

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ»

г. Южно-Сахалинск, Сахалинская область

12–16 октября 2026 г.



На конференции будут обсуждаться учеными и специалистами, аспирантами и студентами актуальные научные проблемы, которые волнуют ученых не только Дальневосточного региона России. Среди них природные катастрофы, методы оценки их опасности и риска, а также современные технологии геофизического мониторинга в сейсмоактивных и цунамиопасных регионах.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ:

Исследования Земли: ответ на вызовы природных и техногенных катастроф

Секция посвящена вопросам:

- Геологическое строение земной коры и структур различного масштаба,
- Этапы и стадии развития земной коры и верхней мантии,
- Вещественный состав геологических сред и объектов,
- Поиск и прогнозирование месторождений полезных ископаемых.

Динамика моря и вопросы изменения климата

Секция посвящена вопросам:

- Потоки вещества и энергии в гидросфере,
- Генерация цунами и цунамиопасность,
- Моделирование и прогноз морских опасных явлений,
- Геолого-геоморфологические аспекты освоения морских побережий.

Живые системы и геологическая среда

Секция посвящена вопросам:

- Влияние природных и антропогенных факторов на живые организмы и экосистемы,
- Адаптивные стратегии живых организмов,
- Биологическое разнообразие и инвазии,
- Анализ состояния экосистем по данным аэрокосмических исследований.

Шаг в науку: технологии и практика

Секция посвящена вопросам:

- Инженерные проекты и прототипы для мониторинга природных процессов,
- Цифровые методы анализа геофизических и геозоологических данных,
- Моделирование природных опасностей и их последствий,
- Междисциплинарные студенческие исследования.

К началу работы конференции будут изданы тезисы докладов в авторской редакции. Объем тезисов не должен превышать одну страницу машинописного текста. Избранные доклады по решению Организационного комитета будут опубликованы в журнале ИМГиГ ДВО РАН «Геосистемы переходных зон» (БС-2, входит в Перечень ВАК).

УСЛОВИЯ УЧАСТИЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ ВЗНОС Оплата производится при регистрации.

Для участников конференции **5000 РУБ.** Для аспирантов и молодых учёных до 35 лет **3500 РУБ.**

В оргвзнос входит • организационный набор участника конференции • организация кофе-брейков в дни работы конференции •

ПРОЖИВАНИЕ, ПРОЕЗД И ПРОГРАММА

Проживание: Рекомендуемые гостиницы г. Южно-Сахалинск (вблизи маршрутов общественного транспорта): Lenina Hotel, Монерон, Лотос, Панорама, Командор, Юбилейная. Проезд: До Института морской геологии и геофизики можно добраться автобусами 10, 62, 71, 21. Остановка — «Институт морской геологии и геофизики».

Программа будет разослана участникам вместе с третьим циркуляром, а также размещена на сайте конференции.

Для участников конференции предусмотрено проведение экскурсий: посещение Ботанического сада; геологические экскурсии: Взморье или останец Лягушка; малая жемчужина Сахалина: Невельск – Холмск.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

Долгих Григорий Иванович, академик РАН, профессор, ТОИ ДВО РАН

СОПРЕДСЕДАТЕЛИ:

Аленьков Вячеслав Владимирович, заместитель председателя Правительства Сахалинской области

Зайцев Андрей Иванович, д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН, директор СКБ САМИ ДВО РАН

Огнев Алексей Вячеславович, д.ф.-м.н., ректор СахГУ

Ковалев Дмитрий Петрович, д.ф.-м.н., и. о. директора ИМГиГ ДВО РАН

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Андреева Марина Юрьевна, к.ф.-м.н., с.н.с. ИМГиГ ДВО РАН

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ:

Прытков А.С., к.ф.-м.н., в.н.с., зам. директора ИМГиГ ДВО РАН

Верхотуров А.А., к.т.н., ученый секретарь ИМГиГ ДВО РАН

Коцуконь С.Н., операционный директор ПИШ СахГУ

Костылев Д.В., к.т.н., директор СФ ФИЦ ЕГС РАН

Кордюков А.В., к.б.н., директор СФ БСИ ДВО РАН

Деттерев А.В., к.г.-м.н., зав. лабораторией ИМГиГ ДВО РАН

Копанина А.В., к.б.н., зав. лабораторией ИМГиГ ДВО РАН

Борисов А.С., к.т.н., рук. лаборатории ИМГиГ ДВО РАН

Закупин А.С., к.ф.-м.н., в.н.с. ИМГиГ ДВО РАН

Ковтунович П.Ю., вед. инженер ИМГиГ ДВО РАН

АДРЕС ОРГКОМИТЕТА:

Россия, 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, д. 1 Б
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
Телефон/факс: 8 (4242) 79-15-17

Web-страница конференции:

<https://imggconf.ru>E-mail: info@imggconf.ru

ПАРТНЁРЫ И ОРГАНИЗАТОРЫ

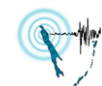
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН



Дальневосточное отделение РАН



СФ ФИЦ ЕГС РАН



ФГБОУ ВО «СахГУ»



СКБ САМИ ДВО РАН



СахалинТех



Правительство Сахалинской области



ОСНОВНЫЕ ДАТЫ:

до 1 августа – подача регистрационной формы.

до 1 сентября – подача тезисов.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

Заседание секций

г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б.

© Авторы, 2026 г.
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)



© The Authors, 2026.
Content is available under Creative Commons Attribution
License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 552.12

<https://doi.org/10.30730/gtr.2026.10.2.173-188>
<https://www.elibrary.ru/rmfqam>

Результаты минералого-петрографического исследования кремнистых пород южного Сахалина

*Е. В. Кожевников¹, К. П. Казымов², Е. М. Томилина², М. С. Турбаков¹,
Е. П. Рябokonь¹, З. Г. Иванов¹, М. А. Пшевлодский², П. А. Каменев³*

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

³ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

Резюме. Представлены результаты минералого-петрографического исследования кремнистых пород холмской и курасийской свит южного Сахалина. Исследования выполнены с применением макроскопического описания, поляризационной микроскопии, растровой электронной микроскопии с энергодисперсионным спектральным анализом, рентгенофазового и синхронного термического анализа. Породы холмской свиты содержат силициты с тонкодисперсной кремнистой основной массой, кварц, полевые шпаты, гидрослюда, хлорит, гематит, кальцит, растительный детрит и углефицированное органическое вещество. В породах курасийской свиты установлены опоквый облик, скрытокристаллическая и аморфная кремнистая основная масса, кристобалит, тридимит, кварц, полевые шпаты, гидрослюда, хлорит, гематит и органическое вещество. Растровая электронная микроскопия выявила микроконкреции и идиоморфные микрокристаллы пирита, микроглобулярные формы кремнистого вещества, участки с повышенными содержаниями Na, K, S и Cl, а также органические остатки с высоким содержанием углерода. С помощью рентгенофазового анализа установлено, что в кристаллической фазе кремнистой составляющей пород холмской свиты преобладает кварц, курасийской свиты – кристобалит и тридимит. Полученные данные уточняют минеральный состав, форму кремнезема и микростроение пустотного пространства кремнистых пород холмской и курасийской свит южного Сахалина.

Ключевые слова: южный Сахалин, холмская свита, курасийская свита, кремнистые породы, опока, кварц, кристобалит, тридимит, растровая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, термический анализ

Results of mineralogical and petrographic study of siliceous rocks of southern Sakhalin

*Evgenii V. Kozhevnikov¹, Konstantin P. Kazymov², Elena M. Tomilina²,
Mikhail S. Turbakov¹, Evgenii P. Riabokon¹, Zakhar G. Ivanov¹,
Miroslav A. Pshevlodskiy², Pavel A. Kamenev³*

¹ Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

² Perm State National Research University, Perm, Russia

³ Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. The paper presents the results of a mineralogical and petrographic study of siliceous rocks from the Kholmskaya and Kurasiyskaya Formations of southern Sakhalin. The study was carried out using macroscopic description, polarized-light microscopy, scanning electron microscopy with energy-dispersive microprobe analysis, as well as X-ray diffraction and simultaneous thermal analysis. Rocks of the Kholmskaya Formation are represented by silicites with a finely dispersed siliceous groundmass, quartz, feldspars, hydromica, chlorite, hematite, calcite, plant detritus, and carbonized organic matter. Rocks of the Kurasiyskaya Formation are opoka-like and are characterized by cryptocrystalline and amorphous siliceous groundmass, cristobalite, tridymite, quartz,

feldspars, hydromica, chlorite, hematite and organic matter. Scanning electron microscopy revealed pyrite microconcretions and idiomorphic pyrite microcrystals, microglobular silica forms, areas enriched in Na, K, S, and Cl, as well as carbon-rich organic residues. Using the X-ray diffraction analysis, it was established that quartz predominates in the rocks of the Kholmskaya Formation, whereas cristobalite and tridymite predominate in the opokas of the Kurasiyskaya Formation. The obtained data clarify the mineral composition, silica forms and pore microstructure of siliceous rocks of the Kholmskaya and Kurasiyskaya Formations of southern Sakhalin.

Keywords: southern Sakhalin, Kholmskaya Formation, Kurasiyskaya Formation, siliceous rocks, opoka, quartz, cristobalite, tridymite, scanning electron microscopy, X-ray diffraction, thermal analysis

Финансирование и благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSNM-2024-0008).

Авторы благодарят уважаемых рецензентов за конструктивные предложения и замечания, которые помогли улучшить качество представленной рукописи.

Funding and Acknowledgements

This study was funded by Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Project No. FSNM-2024-0008).

The authors thank the respected Reviewers for constructive suggestions and comments that allowed to improve the quality of the presented manuscript.

Для цитирования: Кожевников Е.В., Казымов К.П., Томилина Е.М., Турбаков М.С., Рябokonь Е.П., Иванов З.Г., Пшевлодский М.А., Каменев П.А. Результаты минералогическо-петрографического исследования кремнистых пород южного Сахалина. *Геосистемы переходных зон*, 2026, т. 10, № 2, с. 173–188. <https://doi.org/10.30730/gtr.2026.10.2.173-188>; <https://www.elibrary.ru/rmfqam>

For citation: Kozhevnikov E.V., Kazymov K.P., Tomilina E.M., Turbakov M.S., Riabokon E.P., Ivanov Z.G., Pshevlodskiy M.A., Kamenev P.A. Results of mineralogical and petrographic study of siliceous rocks of southern Sakhalin. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2026, vol. 10, No. 2, p. 173–188. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2026.10.2.173-188>; <https://www.elibrary.ru/rmfqam>

Введение

В южной части о. Сахалин, в отличие от северной, промышленная разработка месторождений нефти и газа развита слабо. Вместе с тем южный Сахалин и прилегающие акватории рассматриваются как перспективная область для расширения потенциальной базы углеводородов [1–3]. В условиях снижения ресурсной обеспеченности традиционных объектов возрастает роль комплексного изучения низкопроницаемых кремнистых и глинисто-кремнистых толщ, которые могут быть связаны как с нефтегазоматеринскими интервалами, так и с трещинно-поровыми коллекторами.

По Сахалину опубликован ряд работ, посвященных нефтегазоносности, геодинамическому положению, геохимическим характеристикам и геомеханическим особенностям осадочных толщ [4–12]. Обобщенные сведения по кайнозойским отложениям и нефтегазоносности Сахалина приведены в региональных сводках и монографических работах [5, 12–14].

При этом минералогическо-петрографические данные по кремнистым породам южного Сахалина, полученные с использованием современной приборной базы, ограничены. Недостаточно охарактеризованы форма кремнезема, микроструктура кремнистого матрикса, состав глинистого материала, морфология пустотного пространства, признаки аутигенного минералообразования и состав органического вещества.

Цель работы – уточнение минерального и петрографического состава кремнистых пород потенциально нефтегазоматеринских холмской и курасийской свит южного Сахалина с использованием комплекса методов оптической и электронной микроскопии, рентгенофазового, термического анализа.

Материал исследования

Материалом для исследования послужили образцы пород двух свит, имеющих перспективу разработки в качестве нетрадиционных коллекторов.

Холмская свита (P_3-N_1hl) выделена на Сахалине Е.М. Смеховым в 1948 г. Она распространена в южной и центральной частях острова [13, 14]. В ее составе описываются кремнистые туфоалевролиты, туффиты, туфы кислого состава, аргиллиты, песчаники и туфо-песчаники мощностью до 950 м. Эта свита, как правило, не рассматривается большинством исследователей в качестве одной из основных нефтегазоматеринских для Сахалина. Тем не менее, по данным [1], содержание органического углерода $C_{орг}$ холмской свиты составляет от 0.3 до 0.7 %, что отвечает одному из критериев нефтегазоматеринского потенциала. Аналогичные лабораторные результаты были получены в работе [11]. Кроме того, породы свиты имеют хорошие люминесцентно-битумологические свойства. Дополнительным фактором, позволяющим рассматривать вклад холмской свиты в генерацию углеводородов, является ее положение под маруямской свитой на Анивских газовых месторождениях [1].

С учетом обширной территории распространения холмской свиты, от п-ова Крильон до Тымовского района, в том числе и на территориях интенсивного строительства инфраструктуры, задача изучения ее минералого-петрографических свойств становится еще более актуальной.

Курасийская свита (N_1kr) выделена К. Уватко в 1925 г. на западном побережье о. Сахалин в районе села Новосибирское-Байково [13]. Свита сложена преимущественно

кремнистыми и диатомовыми алевролитами, опоковидными алевролитами, опоками, реже туффитами. Мощность свиты варьирует от 40 до 1700 м [12–14]. По данным [12], среди неогеновых отложений западного Сахалина курасийская свита отличается повышенными содержаниями органического вещества и представляет интерес с точки зрения нефтеобразования [12, 15].

В южной части о. Сахалин сотрудниками Института морской геологии и геофизики ДВО РАН была отобрана серия образцов пород в пределах холмской (точка 1) и курасийской (точка 2) свит (рис. 1).

Точка 1 локализуется в клифе в районе пос. Взморье, координаты $47.865395^\circ N$,



Рис. 1. Южная часть Сахалина. Расположение мест отбора проб: в пределах холмской (1) и курасийской (2) свит.

Fig. 1. The southern part of Sakhalin. Location of sampling sites: within the Kholmskaya (1) and Kurasiyskaya (2) Formations.

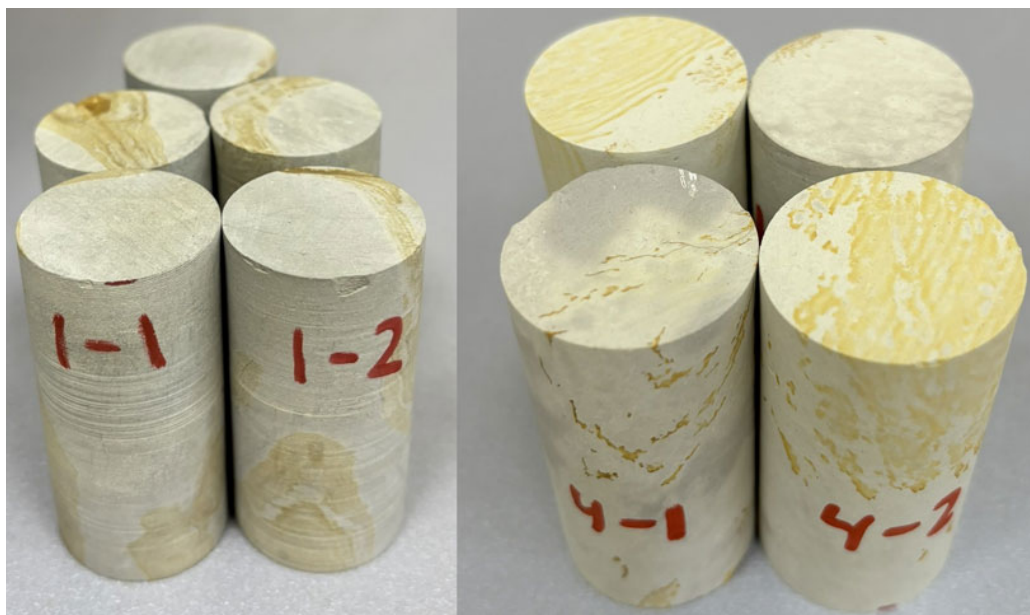


Рис. 2. Внешний вид образцов холмской (слева) и курасийской свит (справа).

Fig. 2. Appearance of samples of the Kholmok Formation (on the left) and the Kurasiyskaya Formation (on the right).

142.525963° Е. В тектоническом плане участок расположен в зоне Центрально-Сахалинского разлома. В районе отбора образцов развиты субвулканические тела кислого и среднего состава.

Точка 2 расположена в карьере восточнее пос. Шебунино, координаты 46.426067° N, 141.873883° Е. Участок находится между Западно-Сахалинским и Невельским разломами.

Образцы из холмской и курасийской свит показаны на рис. 2. В тексте исследуемые образцы обозначены двумя цифрами: первая – 1 и 4 – холмская и курасийская свиты соответственно; вторая – порядковый номер образца.

Методы

При макроскопическом описании образцов изучались: цвет, текстура, характер излома, трещиноватость, наличие видимых прожилков, глинистых слоев и органических остатков [16]. Петрографическое изучение шлифов проведено на поляризационном микроскопе Olympus BX51. При описании шлифов учитывались структура, микротекстура, минеральный состав, характер кремнистого и глинистого материала, наличие органических остатков, вторичных минералов и прожилков.

Растровая электронная микроскопия (РЭМ) выполнена на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV (Jeol, Japan) с энергодисперсионным спектрометром Inca Energy 350 (Oxford Instruments, UK). Перед съемкой поверхность образцов напылялась углеродом на установке JEE 420. Энергодисперсионный спектральный анализ (ЭДС) использован для определения состава минерального скелета, глинистого вещества, аутигенных минералов и органических остатков. Режим работы прибора: ускоряющее напряжение 20 кВ, сила тока 10 мА, рабочее расстояние 12 мм.

Рентгенофазовый анализ (РФА) выполнен на порошковом дифрактометре D2 Phaser (Bruker, ФРГ). Использовалась рентгеновская трубка с медным анодом, излучение $\text{CuK}\alpha$, $\lambda = 1.54060 \text{ \AA}$, напряжение 30 кВ, сила тока 10 мА, линейный детектор LYNXEYE. Условия съемки: расходящаяся щель 0.6 мм, щели Соллера первичная 2.5° и вторичная 2.5°, угловой диапазон 5–70° 2 θ , шаг 0.02°, время набора импульсов в точке 1.0 с. Обработка дифрактограмм выполнена в Diffrac.Eva с использованием базы COD; количественная оценка валового минерального состава кристаллической фазы – в Topas 4-2 методом Ритвельда.

Термический анализ проведен на синхронном термоанализаторе STA 409 PC Luxx (Netzsch-Geratebau GmbH). Использовалось сочетание дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрического анализа. Измельченный образец помещали в корундовый тигель и нагревали до 1200 °С со скоростью 10 °С/мин. Исследования проводились в динамической атмосфере Ar: 10 мл/мин для весовой системы и 20 мл/мин для измерительной камеры. При интерпретации термических эффектов учитывались опубликованные данные по термическому анализу минералов и горных пород [17].

Результаты

Макроскопическое описание образцов

Холмская свита

Образец 1-4. Силицит. Образец серого цвета. Основная масса представлена кремнистым скрытокристаллическим веществом и тонкодисперсным глинистым материалом. Текстура неяснослоистая, обусловленная параллельным направлением глинистых слоев толщиной 0.3–0.5 мм. Глинистые слои темно-серого цвета, извилистые, волнистые, распределены неравномерно. Они заполнены тонкодисперсными глинистыми минералами и растительными остатками темно-бурого, почти черного цвета.

Образец 1-3. Силицит. Образец серого цвета. Основная масса представлена скрытокристаллическим кремнистым веществом и тонкодисперсным глинистым материалом. Текстура неяснослоистая, обусловлена субпараллельностью тонких прожилков.

Курасийская свита

Образец 4-6. Опока. Образец светло-серого цвета. Основная масса представлена скрытокристаллическим и аморфным кремнистым веществом. Текстура неяснополосчатая. На сколе излом раковистый. Образец средней крепости. Неравномерно по образцу наблюдаются трещины длиной до 20 мм при раскрытости до

0.8 мм, заполненные глинистым материалом. Присутствуют остатки углефицированной растительной органики красно-бурого и черного цвета, неправильной, удлинено-вытянутой формы, размером 0.01–0.08 мм.

Образец 4-8. Опока. Образец светло-серого цвета. Основная масса представлена кремнистым материалом. Текстура беспорядочная.

Петрографическое описание шлифов образцов

Холмская свита

В образце 1-3 в составе породы установлены кремнистый материал, полевые шпаты, глинистый материал гидрослюдистого и хлоритового состава, гематит и кальцит.

В шлифе образца 1-3 на фоне тонкодисперсной скрытокристаллической кремнистой основной массы выделяются зерна кварца неправильной, полуугловатой и угловатой формы размером менее 0.15 мм (рис. 3, верхняя панель). Чешуйки гидрослюды имеют размер менее 0.1 мм. Зерна полевых шпатов с зональным погасанием имеют размер менее 0.08 мм. Зерна кальцита неправильной формы размером менее 0.05 мм, распределены неравномерно. Гематит представлен ромбовидными зернами, пластинками и чешуйками темно-бурого до почти черного цвета размером 0.005–0.05 мм.

Практически по всей площади шлифа наблюдаются растительные остатки коричневого и бурого цвета, полупрозрачные, неправильной и удлинено-вытянутой формы, размером менее 0.08 мм. Также присутствуют остатки углефицированной растительной органики черного цвета в виде точечных выделений и неправильных форм размером 0.02–0.08 мм. Тонкие волнистые разнонаправленные прожилки заполнены углесто-глинистым материалом.

Курасийская свита

В шлифе образца 4-8 основная масса сложена тонкодисперсным скрытокристаллическим и аморфным кремнистым веществом, а также тонкодисперсным глинистым материалом. В составе породы установлены кремни-

стый материал, полевые шпаты, глинистый материал гидрослюдистого и хлоритового состава, гематит.

На фоне основной массы выделяются зерна кристобалита размером 0.01–0.18 мм в виде неправильных, субизометричных и таблитчатых зерен с внутренним агрегатным строением (рис. 3, нижняя панель). Также присутствуют зерна кварца неправильной, полуугловатой и угловатой формы размером 0.01–0.08 мм, зерна полевых шпатов с зональным погасением, размером менее 0.18 мм, чешуйки гидрослю-

ды размером менее 0.2 мм и чешуйки хлорита менее 0.07 мм. Гематит наблюдается в виде ромбовидных зерен, пластинок и чешуек темно-бурого до почти черного цвета, размером 0.005–0.05 мм.

Неравномерно по площади шлифа наблюдаются растительные остатки коричневого и бурого цвета, полупрозрачные, неправильной, удлинненно-вытянутой формы. Единичные волнистые разнонаправленные прожилки заполнены оксидами и гидроксидами железа и глинистым материалом.

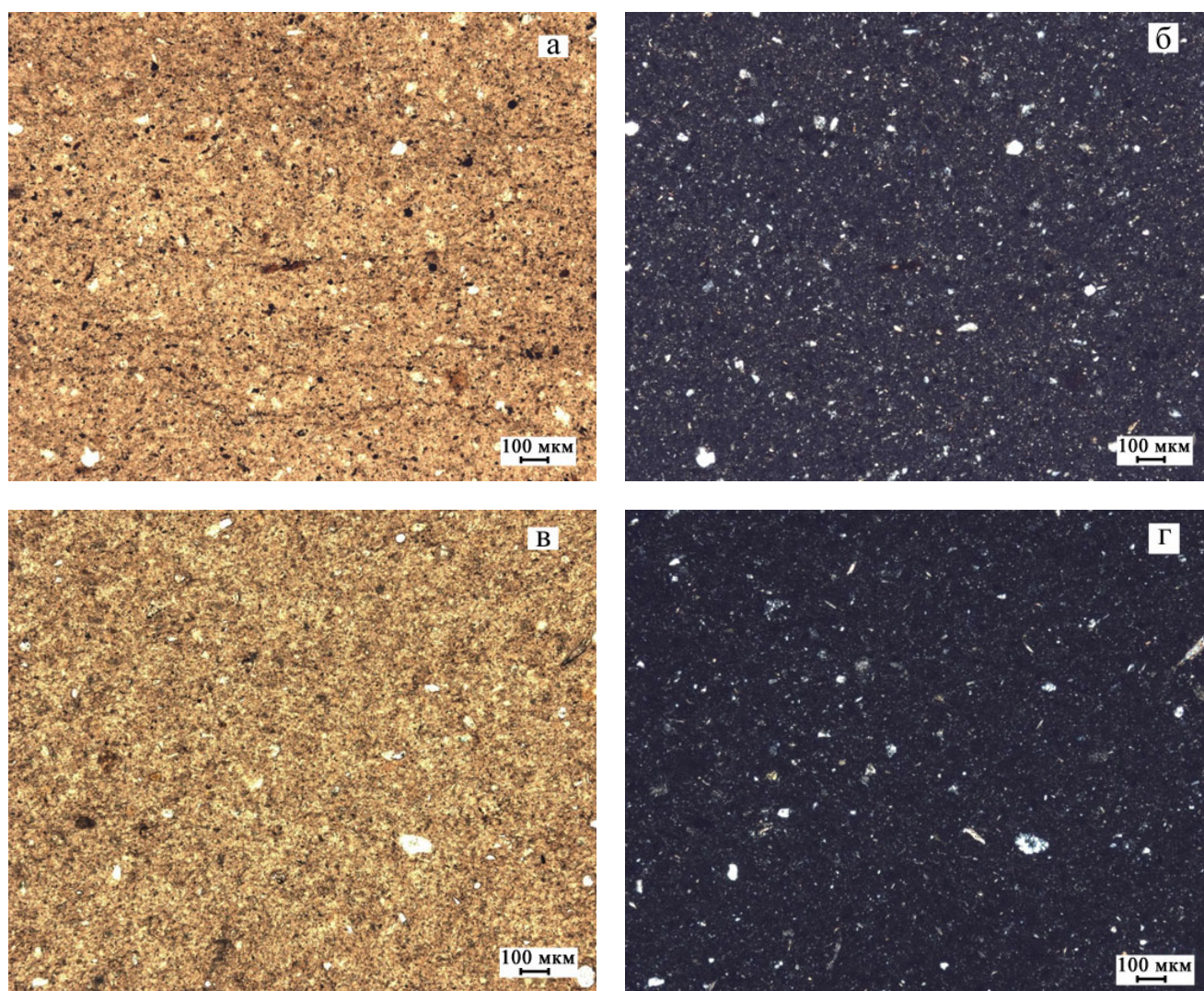


Рис. 3. Фотографии шлифа образца 1-3 холмской свиты (верхняя панель), и образца 4-8 курасийской свиты (нижняя): (слева) без анализатора, (справа) с анализатором. Основная масса обоих образцов представлена тонкодисперсным и аморфным скрытокристаллическим кремнистым материалом; на его фоне выделяются зерна кварца, полевых шпатов и чешуйки глинистых минералов, в образце 4-8 встречается и кристобалит.

Fig. 3. Photo of a thin section of the sample 1-3 from the Kholmokaya Formation (top panel) and a thin section of the sample 4-8 from the Kurasiyskaya Formation (lower panel): without analyzer (on the left), with analyzer (on the right). The groundmass of two samples is represented by finely dispersed and amorphous cryptocrystalline siliceous material with quartz grains, feldspars, and flakes of clay minerals. Cristobalites are also present in the sample 4-8.

Рентгенофазовый анализ

Рентгенофазовый анализ показал различие минерального состава кристаллических фаз в образцах холмской и курасийской свит. Основное различие связано с формой нахождения кремнезема. Количественная оценка минерального состава кристаллических фаз приведена в табл. 1, дифрактограммы изученных образцов – на рис. 4.

В образце 1-3 среди выявленных кристаллических минеральных фаз преобладает кварц. Его содержание составляет 61.6 %. В под-

чиненном количестве присутствуют полевые шпаты, слюда, хлорит, кальцит и гематит. Кристобалит и тридимит в образце 1-3 не установлены. Полученные данные согласуются с петрографическим описанием силицита, в котором кварц присутствует в виде зерен неправильной, полуугловатой и угловатой формы на фоне тонкодисперсной кремнисто-алюмосиликатной основной массы.

В образце 4-8 кремнистая составляющая имеет иной фазово-минеральный состав. Основными кристаллическими модификациями

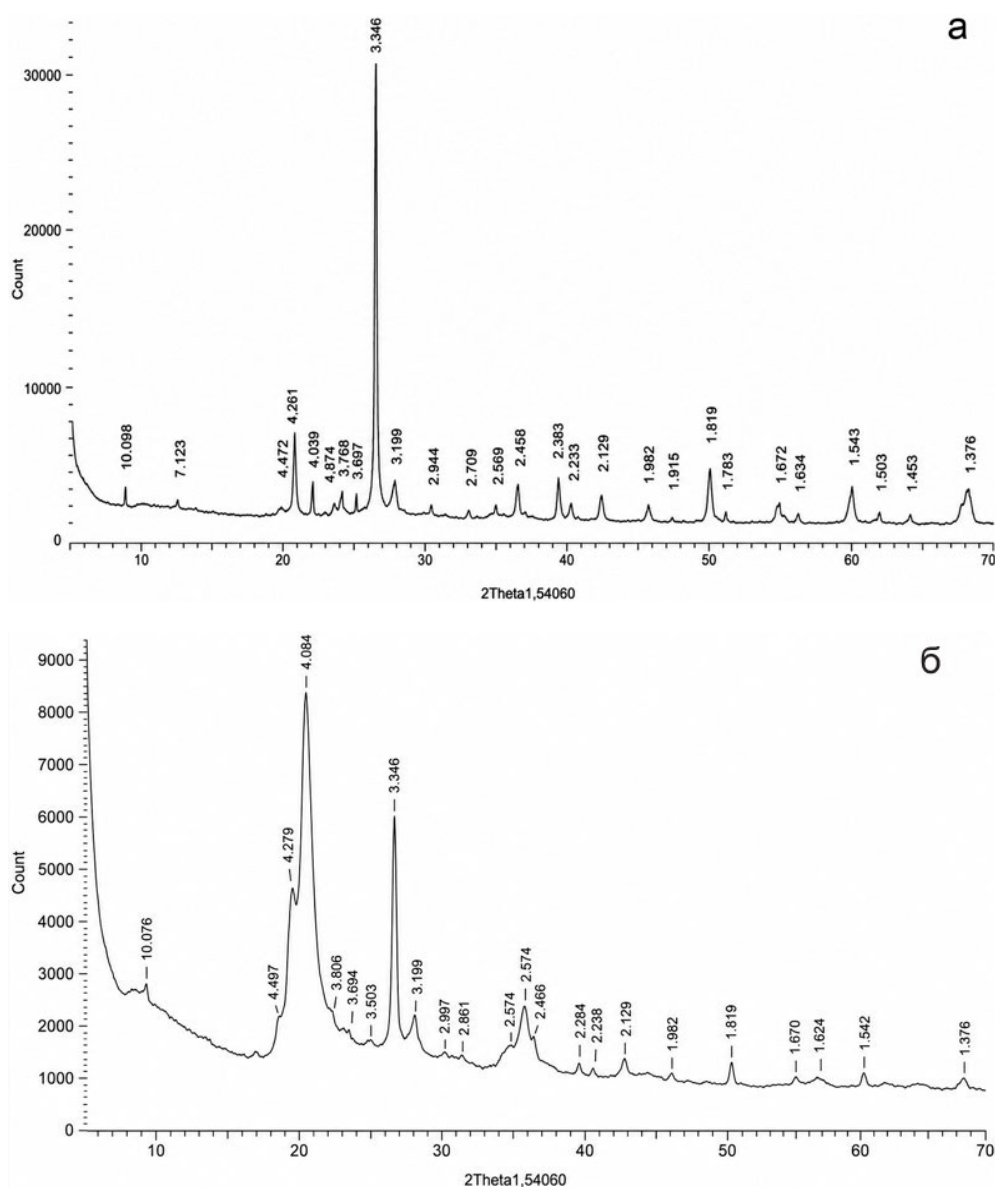


Рис. 4. Дифрактограммы образцов 1-3 холмской (а) и 4-8 курасийской (б) свиты.

Fig. 4. X-ray diffractions pattern of the sample 1-3 from the Kholmskaya Formation (a) and of the sample 4-8 from the Kurasiyskaya Formation (b).

Таблица 1. Минеральный состав кристаллических фаз по данным рентгенофазового анализа, %**Table 1.** Mineral composition of crystalline phases according to the X-ray phase analysis, %

Минерал	Образец 1-3	Образец 4-8
Кварц	61.6	8.4
Кристобалит	–	41.9
Тридимит	–	22.1
Полевые шпаты	21.6	11.9
Хлорит	6.1	2.7
Слюда	7.7	13.0
Гематит	1.3	–
Кальцит	1.7	–

Примечание. Прочерк – минерал отсутствует.

Note. Dash indicates absence of mineral.

кремнезема являются кристобалит (41.9 %) и тридимит (22.1 %). Кварц присутствует в подчиненном количестве – 8,4 %. Кроме того, установлены полевые шпаты, слюда и хлорит. Преобладание кристобалита и тридимита соответствует опоковому характеру породы и указывает на кристобалит-тридимитовый состав кремнезема в изученном образце курасийской свиты.

Термический анализ

По данным синхронного термического анализа, для изученных кремнистых пород характерна постепенная потеря массы в интервале нагрева, составляющая 7–10 %. Ос-

новной эффект на кривых ДСК выражен широким экзотермическим пиком около 600 °С. Эффект перехода α -кварца в β -кварц на термограммах отчетливо не проявлен, несмотря на присутствие кварца по данным рентгенофазового анализа. Это может быть связано со скрытокристаллическим строением кремнистого вещества, тонкодисперсностью минеральных фаз и слабой выраженностью индивидуальных термических эффектов на фоне общей реакции кремнисто-алюмосиликатной массы. Термограммы образцов 1-3 и 4-8 приведены на рис. 5.

Растровая электронная микроскопия и энергодисперсионный спектральный анализ

Холмская свита

Образец 1-4. По данным растровой электронной микроскопии, микроструктурные признаки образца 1-4 согласуются с его петрографическим определением как силицита. Основная масса сложена тонкодисперсными кристаллитами кварца. Размер отдельных кристаллитов кварца составляет порядка 1–2 мкм, агрегатов – до 10 мкм. Кристаллиты имеют угловатую форму и плотно прилегают друг к другу. В отдельных участках отмечается небольшое количество чешуек глинистых минералов гидрослюдистого состава размером 5–10 мкм. Чешуйки гидрослюды удлиненные или неправильной формы, часто с неровными краями.

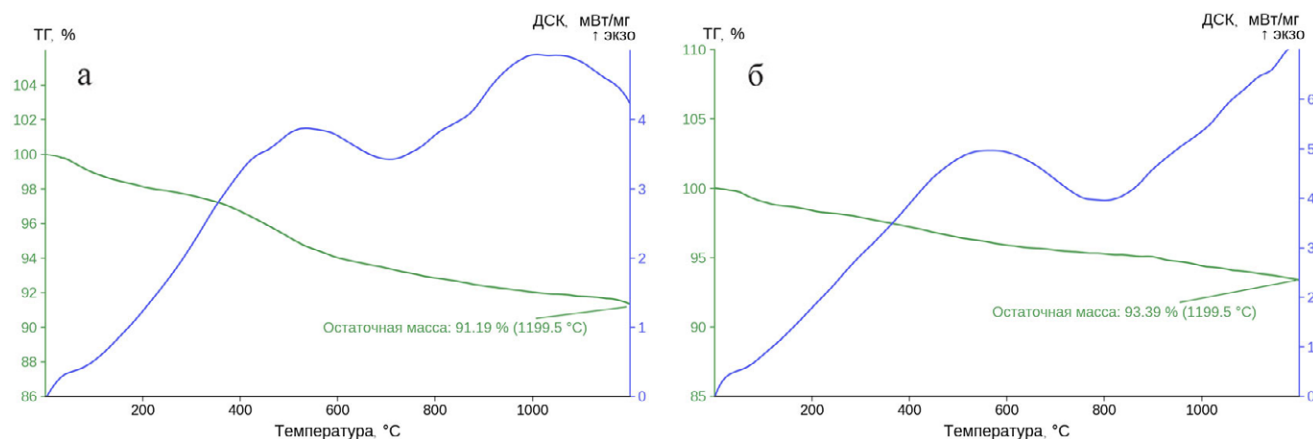


Рис. 5. Термограммы образцов 1-3 холмской (а) и 4-8 курасийской (б) свиты.

Fig. 5. Thermograms of the sample 1-3 from the Kholmokaya Formation (a) and of the sample 4-8 from the Kurasiyskaya Formation (b).

Таблица 2. Химический состав минеральных фаз и органического вещества образца 1-4 по данным ЭДС, мас.%**Table 2.** Chemical composition of mineral phases and organic matter in the sample 1-4 according to EDS data, wt.%

Компонент	Содержание основных оксидов и элементов, мас.%
Кварц с налетом гидрослюда	SiO ₂ 81.95–89.97; Al ₂ O ₃ 4.82–7.34; Na ₂ O 0.47–1.29; K ₂ O 1.18–4.41; FeO* 1.37–2.54; SO ₃ 1.14–2.37
Гидрослюда	SiO ₂ 69.03; Al ₂ O ₃ 15.66; K ₂ O 4.12; MgO 2.72; FeO* 6.02
Пирит в микроконкреции	S 50.76; Fe 46.93; K 0.67; As 0.48; Hg 0.79
Идиоморфный пирит	S 49.80; Fe 49.93; Cu 0.16; Co 0.11
Органическое вещество	C 65.79; Na 22.84; K 6.40; S 4.45; Ti 0.51

Примечание. FeO* – общее железо.*Note.* FeO* denotes total iron.

Органическое вещество представлено редкими остатками удлиненной или изогнутой формы размером 30 мкм и более по длине, частично замещенными кремнистым веществом. В составе органических выделений установлены C, Na, K, S и Ti. Повышенные содержания Na, K и S фиксируют локальное засоление органических участков и прилегающего кремнистого материала.

Аутигенное минералообразование выражено главным образом пиритом. Пирит встречается в виде микроконкреций размером более 30 мкм. Внутри микроконкреций наблюдаются микрокристаллы пирита размером менее 0.5 мкм. Состав отдельных идиоморфных кристаллов пирита близок к стехиометрическому, с незначительными примесями Cu и Co. Содержание основных оксидов и элементов в минеральных фазах и органическом веществе образца 1-4 приведено в табл. 2. Диагностическое значение имеют соотношения компонентов: преобладание SiO₂ при участии Al₂O₃, K₂O, Na₂O, FeO и SO₃ характеризует кремнисто-алюмосиликатную основную массу; сочетание Fe и S, близкое к составу FeS₂, подтверждает идентификацию пирита; повышенное содержание C с примесью щелочных элементов и S соответствует органическому веществу.

Пустотное пространство, по данным растровой электронной микроскопии (РЭМ), занимают микрокаверны, поры, межзерновые пустоты и редкие трещины. Микрокаверны встречаются в виде одиночных углублений с

каналами, уходящими вглубь породы. Размер неглубоких каверн составляет 10–250 мкм; на их дне развиты группы пор размером 5–10 мкм и менее. Межзерновые пустоты представлены мелкими округлыми порами размером обычно менее 0.5 мкм. Трещиноватость выражена слабо; отмечены короткие изогнутые трещины длиной менее 400 мкм и отдельные линейные трещины длиной более 2.5 мм. Основные элементы микроструктуры образца 1-4 показаны на рис. 6 а–д.

Курасийская свита

Образец 4-6. Опока с тонкодисперсной кремнистой основной массой, глинистым материалом и органическим веществом. Минеральная основа сложена опаловидным кремнистым веществом. Размер частиц кремнистого вещества менее 0.5 мкм. В образце наблюдаются микроглобулярные и агрегатные формы кремнистого вещества размером до 20 мкм, а также участки с практически неразличимыми границами между частицами матрикса.

Глинистый материал гидрослюдистого состава заполняет трещины, частично поровое пространство и локально располагается в кремнистой основной массе. Глинистые минералы обнаружены также в микрокавернах и отдельных редких трещинах.

Органическое вещество встречается часто. Оно образует поля темно-серого цвета неправильной формы, местами с яркими светлыми точками. Органические остатки частично

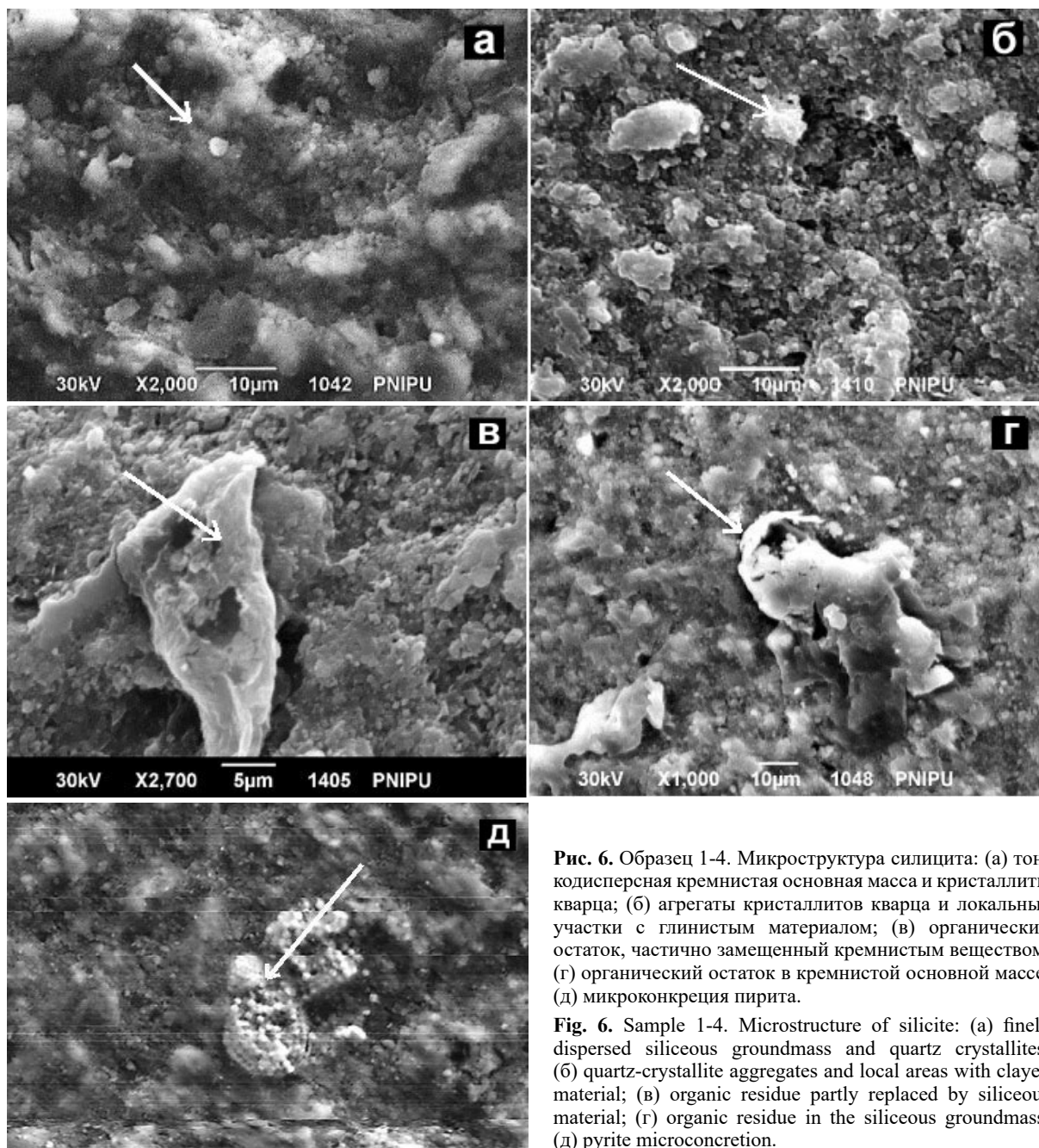


Рис. 6. Образец 1-4. Микроструктура силицита: (а) тонкодисперсная кремнистая основная масса и кристаллиты кварца; (б) агрегаты кристаллитов кварца и локальные участки с глинистым материалом; (в) органический остаток, частично замещенный кремнистым веществом; (г) органический остаток в кремнистой основной массе; (д) микроконкреция пирита.

Fig. 6. Sample 1-4. Microstructure of silicite: (a) finely dispersed siliceous groundmass and quartz crystallites; (б) quartz-crystallite aggregates and local areas with clayey material; (в) organic residue partly replaced by siliceous material; (г) organic residue in the siliceous groundmass; (д) pyrite microconcretion.

замещены кремнистым веществом. По данным ЭДС, органические участки характеризуются высоким содержанием С, а также присутствием Р, S, Cl и Ti.

В составе кремнистой основной массы установлены зоны с повышенными содержаниями Na_2O , K_2O , SO_3 и Cl. Эти признаки указывают на локальное засоление отдельных участков породы. В кремнистой матрице также выявлены гидрослюда, плагиоклаз, опал-карбонатные участки и зоны с солями. Присут-

ствие СаО в отдельных участках связано с карбонатной составляющей. Химический состав минеральных фаз образца 4-6, определенный по двум точкам, приведен в табл. 3, состав органических остатков – в табл. 4.

Пустотное пространство образца 4-6 представлено кавернами, микропорами, межзерновыми пустотами и трещинами. Микрокаверны имеют вид одиночных углублений с каналами, уходящими вглубь породы. Их поперечный размер обычно составляет 20–30 мкм.

Таблица 3. Химический состав минеральных фаз образца 4-6 по данным ЭДС, мас.%**Table 3.** Chemical composition of mineral phases in the sample 4-6 according to EDS data, wt.%

Оксид	Опал	Кремнистая матрица с солями	Гидрослюда	Плагиоклаз	Опал-карбонатная зона	Опал с солями
Na ₂ O	3.40	8.29	0.43	1.28	1.41	13.08
MgO	0.60	0.26	2.07	0.68	1.11	0.53
Al ₂ O ₃	2.71	0.95	22.54	15.11	1.35	1.46
SiO ₂	87.72	63.86	62.53	68.06	67.52	57.15
SO ₃	0.00	6.24	0.81	2.23	2.94	4.96
K ₂ O	1.93	4.77	8.86	0.73	0.64	6.63
CaO	0.38	3.36	0.19	7.54	22.39	1.87
TiO ₂	1.89	3.28	0.21	0.46	1.38	1.67
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	5.10	0.15	0.33	0.32	7.06
FeO*	1.38	0.62	2.10	3.26	0.74	1.33
Сумма	100	96.73	100	100	100	100

Примечание. FeO* – общее железо.

Note. FeO* denotes total iron.

Таблица 4. Химический состав органических остатков образца 4-6, мас.%**Table 4.** Chemical composition of organic residues in the sample 4-6, wt.%

Элемент	Участок 1	Участок 2
C	89.32	86.46
P	1.38	2.48
S	2.29	1.44
Cl	4.64	5.84
V	0.00	0.00
Ti	2.36	3.78
Сумма	100	100

Стенки микроаверн ровные, форма близка к округлой. Микропоры размером около 1 мкм и менее распространены в основной массе. Межзерновые пустоты встречаются реже, размер менее 2 мкм. Трещины представлены короткими извилистыми формами длиной около 10–40 мкм при раскрытости около 0.2 мкм и более. Основные микроструктурные особенности образца 4-6 приведены на рис. 7 а–ж.

Обсуждение

Полученные данные показывают различия в форме нахождения кремнезема в изученных образцах холмской и курасийской свит. В образце 1-3 кристаллическая кремнистая составляющая представлена преимущественно кварцем, а в образце 4-8 – крестоалитом и тридимитом (табл. 1; рис. 4). Это различие отражает неодинаковую степень структурной организации кремнистого вещества и согласуется с петрографическими признаками силицитов холмской свиты и опок курасийской свиты.

В образцах холмской свиты кремнистая основная масса имеет скрытокристаллическое и тонкодисперсное строение. Кварц присутствует в виде зерен неправильной, полуугловатой и угловатой формы, а также в виде мелких кристаллитов и агрегатов, установленных при растровой электронной микроскопии (рис. 6). Глинистый материал содержит преимущественно гидрослюда и хлорит. Он образует тонкие прожилки, слойки и локальные скопления в кремнистой основной массе.

В образцах курасийской свиты кремнистая составляющая имеет опокный характер. По данным оптической поляризационной

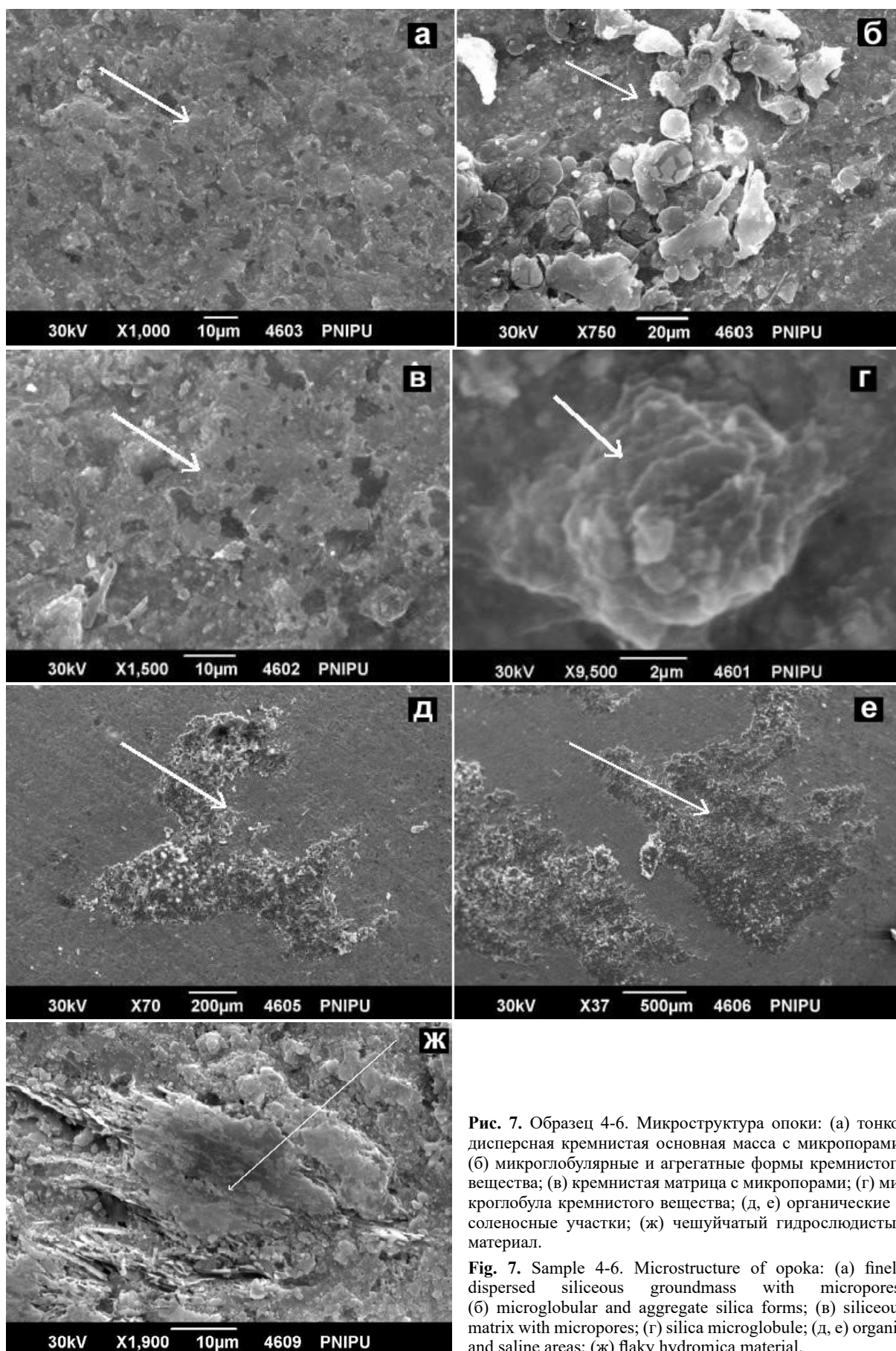


Рис. 7. Образец 4-6. Микроструктура опоки: (а) тонкодисперсная кремнистая основная масса с микропорами; (б) микроглобулярные и агрегатные формы кремнистого вещества; (в) кремнистая матрица с микропорами; (г) микроглобула кремнистого вещества; (д, е) органические и соленосные участки; (ж) чешуйчатый гидрослюдистый материал.

Fig. 7. Sample 4-6. Microstructure of opoka: (a) finely dispersed siliceous groundmass with micropores; (б) microglobular and aggregate silica forms; (в) siliceous matrix with micropores; (г) silica microglobule; (д, е) organic and saline areas; (ж) flaky hydromica material.

микроскопии в проходящем свете, в образце 4-8 выделяются зерна кристобалита с внутренним агрегатным строением, а по данным рентгенофазового анализа кристобалит и тридимит суммарно преобладают в кристаллической фазе (табл. 1; рис. 4). В образце 4-6 с помощью растровой электронной микроскопии установлены микроглобулярные и агрегатные формы кремнистого вещества (рис. 7). Такая микроструктура характерна для тонкодисперсных кремнистых пород с участием опалового и опал-кристобалитового вещества.

Отсутствие, по данным рентгенофазового анализа, выраженного пика перехода α -кварца в β -кварц на кривых ДСК при наличии кварца может быть связано со скрытокристаллическим строением кремнистого вещества и низкой выраженностью индивидуального термического эффекта в тонкодисперсной полиминеральной массе. Поступательная потеря массы в диапазоне 7–10 % отражает удаление связанной воды и термические преобразования кремнистого и глинистого материала (рис. 5). Для опокового образца существенным признаком, уточняющим форму нахождения кремнезема, является наличие кристобалита и тридимита (табл. 1; рис. 4).

Глинистый материал в обоих типах пород представлен преимущественно гидрослюдой и хлоритом. Он заполняет прожилки, микрополости, отдельные трещины и локальные участки кремнистой основной массы (рисунки 6, 7). Такая форма нахождения глинистого вещества отражает неоднородность кремнистых пород и локальное увеличение доли алюмосиликатной составляющей.

Органическое вещество установлено в образцах обеих свит, но его морфология и пространственность различаются. В образцах холмской свиты органические остатки представлены растительным детритом и углефицированным веществом, местами частично замещенным кремнистым материалом. В образце 4-6 органическое вещество образует поля неправильной формы с высоким содержанием углерода (табл. 4). Присутствие S и Cl в участках с органическим веществом, а также Na_2O , K_2O , SO_3 и Cl в кремнистой матрице указывает

на локальное засоление отдельных участков породы (таблицы 3, 4).

Аутигенное минералообразование наиболее отчетливо выражено в образце 1-4, где установлены микроконкреции и идиоморфные микрокристаллы пирита (табл. 2; рис. 6). Наличие пирита согласуется с восстановительными условиями преобразования органосодержащего осадочного материала. В образце 4-6 дополнительно установлены опал-карбонатные зоны, плагиоклаз, гидрослюда и участки кремнистой матрицы с солями (табл. 3).

Пустотное пространство изученных пород имеет сложное микростроение. По данным растровой электронной микроскопии установлены микрокаверны, межзерновые пустоты, микропоры и редкие трещины (рисунки 6, 7). В образцах курасийской свиты пустотное пространство частично связано с микрокавернами и участками микроглобулярного кремнистого вещества. В образцах холмской свиты пустотность выражена слабее и приурочена главным образом к межзерновым промежуткам, редким микрокавернам и трещинам.

Заключение

Комплексное применение поляризационной, растровой электронной микроскопии, энергодисперсионного спектрального анализа, рентгенофазового и синхронного термического анализа позволило уточнить минеральный состав, форму нахождения кремнезема, характер глинистого материала, признаки аутигенного минералообразования и микростроение пустотного пространства кремнистых пород холмской и курасийской свит южного Сахалина. Резюмируем результаты исследования.

1. Образцы холмской свиты представлены силицитами серого цвета с неяснослоистой текстурой. Основная масса сложена скрытокристаллическим кремнистым веществом с тонкодисперсным глинистым материалом. В составе пород установлены кварц, полевые шпаты, гидрослюда, хлорит, гематит, кальцит, растительный детрит и углефицированное органическое вещество.

2. Образцы курасийской свиты представлены опоками светло-серого цвета. Для них характерны скрытокристаллическая и аморфная кремнистая основная масса, раковистый излом, неяснополосчатая текстура, глинистые прожилки, органические остатки и участки с железистым материалом.

3. По данным рентгенофазового анализа, в кристаллической фазе образца холмской свиты преобладает кварц (61.6 %). Подчиненные фазы представлены полевыми шпатами, слюдой, хлоритом, кальцитом и гематитом. Кристобалит и тридимит в составе кристаллической фазы не установлены.

4. Кристаллическая фаза образца курасийской свиты представлена главным образом кристобалитом (41.9 %) и тридимитом (22.1 %). Содержание кварца составляет 8.4 %. Эти данные уточняют форму нахождения кремнезема в изученной опоке курасийской свиты.

5. В обоих типах пород установлены глинистые минералы гидрослюдистого и хлоритового состава. Глинистый материал заполняет прожилки, микрокаверны, отдельные трещины и локальные участки кремнистой основной массы.

6. Органическое вещество представлено растительным детритом и углефицированными остатками. В образцах холмской свиты органические остатки частично замещены кремнистым веществом. В образце курасийской свиты органическое вещество характеризуется высоким содержанием углерода, а также присутствием S, Cl и Ti.

7. В образце холмской свиты выявлены микроконкреции пирита размером более 30 мкм и идиоморфные микрокристаллы пирита размером менее 0.5 мкм. Состав идиоморфного пирита близок к стехиометрическому, с незначительными примесями Cu и Co.

8. Выявленные в образце курасийской свиты участки кремнистой основной массы с повышенными содержаниями Na_2O , K_2O , SO_3 и Cl отражают локальное засоление кремнистого и органического материала.

9. Пустотное пространство изученных образцов имеет неоднородное строение и представлено микрокавернами, микропорами, меж-

зерновыми пустотами и редкими трещинами. При этом образцы различаются по размерности и морфологии пустот. Для образцов холмской свиты характерны более крупные одиночные каверны размером до 250 мкм при наличии мелких пор и редких трещин. В образцах курасийской свиты пустотное пространство имеет преимущественно тонкодисперсный характер и связано с микрокавернами, микропорами, межзерновыми пустотами и короткими извилистыми трещинами.

Полученные данные по форме нахождения кремнезема, глинистому материалу, органическому веществу, аутигенному пириту и микростроению пустотного пространства могут быть использованы при планировании дальнейших петрофизических, геомеханических и геохимических исследований кремнистых толщ региона.

Список литературы

1. Тютрин И.И., Дуничев В.М. *Тектоника и нефтегазоносность северо-западной части Тихоокеанского пояса*. М.: Недра, 1985, 174 с.
2. Ампилов Ю.П. *Сахалинские нефтегазовые проекты вчера, сегодня, завтра: конференция «Углеродный потенциал Дальнего Востока»*, 2019. URL: <https://www.researchgate.net/publication/336147912>; doi:10.13140/RG.2.2.28842.16320
3. Сенин Б.В., Керимов В.Ю., Лавренова Е.А., Мустаев Р.Н. Геодинамический анализ и региональный прогноз нефтегазоносности Татарского пролива Японского моря на основе применения технологий численного моделирования. *Тихоокеанская геология*. 2022,41(4):41–59.
4. Грецкая Е.В. *Исходный нефтегазоматеринский потенциал органического вещества осадков: на примере впадин Охотского моря*. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990, 111 с.
5. Харахинов В.В. *Нефтегазовая геология Сахалинского региона*. М.: Научный мир, 2010, 275 с.
6. Керимов В.Ю., Лавренова Е.А., Синявская О.С., Сизиков Е.А. Оценка углеводородного потенциала генерационно-аккумуляционных углеводородных систем Охотского моря. *Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина*. 2015,3:18–30.
7. Каменев П.А., Лукманов А.Р. О некоторых закономерностях развития трещиноватости в терригенных породах о. Сахалин. *Геосистемы переходных зон*. 2023,7(4):419–426. <https://doi.org/10.30730/grtz.2023.7.4.419-426>

8. Kamenev P.A., Bogomolov L.M., Usoltseva O.M., Tsoi P.A., Semenov V.N. Geomechanical parameters of sedimentary rocks of Southern Sakhalin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021,946(012013). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/946/1/012013>
9. Маринин А.В., Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Каме-нев П.А., Костров Ю.В., Бондарь И.В., Гордеев Н.А., Дегтярев В.А. Реконструкция тектонических напряжений на полуострове Шмидта, Сахалин. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2021,4(52):73–88. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2021-4-52-73-88>
10. Каменев П.А., Маринин А.В. Реконструкция палеонапряжений Западного Сахалина по результатам тектонофизических исследований. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2023,6:52–65. <https://doi.org/10.15372/FTRPI20230605>
11. Кирюхина Т.А., Бордунов С.И., Соловьева А.А. Нефтематеринские толщи в юго-западной части Южно-Сахалинского бассейна. *Вестник Московского университета. Серия 4, Геология*. 2016,6:64–73. <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2016-6-64-73>
12. Гладенков Ю.Б., Баженова О.К., Гречин В.И., Маргулис Л.С., Сальников Б.А. *Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность*. М.: ГЕОС, 2002, 225 с.
13. *Геология СССР. Остров Сахалин*. Т. 36, ч. 1. *Геологическое описание*. М.: Недра, 1970, 432 с.
14. Аленичева А.А., Лызганов А.В., Иванова В.В. и др. (сост.) *Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Дальневосточная. Лист L(53), 54 (Южно-Сахалинск): объяснит. записка*. СПб.: ВСЕ-ГЕИ, 2019, 536 с. URL: https://www.vsegei.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/Dalnevostochnaya/l-53-54.php
15. Жемчугова Т.А. Нефтегазоносный потенциал кайнозойских отложений в центральной части Татарского пролива. *Вестник Московского университета. Серия 4, Геология*. 2013,2:69–75.
16. Осовецкий Б.М., Казымов К.П., Галкин С.В. Возможности применения метода электронной микроскопии при изучении литологических особенностей нефтеносных песчаников. *Недропользование*. 2024,24(4):178–185.
17. Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н., Розина Е.Л. *Термический анализ минералов и горных пород*. Л.: Недра, 1974, 399 с.
18. Kamenev P.A., Bogomolov L.M., Usoltseva O.M., Tsoi P.A., Semenov V.N. Geomechanical parameters of sedimentary rocks of Southern Sakhalin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021,946(012013). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/946/1/012013>
19. Senin B.V., Kerimov V.Y., Lavrenova E.A., Mustaev R.N. Geodynamic analysis and a regional-scale forecast of the hydrocarbon exploration potential of the Tatar Strait, Sea of Japan using numerical modeling technologies. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2022,16:317–334. <https://doi.org/10.1134/S1819714022040066>
20. Gretskeya E.V. [The initial oil and gas source potential of organic matter of sediments (on the example of depressions in the Sea of Okhotsk)]. Vladivostok: Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences, 1990, 111 p. (In Russ.).
21. Kharakhinov V.V. [Oil-and-gas geology of the Sakhalin region]. Moscow: Nauchnyi mir, 2010, 275 p. (In Russ.).
22. Kerimov V.Yu., Lavrenova E.A., Sinyavskaya O.S., Sizikov E.A. The estimation of hydrocarbon potential of the generative-accumulative hydrocarbon systems of the Sea of Okhotsk. *Proceedings of Gubkin University*. 2015,3:18–30. (In Russ.).
23. Kamenev P.A., Lukmanov A.R. Patterns of fracturing placement in terrigenous rocks of Sakhalin Island. *Geosystems of Transition Zones*. 2023,4(7):419–426. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2023.7.4.419-426>
24. Kamenev P.A., Bogomolov L.M., Usoltseva O.M., Tsoi P.A., Semenov V.N. Geomechanical parameters of sedimentary rocks of Southern Sakhalin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021,946(012013). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/946/1/012013>
25. Marinin A.V., Rebetskiy Yu.L., Sim L.A., Kamenev P.A., Kostrov Yu.V., Bondar I.V., Gordeev N.A., Degtyarev V.A. Reconstruction of tectonic stresses on the Schmidt Peninsula (Sakhalin). *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle*. 2021,4(52):73–88. (In Russ.). <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2021-4-52-73-88>
26. Kamenev P.A., Marinin A.V. Reconstruction of paleostresses in the West of Sakhalin from tectonophysical research findings. *Journal of Mining Science*. 2023,59(6):919–929. <https://doi.org/10.1134/S1062739123060054>
27. Kiryukhina T.A., Bordunov S.I., Solovyeva A.A. Source rock in the south-western part of the South-Sakhalin basin. *Moscow University Bulletin. Series 4, Geology*. 2016,6:64–73. (In Russ.). <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2016-6-64-73>
28. Gladenkov Yu.B., Bazhenova O.K., Grechin V.I., Margulis L.S., Salnikov B.A. *The Cenozoic geology and the oil and gas presence in Sakhalin*. Moscow: GEOS, 2002, 225 p. (In Russ.).

References

1. Tyutrin I.I., Dunichev V.M. [Tectonics and oil-and-gas potential of the northwestern part of the Pacific belt]. Moscow: Nedra, 1985, 174 p. (In Russ.).
2. Ampilov Yu.P. *Sakhalin oil and gas projects yesterday, today, tomorrow*: [Conference “Hydrocarbon

13. *Geology of the USSR. Sakhalin Island*. Vol. 36, Pt. 1. *Geological description*. Moscow: Nedra, 1970, 432 p. (In Russ.).
14. Alenicheva A.A., Lyzganov A.V., Ivanova V.V., et al. (comp.) [*State Geological map of Russian Federation on a scale of 1:1 000 000. Third generation. Far East series. Sheet L(53), 54 (Yuzhno-Sakhalinsk)*]: [Explanatory note], 2019. St. Petersburg: VSEGEI, 536 p. (In Russ.). URL: https://www.vsegei.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/Dalnevostochnaya/l-53-54.php
15. Zhemchugova T.A. [Oil and gas potential of Cenozoic deposits in the central part of the Tatar Strait]. *Moscow University Bulletin. Series 4, Geology*. 2013,2:69–75. (In Russ.).
16. Osovetsky B.M., Kazymov K.P., Galkin S.V. The potential applications of electron microscopy in studying the lithological characteristics of oil-bearing sandstones. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*. 2024,24(4):178–185. (In Russ.). <https://doi.org/10.15593/2712-8008/2024.4.1>
17. Ivanova V.P., Kasatov B.K., Krasavina T.N., Rozinova E.L. *Thermal analysis of minerals and rocks*. Leningrad: Nedra, 1974, 399 p.

Об авторах

✉ **Кожевников Евгений Васильевич**, кандидат технических наук, научный руководитель лаборатории природных газовых гидратов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, kev@pstu.ru. <https://orcid.org/0000-0002-6084-0795>

Казымов Константин Павлович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры минералогии и петрографии, Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия, kazymov@psu.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5411-4781>

Томилина Елена Михайловна, старший преподаватель кафедры минералогии и петрографии, Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия, tomilinaelena.psu@yandex.ru

Турбаков Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории природных газовых гидратов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, msturbakov@pstu.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9336-5847>

Рябokonь Евгений Павлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории природных газовых гидратов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, riabokon@pstu.ru. <https://orcid.org/0000-0003-0555-3977>

Иванов Захар Григорьевич, младший научный сотрудник лаборатории природных газовых гидратов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, zakharivanov@pstu.ru. <https://orcid.org/0009-0001-7957-8280>

Шевлодский Мирослав Александрович, ассистент кафедры минералогии и петрографии, Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия,

Каменев Павел Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории геохимии и региональной геологии, Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН, Южно-Сахалинск, Россия, p.kamenev@imgg.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9934-5855>

About the Authors

✉ **Kozhevnikov, Evgenii V.**, Cand. Sci. (Engineering), Leader of the Laboratory of Natural Gas Hydrates, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, kev@pstu.ru. <https://orcid.org/0000-0002-6084-0795>

Kazymov, Konstantin P., Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Associate Professor at the Department of Mineralogy and Petrography, Perm State National Research University, Perm, Russia, kazymov@psu.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5411-4781>

Tomilina, Elena M., Senior lecturer at the Department of Mineralogy and Petrography, Perm State National Research University, Perm, Russia, tomilinaelena.psu@yandex.ru

Turbakov, Mikhail S., Cand. Sci. (Engineering), Leading Researcher of the Laboratory of Natural Gas Hydrates, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, msturbakov@pstu.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9336-5847>

Riabokon, Evgenii P., Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher of the Laboratory of Natural Gas Hydrates, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, riabokon@pstu.ru. <https://orcid.org/0000-0003-0555-3977>

Ivanov, Zakhar G., Junior Researcher of the Laboratory of Natural Gas Hydrates, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, zakharivanov@pstu.ru. <https://orcid.org/0009-0001-7957-8280>

Przevlodskiy, Miroslav A., Assistant Professor, Department of Mineralogy and Petrography, Perm State National Research University, Perm, Russia

Kamenev, Pavel A., Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher of the Laboratory of Geochemistry and Regional Geology, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, p.kamenev@imgg.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9934-5855>

Поступила 13.01.2026

Принята к публикации 08.06.2026

Received 13 January 2026

Accepted 8 June 2026