения содержания карбонатов в почвах и грунтах / Грунтоведение. – 2017. – № 1(9).
4. Хайруллина З. З. Метод термического анализа. Методические указания к лабораторной работе. - Казань: Метод. указания /Казан. нац. иссл. технол. ун-т; Казань, 2020.
5. Соболев В. И. Качественный рентгенофлуоресцентный анализ: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Физико-химические методы анализа / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.
6. Костов И. Минералогия / М.: МИР, 1971.

### References

1. Pushcharovsky, D.Yu. (2000). X-ray Diffraction of Minerals. Moscow: Geoinformark, 292 p. (in Russian)
2. Olenich, P.A., Bukharova, I.A., Novikova, M.S., Khorolsky, G.O., & Chirgun, A.S. (2021). Geological structure and petroleum potential of the Yuryakh horizon of the Srednebotuobinskoye field. Exposition Oil & Gas, (6). (in Russian)
3. Zdobin, D.Yu., Fedorova, N.N., & Sokolova, Yu.Yu. (2017). Laboratory methods for determining carbonate content in soils and sediments. Soil Science (Gruntovedenie), 1(9). (in Russian)
4. Khayrullina, Z.Z. (2020). Thermal Analysis Method: Laboratory Guidelines. Kazan: Kazan National Research Technological University. (in Russian)
5. Sobolev, V.I. (2014). Qualitative X-ray Fluorescence Analysis: Laboratory Guidelines for the Course “Physico-Chemical Methods of Analysis”. Tomsk: Tomsk Polytechnic University Press. (in Russian)
6. Kostov, I. (1971). Mineralogy. Moscow: Mir Publishers. (in Russian)

### Сведения об авторах

*Михалкина Ольга Геннадьевна*, кандидат химических наук, заместитель начальника Московского центра исследования пластовых систем (кern и флюиды), ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Россия, 142717, Московская область, г. о. Ленинский, п. Развилка, ул. Газовиков, зд. 15, стр. 1

E-mail: o\_mikhalkina@vniigaz.gazprom.ru

*Крайн Дмитрий Рангольдович*, начальник Московского центра исследования пластовых систем (кern и флюиды), ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Россия, 142717, Московская область, г. о. Ленинский, п. Развилка, ул. Газовиков, зд. 15, стр. 1

E-mail: d\_krain@vniigaz.gazprom.ru

*Ильгильдин Руслан Фатхетдинович*, заместитель начальника отдела геологии, разработки месторождения, лицензирования и недропользования, ООО «Газпром добыча Оренбург»

Россия, 460058, г. Оренбург, ул. Чкалова, д. 1/2

E-mail: r.ilgildin@gdo.gazprom.ru

*Мосолов Илья Андреевич*, научный сотрудник лаборатории комплексных исследований кернового материала, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Россия, 142717, Московская область, г. о. Ленинский, п. Развилка, ул. Газовиков, зд. 15, стр. 1

E-mail: i\_mosolov@vniigaz.gazprom.ru

*Пушкарева Дарья Андреевна*, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории комплексных исследований кернового материала, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Россия, 142717, Московская область, г. о. Ленинский, п. Развилка, ул. Газовиков, зд. 15, стр. 1

E-mail: d\_pushkareva@vniigaz.gazprom.ru

*Хабибуллин Тимур Дамирович*, младший научный сотрудник лаборатории комплексных исследований кернового материала, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Россия, 142717, Московская область, г. о. Ленинский, п. Развилка, ул. Газовиков, зд. 15, стр. 1

E-mail: t\_khabibullin@vniigaz.gazprom.ru

## Authors

*O.G. Mikhalkina*, PhD (Chemistry), Deputy Head of the Moscow Center for Reservoir Systems Studies (Core and Fluids), Gazprom VNIIGAZ LLC

Bld. 15, Str. 1, Gazovikov St., Razvilka Settlement, Leninsky Urban District, Moscow Region, 142717, Russian Federation

E-mail: o\_mikhalkina@vniigaz.gazprom.ru

*D.R. Krain*, Head of the Moscow Center for Reservoir Systems Studies (Core and Fluids), Gazprom VNIIGAZ LLC

Bld. 15, Str. 1, Gazovikov St., Razvilka Settlement, Leninsky Urban District, Moscow Region, 142717, Russian Federation

E-mail: d\_krain@vniigaz.gazprom.ru

*R.F. Ilgil'din*, Deputy Head of the Department for Geology, Field Development, Licensing, and Subsurface Use, Gazprom Dobycha Orenburg LLC

1/2 Chkalova St., Orenburg, 460058, Russian Federation

E-mail: r.ilgildin@gdo.gazprom.ru

*I.A. Mosolov*, Researcher, Laboratory for Integrated Core Studies, Gazprom VNIIGAZ LLC

Bld. 15, Str. 1, Gazovikov St., Razvilka Settlement, Leninsky Urban District, Moscow Region, 142717, Russian Federation

E-mail: i\_mosolov@vniigaz.gazprom.ru

*D.A. Pushkareva*, PhD (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Laboratory for Integrated Core Studies, Gazprom VNIIGAZ LLC

Bld. 15, Str. 1, Gazovikov St., Razvilka Settlement, Leninsky Urban District, Moscow Region, 142717, Russian Federation  
E-mail: d\_pushkareva@vniigaz.gazprom.ru

*T.D. Khabibullin*, Junior Researcher, Laboratory for Integrated Core Studies, Gazprom VNI-IGAZ LLC

Bld. 15, Str. 1, Gazovikov St., Razvilka Settlement, Leninsky Urban District, Moscow Region, 142717, Russian Federation  
E-mail: t\_khabibullin@vniigaz.gazprom.ru

*Статья поступила в редакцию 14.10.2025*  
*Принята к публикации 27.03.2026*  
*Опубликована 30.03.2026*