

УДК 551.736+551.76(571.5)

РАЗРЕЗ СКВАЖИНЫ КС-1 (побережье Хатангского залива, море Лаптевых): УНИКАЛЬНЫЙ АРХИВ СВЕДЕНИЙ О КОЛЕБАНИЯХ ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКОГО–МЕЗОЗОЙСКОГО КЛИМАТА НА СЕВЕРЕ СИБИРИ, ВОССТАНОВЛЕННЫЙ ПО НАХОДКАМ ГЛЕНДОНИТОВ

**К.Ю. Васильева^{1,2,✉}, М.А. Рогов^{1,3}, В.А. Захаров¹, Б.Л. Никитенко⁴, Е.Б. Пещевницкая⁴,
А.В. Ядренкин⁴, Н.К. Лебедева⁴, А.А. Горячева⁴, С.Н. Хафаева⁴, Н.А. Малышев⁵,
В.Е. Вержбицкий⁵, Г.В. Ульянов⁶, В.В. Обметко⁵, А.А. Бородулин⁵**

¹Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 1, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9, Россия

³ООО «Арктический научный центр», 119333, Москва, Ленинский просп., 55/1, стр. 2, Россия

⁴Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

⁵ПАО «НК «Роснефть», 115054, Москва, ул. Дубининская, 31а, Россия

⁶Филиал ООО «РН-ГИР» в городе Москве, Центр технических компетенций ИГИРГИ,
117312, Москва, ул. Вавилова, 25, корп. 1, Россия

Поступила в редакцию: 17.02.2026

Принята в печать: 24.03.2026

Опубликована онлайн: 31.03.2026

DOI: [10.15372/GIG2026133](https://doi.org/10.15372/GIG2026133)

EDN: [LNUUFT](https://www.edn.ru/LNUUFT)

Ссылка для цитирования:

**Васильева К.Ю., Рогов М.А., Захаров В.А.,
Никитенко Б.Л., Пещевницкая Е.Б.,
Ядренкин А.В., Лебедева Н.К., Горячева А.А.,
Хафаева С.Н., Малышев Н.А.,
Вержбицкий В.Е., Ульянов Г.В., Обметко В.В.,
Бородулин А.А. (2026). Разрез скважины КС-1
(побережье Хатангского залива, море Лаптевых):
уникальный архив сведений о колебаниях
позднепалеозойского–мезозойского климата на
севере Сибири, восстановленный по находкам
глендонитов // Геология и геофизика,
DOI: [10.15372/GIG2026133](https://doi.org/10.15372/GIG2026133), EDN: [LNUUFT](https://www.edn.ru/LNUUFT).**

© К.Ю. Васильева, М.А. Рогов, В.А. Захаров,
Б.Л. Никитенко, Е.Б. Пещевницкая, А.В. Ядренкин,
Н.К. Лебедева, А.А. Горячева, С.Н. Хафаева,
Н.А. Малышев, В.Е. Вержбицкий, Г.В. Ульянов,
В.В. Обметко, А.А. Бородулин, 2026

✉E-mail: kvasilyeva@spbu.ru

ВВЕДЕНИЕ

Глендониты – кальцитовые псевдоморфы по метастабильному холодноводному минералу икаиту – встречаются преимущественно в отложениях морского генезиса с нижнего протерозоя до голоцена [Rogov et al., 2021, 2023]. Их находки маркируют обстановки с низкой температурой среды, поскольку икаит в природных условиях нестабилен при температуре выше 7 °С. Предлагаются и другие модели кристаллизации икаита при значительно более высоких температурах в зависимости от специфических

Приведены данные по находкам глендонитов (псевдоморфоз по холодноводному минералу икаиту) в пермских, юрских и нижнемеловых отложениях, вскрытых скв. КС-1, пробуренной на берегу моря Лаптевых. Это единственный разрез в мире, в котором найдены глендониты одновременно палеозойского и мезозойского возрастов, относящиеся к трем геологическим системам. Глендониты выявлены на всех стратиграфических уровнях, с которых они известны на севере Сибири, за исключением тех стратиграфических интервалов, в которых находки глендонитов сравнительно редки (оксфордский, рязанский и валанжинский ярусы). Наиболее многочисленные, разнообразные и крупные глендониты установлены в среднеюрском интервале разреза (байосе–келловее). Разрез скв. КС-1 является уникальным природным архивом, в котором отражаются наиболее значимые этапы похолодания в рассматриваемом регионе в позднем палеозое–мезозое.

Глендониты, пермь, юра, мел, климатические изменения, палеогеография, Арктика

физико-химических обстановок придонной среды [Teichert, Luppold, 2013; Tollefsen et al., 2020], но с геологическими данными и распространением икаита на дне в настоящее время лучше согласуются традиционные представления, в соответствии с которыми икаит кристаллизуется при низких температурах. В Сибири глендониты особенно многочисленны в юрских и нижнемеловых отложениях [Каплан, 1978, 1979; Рогов и др., 2019]. Более редкие находки глендонитов в этом регионе известны также из пермских и четвертичных отложений. При этом пространственное распределение глендонитов имеет сложный

характер. С одной стороны, некоторые стратиграфические горизонты с глендонитами прослеживаются на десятки и сотни километров, с другой стороны, находки этих псевдоморфоз могут быть приурочены к отдельным участкам разрезов и по латерали быстро исчезать [Rogov et al., 2023]. В ходе проведенных ранее исследований глендонитов Сибири местонахождения, в которых глендониты присутствуют на нескольких дискретных стратиграфических уровнях, были в основном установлены в Енисейско-Хатангском региональном прогибе и его восточном обрамлении. Это разрезы (с запада на восток) недавно пробуренной Новоякимовской скважины (Усть-Енисейский район) [Рогов и др., 2024а; Rogov et al., 2025], скв. АХ-3 (Восточный Таймыр) [Девятков, Никитенко, 2023], о. Большой Бегичев, п-ова Юрюнг-Тумус и Анабарского залива [Никитенко и др., 2013; Нехаев и др., 2015]. В данной работе описаны новые находки глендонитов из уникальной скв. КС-1, пробуренной в 2017 г. компанией «Роснефть» на побережье Хатангского залива моря Лаптевых, на п-ове Хара-Тумус. Это единственный разрез в регионе, в котором наблюдается практически полная последовательность уровней с глендонитами, известных в Сибири в интервале от перми до нижнего мела.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследуемый регион расположен в пределах сочленения Таймырской складчатой области с Енисей-Хатангским прогибом, Анабаро-Хатангской седловины и северо-восточной окраины Сибирской платформы (рис. 1). Пермские и мезозойские отложения здесь представлены морскими терригенными и реже (преимущественно в базальной части триаса) вулканогенными или вулканогенно-осадочными породами. Общая мощность пермско-меловых пород в регионе достигает 4–5 км [Конторович и др., 2019]. В основу исследования положен материал (литологические описания, образцы остатков фауны и глендонитов) керна скв. КС-1, вскрывшей практически непрерывный разрез от верхней части перми до верхов нижнего мела. Скважина полностью охарактеризована керном в интервале от 0 до 2003.1 м. Изученный интервал разреза охватывает пермские, триасовые, юрские и меловые терригенные отложения (рис. 2).

Пермский интервал разреза представлен верхнекожевниковской свитой (интервал 1750–2003.1 м) [Решения..., 1981] и относится к верхам биарминского и татарскому отделам пермской системы (соответству-

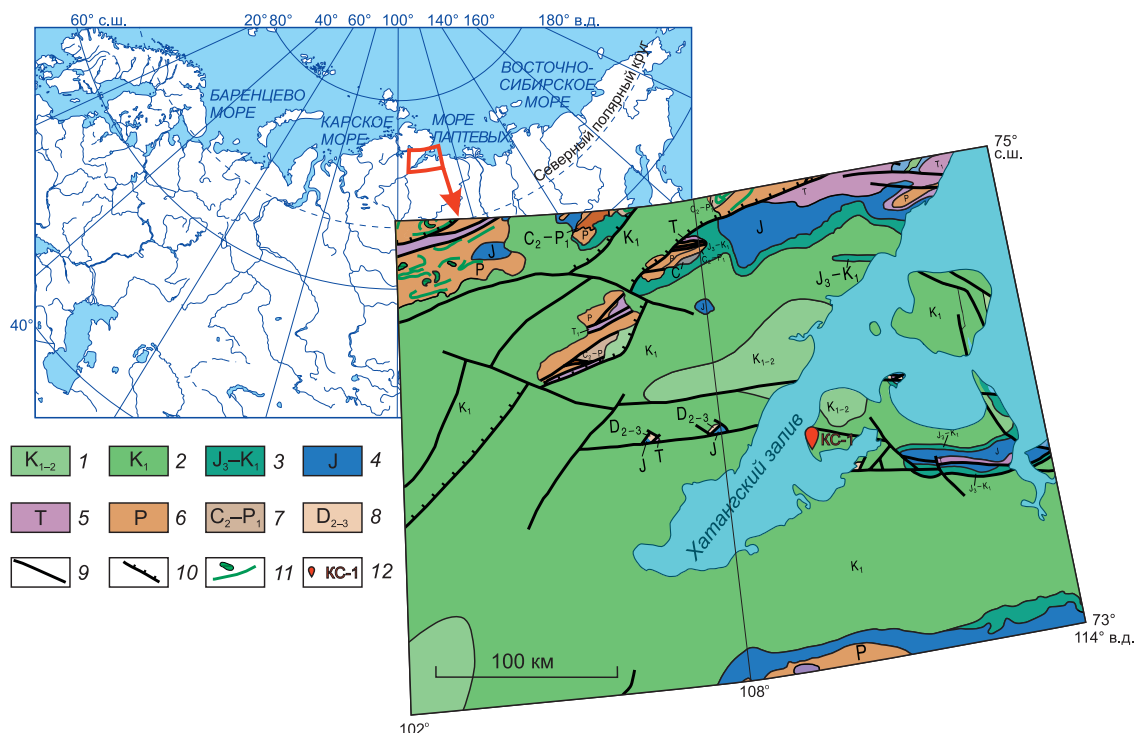


Рис. 1. Геологическая карта изучаемого региона и положение скв. КС-1 [Геологическая карта..., 2004]. 1 – ниже- и верхнемеловые морские и континентальные терригенные отложения; 2 – нижнемеловые морские терригенные отложения и угли; 3 – нерасчлененные верхнеюрские – нижнемеловые морские терригенные отложения; 4 – юрские морские терригенные отложения; 5 – триасовые туфы, базальты, морские терригенные и карбонатные отложения; 6 – пермские морские терригенные отложения; 7 – среднекаменноугольные – нижнепермские морские терригенные отложения; 8 – средневерхнедевонские морские карбонатные отложения; 9 – главные разломы; 10 – главные надвиги; 11 – триасовые долеритовые интрузии; 12 – местонахождение изученной скважины.

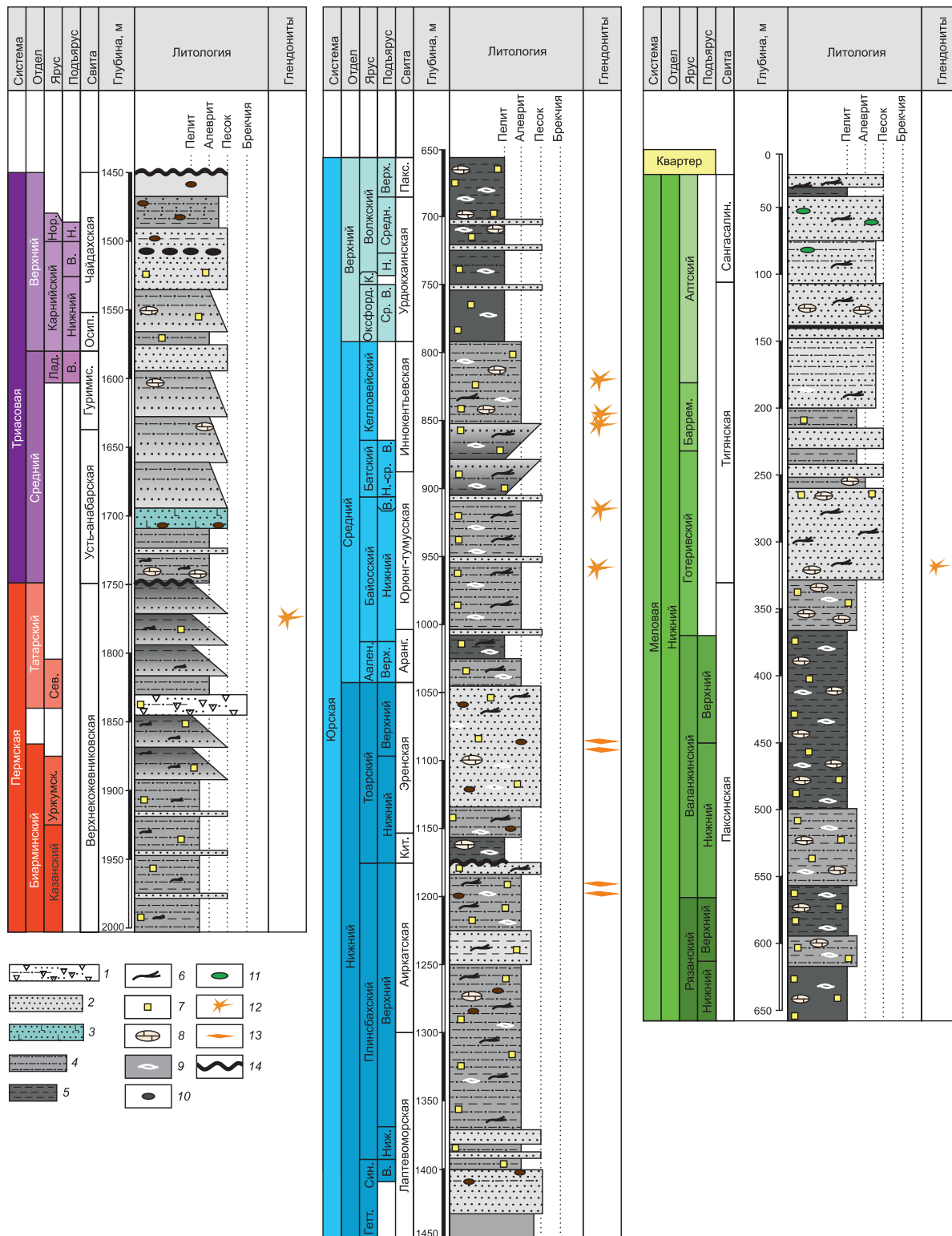


Рис. 2. Стратиграфия отложений, вскрытых скв. КС-1, и положение находок глендонитов. Сокращения названий ярусов: уржумск. – уржумский, сев. – северодвинский, лад. – ладинский, нор. – норийский, гетт. – геттангский, син. – синемюрский, аален. – ааленский, оксфорд. – оксфордский, к. – кимериджский; сокращения для названий подъярусов: в. и верх. – верхний, ср. – средний, н. и нижн. – нижний; сокращения для названий свит: гуримис. – гуримисская, осип. – осипайская, кит. – китербютская, пакс. – паксинская, аранг. – арангастахская, сангасалин. – сангасалинская. 1 – внутриформационная брекчия, 2 – песчаник, 3 – туфопесчаник, 4 – алевролит, 5 – аргиллит/глина, 6 – углефицированные остатки растений, 7 – включения пирита, 8 – карбонатные конкреции, 9 – остатки макрофауны, 10 – галька, 11 – зерна глауконита, 12 – уровни появления звездчатых глендонитов, 13 – уровни появления дипирамидальных (веретенообразных глендонитов), 14 – уровни перерывов в осадконакоплении.

ют гваделупскому и лопинскому отделам Международной стратиграфической шкалы). Пермские отложения мощностью около 250 м представлены песчаниками, алевролитами и аргиллитами; в отложениях присутствуют углистый растительный детрит, пиритовые конкреции. В песчаниках и алевролитах наблюдаются признаки конседиментационных деформаций, включая внутрiformационные брекчии. Осадконакопление пермских отложений происходило в прибрежных и мелководно-морских обстановках и активного привноса осадочного материала реками с континента [Калинко, 1959; Герке, 1961; Палеогеография..., 1967]. В пермских отложениях остатки макрофауны достаточно редки, в основном они представлены двустворчатыми моллюсками посредственной сохранности, и возраст этого интервала в первую очередь обоснован по палиноморфам и комплексам фораминифер [Попов и др., 2023].

Триасовые отложения мощностью около 300 м морского и лагунного генезиса [Калинко, 1959; Герке, 1961; Палеогеография..., 1967] (в базальной части – с прослоями туфопесчаников) залегают на пермских со стратиграфическим перерывом. Они сложены аргиллитами, алевролитами и песчаниками, на отдельных уровнях присутствуют конгломераты. В разрезе отсутствует нижний и, вероятно, самые низы среднего триаса. В триасовой части разреза установлены усть-анабарская, гуримисская, осипайская и чайдахская свиты. Возраст нижней части разреза (средний триас) обоснован преимущественно по данным анализа палиноморф, а в осипайской свите (карний) встречены также многочисленные двустворки и более редкие брахиоподы, позволяющие датировать вмещающие отложения.

Юрские морские и мелководно-морские отложения мощностью около 790 м представлены переслаиванием аргиллитов, алевролитов и песчаников. В нижнеюрском интервале часты прослои конгломератов, «плавающие» гальки и фрагменты угля. В нем встречены характерные виды двустворчатых моллюсков, в разрезе средней юры – двустворки и единичные белемниты, в интервале верхней юры – многочисленные аммониты и двустворчатые моллюски рода *Buchia*. Вместе с микропалеонтологическими данными это позволило уверенно датировать юрскую часть разреза и установить здесь полную последовательность свит, характерную для данного региона (снизу вверх): лаптевоморскую (или зимнюю в представлении [Никитенко и др., 2013] и других авторов), аиркатскую, китербютскую, эренскую, арангастахскую, юрюнг-тумусскую, иннокентьевскую, урдюкхайнскую и нижнюю подсвиту паксинской свиты [Никитенко и др., 2013; Лутиков и др., 2024]. Верхнеюрские отложения согласно перекрываются нижнемеловыми, граница волжского и рязанского ярусов может быть намечена в разрезе по биостратиграфическим данным внутри паксинской свиты.

В разрезе мела выделяются все ярусы от рязанского [Рогов и др., 20246] до аптского мощностью около 600 м. Этот интервал относится к верхам паксинской свиты, а также тигянской и сангасалинской свитам. Рязанский ярус (бореальный берриас) представлен преимущественно морскими аргиллитами и алевролитами, выше в разрезе доминируют песчаники, в верхах разреза присутствуют угольные прослои. В рязанских и валанжинских отложениях часто встречаются двустворчатые и головоногие моллюски, выше остатки двустворок единичны и возраст пород устанавливается в первую очередь по результатам палинологических и микропалеонтологических исследований. Мезозойские отложения перекрываются четвертичными толщами.

Петрографические и катодолюминесцентные (КЛ) исследования проводились на шести полированных непокрытых тонких срезах глендонитов на микроскопе Olympus BX-53 с оборудованием для холодной КЛ (ХКЛ). Аппарат для ХКЛ CITL Mk5-2 (Cambridge Instrument Technology Ltd., Кембридж, Великобритания) использовался в автоматическом режиме при напряжении от 7 до 12 кВ, токе 230 мкА и остаточном вакууме 0.003 мБар.

СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ И МОРФОЛОГИЯ ГЛЕНДОНИТОВ

Распределение глендонитов в разрезе верхов палеозоя и мезозоя, вскрытом скв. КС-1, их размеры и морфология существенно различаются. Наиболее древние глендониты отмечаются в верхней части верхнекежевниковской свиты в интервале 1770.4–1774.4 м (рис. 3). Здесь глендониты встречаются в темно-серых и черных алевро-глинистых породах, в которых отмечаются также зерна пирита и редкая кальцитовая цементация. Размер глендонитов составляет 5–10 см, они имеют звездообразную форму. Микроскопически глендониты состоят из молочных кристаллов кальцита (до 0.2 мм), иногда в кристаллах наблюдается ундулирующее погасание. Глендониты могут включать фрагменты богатого органикой алевроитового аргиллита. Для кальцита, слагающего глендонит, характерна пестрая люминесценция: одна часть фрагментов не люминесцирует, другая люминесцирует оранжевым цветом (рис. 4, а, б). Остатки макрофауны вблизи этого интервала не встречены (при биостратиграфическом анализе керн последние триасовые моллюски отмечены в 200 м выше, а первые пермские – примерно в 100 м ниже). В 30–40 м ниже находок глендонитов встречен комплекс фораминифер с *Saccamina arctica*, *Ichthyolaria* ex gr. *reliqua* (интервал 1811.7–1839.9 м), который с некоторой долей условности датируется второй половиной северодвинского века, татарской эпохи (конец кептенского–первая половина вучапиского веков) [Попов и др., 2023]. Интервал, к которому приурочены

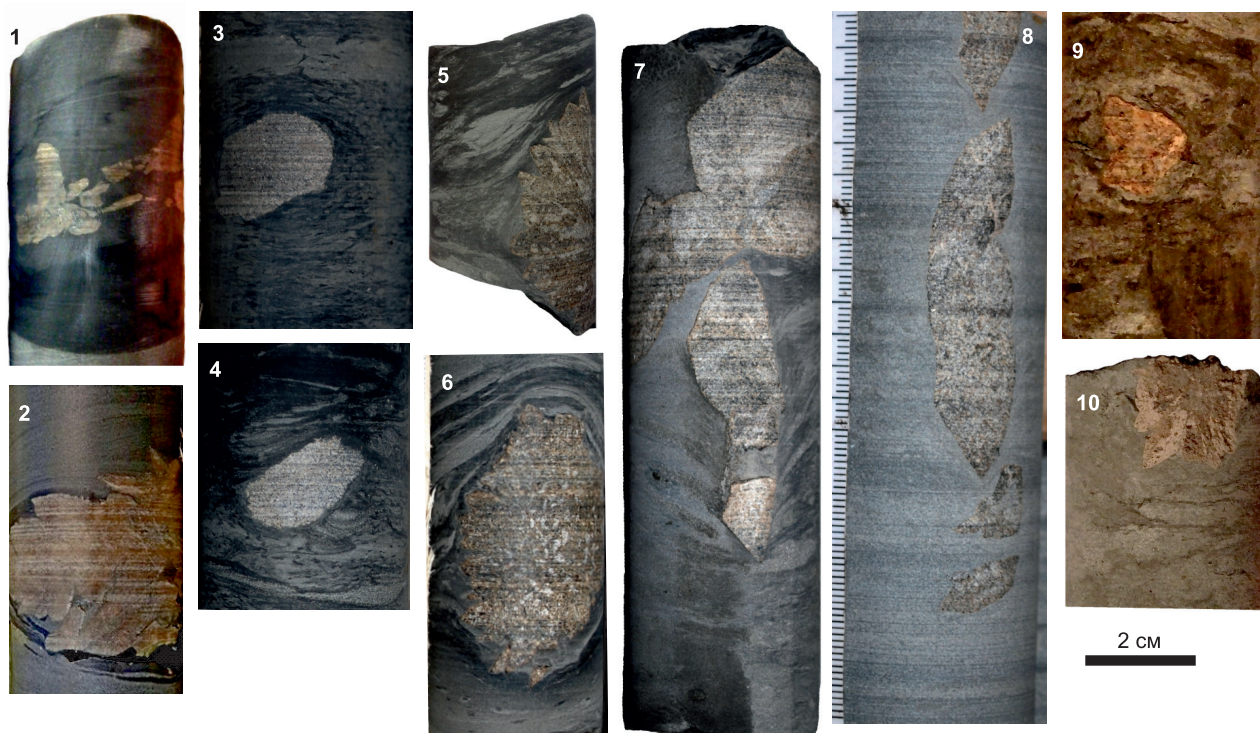


Рис. 3. Фотографии глендонитов в керне скв. КС-1: 1, 2 – верхняя пермь, верхнекожевниковская свита: 1 – глубина 1770 м, 2 – глубина 1774.7 м; 3–4 – нижняя юра, аиркатская свита: 3 – глубина 1193.8 м, 4 – глубина 1192.9–1193 м; 5–8 – средняя юра, юрюнг-тумусская и иннокентьевская свиты: 5, 6 – глубина 954.5 м, 7 – глубина 921.3 м, 8 – глубина 853.8 м; 9, 10 – нижний мел, тиганская свита: 9 – глубина 327.37 м, 10 – глубина 328.46 м.

находки глендонитов, охарактеризован только палинологически. В ходе изучения керна скв. КС-1 в интервале 1754.0–1913.7 м был установлен палинокомплекс P2-3SP преимущественно татарского возраста, в составе которого доминирует пыльца голосеменных растений. Эта пыльца представлена характерными таксонами для татарского отдела перми, такими как *Ginkgocycadophytus* sp., *Cordaitina tuberculata* Krugovykh, *Cordaitina uralensis* (Luber) Samoilovich, *Cordaitina rotata* (Luber) Medvedeva, *Bascanisporites* sp., *Samoilovitchisaccites turboreticulatus* (Samoilovich) Dibner, *Samoilovitchisaccites* sp., *Luberisaccites stipticus* (Luber) Dibner, *Crucisaccites* sp., *Potonieisporites* sp.

Вновь глендониты появляются в верхнеплинских отложениях, относящихся к верхам аиркатской свиты (см. рис. 3), что отвечает еще одному эпизоду широкого распространения глендонитов. На глубине 1192.9–1193.8 м в пачке переслаивания алевролитов и аргиллитов встречаются пиритовые конкреции и крупные одиночные глендониты. Следует отметить, что в естественных обнажениях Анабарской губы, расположенных неподалеку от п-ова Хара-Тумус, в верхнем плинсбахе встречаются исключительно «розетковидные» глендониты (например, [Suan et al., 2011]), а одиночные глендониты в отложениях этого возраста распространены преимущественно в бассейне р. Вилуй [Каплан, 1978; Rogov et al., 2023].

Причина, по которой в разных районах встречены глендониты, относящиеся к разным морфотипам, пока неясна. В интервале 1189.1–1192.3 м установлен комплекс двустворок, характерный для верхнего плинсбаха (*Taimyrodon pliensbachiensis* Shurygin, *Tancredia* cf. *schiriaevi* Bodyl.), а из образца с глубины 1991 м выделен представительный комплекс фораминифер и остракод, позволяющий отнести отложения к фораминиферной зоне *Anmarginulina arctica* JF8 и остракодовой зоне *Nanacythere costata* JO3 [Никитенко, 2009; Никитенко и др., 2013] верхней части верхнего плинсбаха.

В верхнетоярских отложениях (глубина 1102 м) встречаются мелкие уплощенные одиночные глендониты, чьи находки приурочены к глинистым алевролитам, богатым органическим веществом, с пиритовыми конкрециями. Эти находки наиболее интересны, так как в нижнем тоаре глендониты неизвестны ни в одном из разрезов в мире, а в верхнем тоаре их находки очень редки [Rogov et al., 2023]. Микрофауна в эренской свите не встречена, но выше и ниже уровня с глендонитами (в интервале 1100.8–1102.3 м) были определены двустворки *Arctotis* (*Praearctotis*) *marchaensis* (Petr.), характерные для верхнего тоара (вид-индекс филозоны по окситомидам [Lutikov, 2024]).

Наиболее многочисленные, разнообразные и крупные глендониты встречаются в байосе–келловее

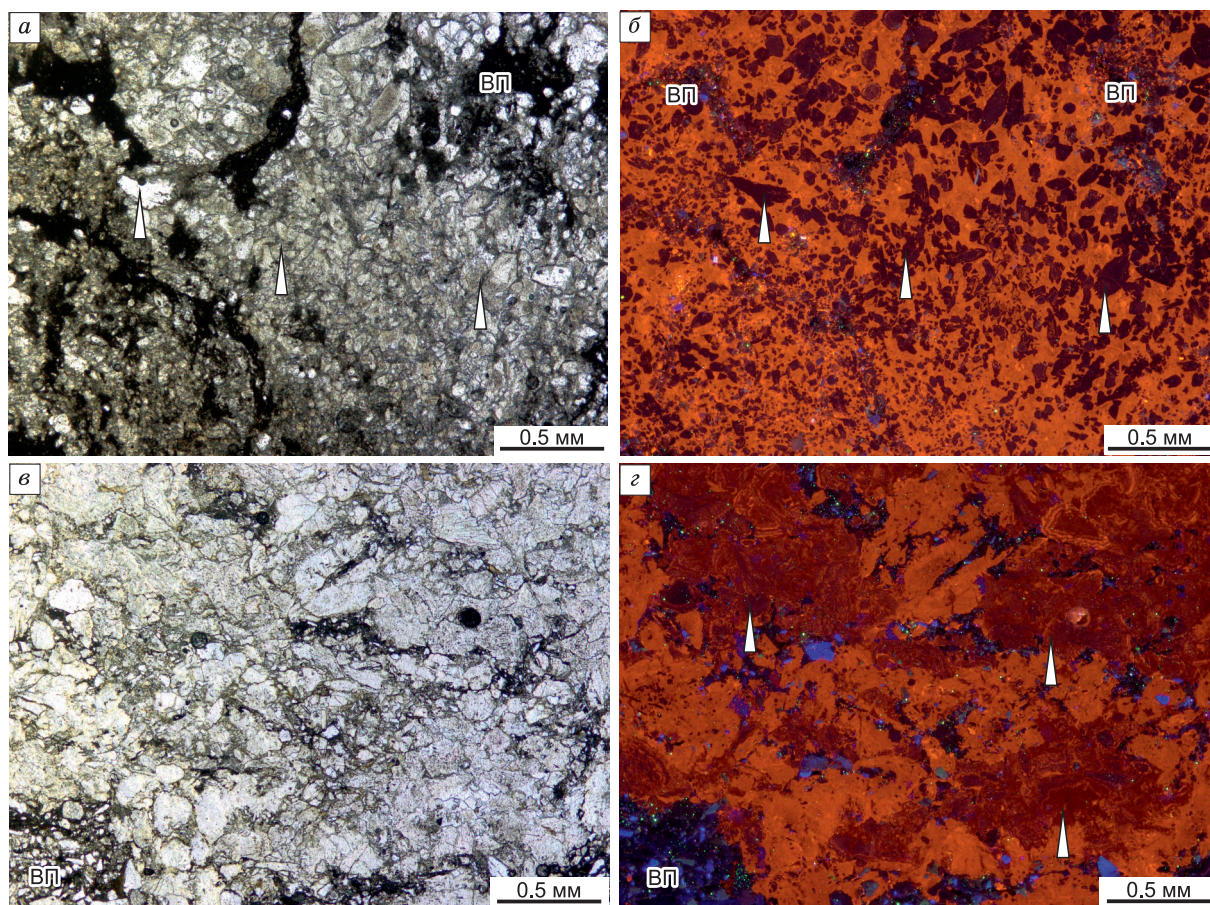


Рис. 4. Петрографическая и КЛ характеристика глендонитов из верхнекейфимовской (а, б) и юрунг-тумусской (в, г) свит, слева фотографии в проходящем свете без анализатора, справа фотографии при КЛ-свечении. ВП – вмещающая порода. На фотографиях белыми стрелками показан почти не люминесцирующий кальцит.

(юрунг-тумусская и иннокентьевская свиты, интервал 840–989 м). Здесь установлены глендониты, относящиеся к трем основным морфотипам: розетковидные, звездчатые и дипирамидальные (веретенообразные). При этом, как правило, глендониты каждого типа встречаются изолированными группами. Размер звездчатых и розетковидных глендонитов обычно превышает диаметр керна (3.9 см), а дипирамидальные глендониты, обычно ориентированные субвертикально, достигают в длину в некоторых случаях более 10 см. Часть глендонитов встречена в крупных карбонатных конкрециях, но в основном они найдены вне конкреций. Вмещающие отложения представлены тонким переслаиванием аргиллитов и алевролитов; характерно присутствие ракушняка, переполненных раковинами *Arctotis* и их фрагментами. Микроскопически глендониты сложены кристаллами кальцита размером 0.1–0.5 мм, бесцветными в плоскополяризованном свете, с неоднородной, иногда зональной люминесценцией оранжевого и темно-красного цветов (см. рис. 4, в, г). Возраст рассматриваемого стратиграфического интервала обоснован находками в первую очередь двустворчатых моллю-

сков, а также белемнитов и микрофоссилий. Из двустворок здесь широко распространены наиболее характерные для пограничного интервала байоса и бата двустворки рода *Arctotis*, преимущественно отнесенные к *A. (A.) ex gr. lenaensis* (Lahusen) (интервал 874.5–1051.0 м). Реже встречаются ювенильные *Retroceramus*. Самая молодая находка этого вида встречена на глубине 846.8 м. В Сибири ретроцерамиды встречаются до верхнего бата включительно [Шамолин и др., 2025], выше их находки неизвестны. Белемниты единичны. Из них следует отметить присутствие характерного ранне-среднебатовского [Ипполитов, 2018] вида *Paramegateuthis ishmensis* Gustomesov (глубина 844.6 м). Фораминиферы, встреченные в верхней части рассматриваемого интервала (глубина 837.9, 863.1 м), позволяют отнести эту часть разреза к верхнебатовско-келловейской [Никитенко и др., 2013] зоне *Dorothia insperata*, *Trochammina rostovzevi* JF25.

В верхнеюрских отложениях изученного разреза находки глендонитов не выявлены. В нижнемеловом интервале небольшие (до 2 см в диаметре) розетковидные и звездчатые глендониты встречены в сильно биотурбированных зеленых песчаниках тиганской

свиты в интервале 327–329 м. Эти находки приурочены к крайне мелководным прибрежно-морским отложениям, для которых характерно присутствие многочисленных ихнофоссилий *Arctichnus* (= *Rosselia*). Возраст этих находок определяется с некоторой долей условности. Вместе с глендонитами встречены *Buchia* ex gr. *sublaevis* (Keys.) (глубина 329.3 м), характерные для пограничных отложений валанжина и готерива. Комплекс фораминифер, установленный в интервале 257.2–355.0 м, относится к зоне *Cribrostomoides concavoides*, *Trochammina gyrodiniformis* KF5, нижняя граница которой располагается внутри аммонитовой зоны *Bojarkensis* [Маринов, Захаров, 2001; Никитенко и др., 2013]. Возраст этой зоны дискуссионен. По данным изучения изотопного состава углерода, эта зона имеет валанжинский возраст [Nunn et al., 2010], а по отношению изотопов стронция – раннеготеривский [Ефременко и др., 2025]. В настоящей работе возраст аммонитовой зоны *Bojarkensis* принимается как поздневаланжинский–раннеготеривский (см. также [Никитенко и др., 2013; Rogov et al., 2025]), а находки глендонитов отнесены к нижнему готериву.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Глендониты присутствуют в отдельных горизонтах перми, юры и мела, вскрытых в скв. КС-1, однако распространение глендонитов по разрезу, а также их форма и размер варьируют и определяются, по-видимому, локальными условиями среды осадконакопления и палеоклиматическими особенностями изучаемой территории. Глендониты определяются в скважине по форме, взаимоотношениям с вмещающими породами и характерному микроскопическому строению (см. рис. 4). Глендониты в скв. КС-1 сложены кальцитом либо без люминесценции, либо с люминесценцией оранжевого цвета, с часто типичной для глендонитов пестрой люминесценцией. Такое строение определяется процессами трансформации икаита в глендонит: при дегидратации икаита образуются нелюминесцирующие кристаллы кальцита, после дегидратации происходит заполнение оставшихся пустот кальцитом с оранжевой КЛ, который позволяет сохранить форму псевдоморфозы.

Наиболее ранние глендониты появляются во второй половине северодвинского века, когда изучаемая территория располагалась в высоких широтах (севернее 60° с.ш. [Torsvik, Cocks, 2016]). В это время данная территория представляла собой мелководный шельф и к югу сменялась сушей. Как в пермских, так и в более молодых отложениях, вскрытых в скв. КС-1 (см. ниже), глендониты приурочены к мелководным отложениям верхней и средней сублиторали. Необходимым условием кристаллизации предшественника глендонитов – икаита, помимо низких придонных температур, является образование карбонат-иона в ходе органокластической сульфат-редукции [Qu et

al., 2017], интенсивность которой максимальна в мелководных обстановках [Bowles et al., 2014]. Таким образом, в мелководных и относительно мелководных обстановках низкие придонные температуры и высокий уровень сульфат-редукции создавали наиболее благоприятную обстановку для кристаллизации и стабилизации икаита, что и определило приуроченность псевдоморфоз к мелководному шельфу. Палеогеографическое положение и общее похолодание климата в конце перми [Torsvik, Cocks, 2016], возможно, и определили появление в разрезе крупных (5–10 см) глендонитов звездчатой формы. Похожие мелководно-морские глендониты голоцена были описаны из Белого моря, где они появлялись в условиях умеренного климата при сезонных колебаниях температур. Икаит при этом кристаллизовался в холодное время года, когда температуры придонных вод опускались ниже 6 °C [Vasileva et al., 2021]. Глендониты в верхнепермских отложениях отмечаются на севере и северо-востоке России (Новосибирские острова, кряж Прончищева, п-ов Таймыр, Енисей-Хатангский прогиб, о. Бельковский). Как правило, это глендониты относительно небольшие (первые см), бипирамидальные [Rogov et al., 2023]. На кряже Прончищева [Бяков и др., 2021] они представлены звездчатым морфотипом, в то время как в разрезе скв. КС-1 присутствуют сравнительно крупные (до 5 см) звездчатые и розетковидные глендониты. Их возраст, вероятно, аналогичен возрасту глендонитов с кряжа Прончищева [Бяков и др., 2021].

Климатические события мезозоя являются более дискуссионными. Мезозойский климат в литературе рассматривается как теплый и жаркий [Crowley, Berner, 2001], но при этом некоторые исследователи предполагают, что в мезозое существовали отдельные этапы похолоданий и вероятных эпизодов оледенений [Eyles, 1993; Price, 1999; Nordt et al., 2023], в том числе в позднем мелу [Rodríguez-López et al., 2025]. Тем не менее влияние предполагаемых похолоданий на температуру придонных вод не совсем ясно, и до сих пор остаются дискуссионными вопросы относительно возможности кристаллизации икаита при температуре выше 7 °C и предлагаются другие модели формирования кристаллов икаита [Teichert, Luppold, 2013; Tollefsen et al., 2020]. Глендониты в триасовых отложениях в скв. КС-1 отсутствуют, как и в других отложениях этого возраста в мире [Rogov et al., 2023], что может быть связано с высокими среднегодовыми температурами даже в высоких широтах [Frakes et al., 1992]. Следующим интервалом широкого развития глендонитов в скв. КС-1 являются нижнеюрские отложения, где глендониты присутствуют в верхнем плинсбахе (айратская свита) и в верхнем тоаре (эренская свита). Эти находки приурочены, по-видимому, к двум этапам похолодания климата в Арктике – в позднем плинсбахе [Hollaar et al., 2023; Merkel, Munnecke, 2023] и позд-

нем тоаре [Ильина, 1985; Захаров и др., 2006; Никитенко, 2009; Korte et al., 2015], разделенным раннетоарским потеплением и аноксидным событием [Suan et al., 2010; Dera et al., 2011]. Плинсбахские и тоарские глендониты в керне изученной скважины представлены одиночными формами. При этом плинсбахские экземпляры довольно крупные, сравнимые с крупнейшими экземплярами из одновозрастных отложений бассейна р. Виллой [Rogov et al., 2023], а тоарские – небольшие. Глендониты в верхнем тоаре разреза п-ова Юрюнг-Тумус (обн. 16 в [Меледина и др., 1987]), расположенного недалеко от изученной скважины, также небольшие (до 3 см), но они относятся к другому морфотипу (обозначены как «звездообразные сростки кальцита» в [Меледина и др., 1987]).

Общее похолодание климата в высоких широтах Северного полушария отмечается с конца ааленского времени (событие ABCE) [Frakes et al., 1992; Bodin et al., 2020]. По мнению ряда авторов, предполагается, что это похолодание могло привести к образованию ледников, по крайней мере, вблизи полюсов [Frakes et al., 1992], а также усилению контрастности и сезонности климата. Другие специалисты предполагают, что приводимые доводы являются «...весьма умозрительным предположением о том, что на преобладающем фоне безледникового климата в мезозое происходили внезапные и очень короткие похолодания (“cold snaps”), которые проявлялись только в высоких широтах и приводили к небольшим полярным оледенениям» [Чумаков, 2015, с. 95]. В скв. КС-1 к среднеюрским (преимущественно байос-батским толщам юрюнг-тумусской свиты, в меньшей степени келловейским – иннокентьевская свита) отложениям приурочены многочисленные и крупные глендониты. В этом же интервале глендониты в высоких широтах Северного полушария наиболее многочисленны [Рогов и др., 2019; Rogov et al., 2021, 2023], что, по всей видимости, подтверждает, по крайней мере, сезонные низкие придонные температуры в морском бассейне, где происходило осадконакопление.

Глендониты в отложениях верхней юры в скв. КС-1 отсутствуют. В этом стратиграфическом интервале их находки по всему миру намного более редки, чем в средней юре, а на севере Сибири – единичны [Rogov et al., 2023]. В позднеюрское время на территории Сибири господствовал теплый и влажный климат, уровень моря постепенно поднимался [Никитенко и др., 2015].

Глендониты в нижнемеловых отложениях Северного полушария впервые появляются в нижнерязанском подъярусе [Rogov et al., 2025]. Они становятся более многочисленными в верхнерязанском подъярусе, а в отложениях валанжина и готерива их находки наиболее часты [Rogov et al., 2021, 2023]. В керне скв. КС-1 небольшие единичные глендониты выявлены только в тиганской свите (готеривский ярус нижнего мела). Раннемеловые условия осадконакопления,

судя по характеристике отложений, вскрытых скв. КС-1 (паксинская свита, рязанский и валанжинский ярусы) и биотических ассоциаций, относятся к мелководно-морским (верхняя и средняя сублитораль [Никитенко и др., 2013, 2023]). Тиганская свита является еще более мелководной (верхняя сублитораль [Никитенко и др., 2013]). По всей видимости, появление глендонитов в нижнемеловых отложениях приурочено к кратковременным этапам похолодания на фоне высоких средних температур мелового периода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что в скв. КС-1 вскрыт широкий стратиграфический интервал разреза с верхов казанского яруса биармийского отдела перми по готерив. Возрастные датировки стратиграфических интервалов находок глендонитов подтверждены палинокомплексами (для пермской системы), комплексами фораминифер и остракод (для плинсбахского яруса нижней юры), находками двустворчатых моллюсков (для тоарского яруса нижней юры), комплексами двустворчатых моллюсков, белемнитов и микрофауны (для байосского, батского и келловейского ярусов средней юры), находками двустворчатых моллюсков и комплексами фораминифер (для нижнемеловых отложений). В разрезе скважины представлены глендониты почти из всех вскрытых бурением стратиграфических интервалов верхнего палеозоя и мезозоя, где они ранее отмечались в других районах севера Сибири. Появление глендонитов в разрезе совпадает с этапами похолодания климата. Все глендониты приурочены к аргиллитам и алевролитам, реже к песчаникам, сформировавшимся в мелководных и относительно мелководных обстановках верхней и средней сублиторали, где высокая интенсивность сульфат-редукции и диагенеза определяла поступление в осадок карбонат-иона, а низкие придонные температуры определяли кристаллизацию икаита. Глендониты принадлежат ко всем морфотипам – присутствуют дипирамидальные, звездчатые и розетковидные экземпляры; при этом закономерностей в распределении морфотипов по разрезу не отмечено. Наиболее крупные и многочисленные глендониты встречаются в среднеюрском интервале разреза – в отложениях байосского и батского ярусов, реже они встречаются в келловее. Сравнительно крупные одиночные глендониты присутствуют также в верхнем плинсбахе, а звездчатые и розетковидные – в верхней перми. В отложениях тоара и готерива глендониты одиночные и более мелкие.

В заключение отметим, что установленные в керне скв. КС-1 интервалы развития глендонитов (являющихся маркерами палеообстановок с низкой температурой среды) дают уникальную информацию об эпизодах/эпохах похолодания, а также усиления контрастности и сезонности климата региона на про-

тажении пермского–раннемелового времени. Полученные в данной работе результаты необходимо учитывать при восстановлении палеообстановок, климатических вариаций в позднем палеозое–мезозое.

БЛАГОДАРНОСТИ И ФИНАНСИРОВАНИЕ

Авторы выражают глубокую благодарность рецензентам за замечания и предложения, которые позволили значительно улучшить статью.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 24-27-00415. Тематика работы соответствует содержанию базового проекта НИР ИНГГ СО РАН и проводилась при научно-методическом сопровождении проекта FWZZ-2026-0042.

ЛИТЕРАТУРА

- Бяков А.С., Данукалова М.К., Кузьмичев А.Б., Соболев Е.С. (2021). Пермские двусторчатые моллюски кряжа Прончищева (север Сибири): новые данные по таксономическому составу, биостратиграфии и биогеографическим связям // Палеонтологический журнал, № 3, с. 24–34, DOI: [10.31857/S0031031X21030089](https://doi.org/10.31857/S0031031X21030089), EDN: [HBCAKG](https://www.edn.ru/HBCAKG).
- Геологическая карта России и прилегающих акваторий. М-6 1 : 2 500 000. (2004). Под ред. А.Ф. Морозова, О.В. Петрова, СПб., ВНИИОкеанология, ФГБУ «ВСЕГЕИ».
- Герке А.А. (1961) Фораминиферы пермских, триасовых и лейасовых отложений нефтеносных районов севера Центральной Сибири. Л., Гостоптехиздат, 579 с.
- Девятов В.П., Никитенко Б.Л. (2023). Стратиграфия и седиментогенез клиноформной верхней юры Анабаро-Ленского осадочного бассейна (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) // Геология и геофизика, т. 64, № 11, с. 1616–1627, DOI: [10.15372/GiG2023152](https://doi.org/10.15372/GiG2023152), EDN: [XJHTCB](https://www.edn.ru/XJHTCB).
- Ефременко В.Д., Дзюба О.С., Шурыгин Б.Н., Кузнецов А.Б., Пыряев А.Н. (2025). Бореально-тетическая корреляция верхнего берриаса–валанжина: вклад новых $\delta^{13}\text{C}$ и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ хеомостратиграфических данных из Арктической Сибири // Геология и геофизика, т. 66, № 2, с. 180–196, DOI: [10.15372/GiG2024157](https://doi.org/10.15372/GiG2024157), EDN: [XAJEVC](https://www.edn.ru/XAJEVC).
- Захаров В.А., Шурыгин Б.Н., Ильина В.И., Никитенко Б.Л. (2006). Плинсбах-тоарская биотическая перестройка на севере Сибири и в Арктике // Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 14, № 4, с. 61–80, EDN: [OOUWGN](https://www.edn.ru/OOUWGN).
- Ильина В.И. (1985). Палинология юры Сибири. М., Наука, с. 1–237. (Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 638).
- Ипполитов А.П. (2018). Белемниты и биостратиграфия нижнего бата центра и юга Восточно-Европейской платформы. Часть 2. *Cylindroteuthididae* и *Belemniteuthididae* // Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 26, № 4, с. 58–85, DOI: [10.7868/S0869592X1804004X](https://doi.org/10.7868/S0869592X1804004X), EDN: [XUKMKL](https://www.edn.ru/XUKMKL).
- Калинко М.К. (1959). История геологического развития и перспективы нефтегазоносности Хатангской впадины. Л., Гос. научно-техн. изд-во нефтяной и горно-топливной литературы. Ленинградское отделение, т. 104, с. 1–358. (Тр. НИИГА).
- Каплан М.Е. (1978). Кальцитовые псевдоморфозы в юрских и нижнемеловых отложениях севера Восточной Сибири // Геология и геофизика, № 12, с. 62–70, EDN: [GIIXLL](https://www.edn.ru/GIIXLL).
- Каплан М.Е. (1979). Кальцитовые псевдоморфозы (псевдогейлюссит, яровит, тинолит, глендонит, геннойши, белеморские рогульки) в осадочных породах. Происхождение псевдоморфоз // Литология и полезные ископаемые, № 5, с. 125–141.
- Конторович В.А., Лунев Б.В., Лапковский В.В. (2019). Геолого-геофизическая характеристика Анабаро-Хатангской нефтегазоносной области; численное моделирование процессов формирования соляных куполов (Сибирский сектор Российской Арктики) // Геодинамика и тектонофизика, т. 10, № 2, с. 459–470, DOI: [10.5800/GT-2019-10-2-0421](https://doi.org/10.5800/GT-2019-10-2-0421), EDN: [XMCUEV](https://www.edn.ru/XMCUEV).
- Лутиков О.А., Соболев Е.С., Рогов М.А., Ильина Н.В., Александрова Г.Н. (2024). Граница триаса и юры в разрезе Анабарской губы (север Якутии) // Russian Journal of Earth Sciences, т. 24, № 5, ES5014, DOI: [10.2205/2024es000936](https://doi.org/10.2205/2024es000936), EDN: [UTTEIL](https://www.edn.ru/UTTEIL).
- Маринов В.А., Захаров В.А. (2001). Зоны по фораминиферам бореального берриаса, валанжина и нижнего готерива северной Сибири (относительно глубоководные фации) // Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 9, № 1, с. 46–67.
- Меледина С.В., Нальняева Т.И., Шурыгин Б.Н. (1987). Юра Енисей-Хатангского прогиба: Нордвикская зона, типовой разрез / Ред. В.А. Захаров. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 128 с.
- Нехаев А.Ю., Маринов В.А., Игольников А.Е. (2015). Новый разрез балаганчанской свиты (нижний мел) Нордвикской зоны // Интерэкспо Гео-Сибирь, т. 2, № 1, с. 115–119, EDN: [TPJIZ](https://www.edn.ru/TPJIZ).
- Никитенко Б.Л. (2009). Стратиграфия, палеобиогеография и биофации юры Сибири по микрофауне (фораминиферы и остракоды). Новосибирск, Параллель, 680 с., EDN: [QKJSWT](https://www.edn.ru/QKJSWT).
- Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н., Князев В.Г., Меледина С.В., Дзюба О.С., Лебедева Н.К., Пешевницкая Е.Б., Глинских Л.А., Горячева А.А., Хафаева С.Н. (2013). Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и бореальный зональный стандарт // Геология и геофизика, т. 54, № 8, с. 1047–1082, EDN: [RAPIKJ](https://www.edn.ru/RAPIKJ).
- Никитенко Б.Л., Князев В.Г., Пешевницкая Е.Б., Глинских Л.А. (2015). Верхняя юра побережья моря Лаптевых: межрегиональные корреляции и палеообстановки // Геология и геофизика, т. 56, № 8, с. 1496–1519, EDN: [UBZPSP](https://www.edn.ru/UBZPSP).
- Никитенко Б.Л., Пешевницкая Е.Б., Каширцев В.А., Фурсенко Е.А., Попов А.Ю., Хафаева С.Н., Брагин В.Ю. (2023). Микрофоссилии, высокоразрешающая стратиграфия, геохимия и литология верхней юры и нижнего мела (урдюкхаинская и паксинская свиты) п-ова Нордвик, Анабарский залив, море Лаптевых // Геология и геофизика, т. 64, № 11, с. 1586–1615, DOI: [10.15372/GiG2023150](https://doi.org/10.15372/GiG2023150), EDN: [UGQSAG](https://www.edn.ru/UGQSAG).
- Палеогеография центральной части Советской Арктики. (1967). Ред. И.С. Грамберг. Л., Недра, т. 150, 299 с. (Тр. НИИГА).
- Попов А.Ю., Шевко А.Я., Соболев Е.С., Ядренкин А.В., Никитенко Б.Л., Травин А.В. (2023). Вулканогенно-осадочные и магматические образования триаса кряжа Прончищева (Восточная Сибирь, Арктика): состав, строение, генезис, возраст // Геология и геофизика, т. 64, № 6, с. 767–782, EDN: [IXGIWV](https://www.edn.ru/IXGIWV).
- Решения 3-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозою и кайнозою Средней Сибири. (1981). Ред. В.Н. Сакс. Новосибирск, Наука, 91 с.
- Рогов М.А., Зверьков Н.Г., Захаров В.А., Архангельский М.С. (2019). Морские рептилии и климат юры и мела Сибири // Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 27, № 4, с. 13–39, DOI: [10.31857/S0869-592X27413-39](https://doi.org/10.31857/S0869-592X27413-39), EDN: [NLRMXJ](https://www.edn.ru/NLRMXJ).
- Рогов М.А., Захаров В.А., Соловьев А.В., Мельников П.Н., Пустыльников В.В., Федорова А.А., Мещерякова Е.Ю., Савельева Ю.Н., Ипполитов А.А., Оленова К.Ю., Евсеева Ю.А. (2024а). Волжский и рязанский ярусы в разрезе скважины Новоякимовская-1 (запад Енисей-Хатангского регионального прогиба, Сибирь). Статья 1. Общая характеристика яновстанской свиты и ее стратиграфия по моллюскам // Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 32, № 3, с. 88–111, DOI: [10.31857/S0869592X24030049](https://doi.org/10.31857/S0869592X24030049), EDN: [CVXUVL](https://www.edn.ru/CVXUVL).
- Рогов М.А., Захаров В.А., Пешевницкая Е.Б., Вишневская В.С., Зверьков Н.Г., Барабошкин Е.Ю. (2024б). Волжский

- ярус верхней юры и рязанский ярус нижнего мела Панбореальной биогеографической области // Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 32, № 6, с. 30–73, DOI: [10.31857/S0869592X24060027](https://doi.org/10.31857/S0869592X24060027), EDN: [VZMIV](https://www.vzmiv.ru/).
- Чумаков Н.М. (2015).** Оледенения Земли: история, стратиграфическое значение и роль в биосфере. М., ГЕОС, 160 с., EDN: [USGSFW](https://www.usgsfw.ru/). (Тр. ГИН РАН, вып. 611).
- Шамонин Е.С., Дзюба О.С., Урман О.С., Шурыгин Б.Н., Ян П.А., Глинских Л.А., Горячева А.А., Метелкин Е.К. (2025).** Обстановки осадконакопления, биота и стратиграфия байоса-оксфорда северного крыла Чекуровской антиклинали, низовья реки Лены, север Восточной Сибири // Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 33, № 5, с. 93–134, DOI: [10.31857/S0869592X25050055](https://doi.org/10.31857/S0869592X25050055), EDN: [GNMROJ](https://www.gnmroj.ru/).
- Bodin S., Mau M., Sadki D., Danisch J., Nutz A., Krencker F.N., Kabiri L. (2020).** Transient and secular changes in global carbon cycling during the early Bajocian event: Evidence for Jurassic cool climate episodes // *Global Planet. Change*, v. 194, 103287, DOI: [10.1016/j.gloplacha.2020.103287](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103287).
- Bowles M.W., Mogollón J.M., Kasten S., Zabel M., Hinrichs K.-U. (2014).** Global rates of marine sulfate reduction and implications for sub-sea-floor metabolic activities // *Science*, v. 344 (6186), p. 889–891, DOI: [10.1126/science.1249213](https://doi.org/10.1126/science.1249213).
- Crowley T.J., Berner R.A. (2001).** CO₂ and climate change // *Science*, v. 292 (5518), p. 870–872, DOI: [10.1126/science.1061664](https://doi.org/10.1126/science.1061664).
- Dera G., Brigaud B., Monna F., Laffont R., Pucéat E., Deconinck J.F., Pellenard P., Joachimski M.M., Durlot C. (2011).** Climatic ups and downs in a disturbed Jurassic world // *Geology*, v. 39 (3), p. 215–218, DOI: [10.1130/G31579.1](https://doi.org/10.1130/G31579.1).
- Eyles N. (1993).** Earth's glacial record and its tectonic setting // *Earth Sci. Rev.*, v. 35 (1–2), p. 1–248, DOI: [10.1016/0012-8252\(93\)90002-O](https://doi.org/10.1016/0012-8252(93)90002-O).
- Frakes L.A., Francis J.E., Syktus J.I. (1992).** Climate Modes of the Phanerozoic. Cambridge, Cambridge University Press, 288 p., DOI: [10.1017/CBO9780511628948](https://doi.org/10.1017/CBO9780511628948).
- Hollaar T.P., Hesselbo S.P., Deconinck J.-F., Damaschke M., Ullmann C.V., Jiang M., Belcher C.M. (2023).** Environmental changes during the onset of the Late Pliensbachian Event (Early Jurassic) in the Cardigan Bay Basin, Wales // *Clim. Past*, v. 19 (5), p. 979–997, DOI: [10.5194/cp-19-979-2023](https://doi.org/10.5194/cp-19-979-2023).
- Korte C., Hesselbo S.P., Ullmann C.V., Dietl G., Ruhl M., Schweigert G., Thibault, N. (2015).** Jurassic climate mode governed by ocean gateway // *Nat. Commun.*, v. 6, 10015, DOI: [10.1038/ncomms10015](https://doi.org/10.1038/ncomms10015).
- Lutikov O.A. (2024).** Bivalve-based stratigraphy of the Toarcian of Eastern Siberia and Northeastern Russia (family Oxytomidae Ichikawa, 1958). Part 3. Toarcian–Lower Aalenian zonal scale based on Oxytomids. bivalve-based stratigraphy and correlation // *Stratigr. Geol. Correl.*, v. 32 (7), p. 929–1032, DOI: [10.1134/S0869593824700035](https://doi.org/10.1134/S0869593824700035).
- Merkel A., Munnecke A. (2023).** Glendonite-bearing concretions from the upper Pliensbachian (Lower Jurassic) of South Germany: indicators for a massive cooling in the European epicontinental sea // *Facies*, v. 69, 10, DOI: [10.1007/s10347-023-00667-6](https://doi.org/10.1007/s10347-023-00667-6).
- Nordt L., Breecker D. White J. (2024).** The early Cretaceous was cold but punctuated by warm snaps resulting from episodic volcanism // *Commun. Earth Environ.*, v. 5, 223, DOI: [10.1038/s43247-024-01389-5](https://doi.org/10.1038/s43247-024-01389-5).
- Nunn E.V., Price G.D., Gröcke D.R., Baraboshkin E.Y., Leng M.J., Hart M.B. (2010).** The Valanginian positive carbon isotope event in Arctic Russia: Evidence from terrestrial and marine isotope records and implications for global carbon cycling // *Cretaceous Res.*, v. 31 (6), p. 577–592, DOI: [10.1016/j.cretres.2010.07.007](https://doi.org/10.1016/j.cretres.2010.07.007).
- Price G.D. (1999).** The evidence and implications of polar ice during the Mesozoic // *Earth Sci. Rev.*, v. 48 (3), p. 183–210, DOI: [10.1016/S0012-8252\(99\)00048-3](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(99)00048-3).
- Qu Y., Teichert B.M.A., Birgel D., Goedert J.L., Peckmann J. (2017).** The prominent role of bacterial sulfate reduction in the formation of glendonite: a case study from Paleogene marine strata of western Washington State // *Facies*, v. 63, 10, DOI: [10.1007/s10347-017-0492-1](https://doi.org/10.1007/s10347-017-0492-1).
- Rodríguez-López J.P., Fernández-Mendiola P.Á., de Gea G.A., Arz J.A., Arenillas I., Gilabert V., Arlegui L., Soria A.R., Fernández V., Amidon W., Kylander-Clark A., Frigola J., Cerdà-Domènech M., Garber J., López-Martínez J., Murton J.B., Liesa C.L. (2025).** Low-latitude glaciation in the Cretaceous greenhouse: reviewing the cryosphere reach during an archetypal hothouse Earth // *Earth Sci. Rev.*, 105351, DOI: [10.1016/j.earscirev.2025.105351](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2025.105351).
- Rogov M., Ershova V., Vereshchagin O., Vasileva K., Mikhailova K., Krylov A. (2021).** Database of global glendonite and ikaite records throughout the Phanerozoic // *Earth Syst. Sci. Data*, v. 13 (2), p. 343–356, DOI: [10.5194/essd-13-343-2021](https://doi.org/10.5194/essd-13-343-2021).
- Rogov M., Ershova V., Gaina C., Vereshchagin O., Vasileva K., Mikhailova K., Krylov A. (2023).** Glendonites throughout the Phanerozoic // *Earth Sci. Rev.*, v. 241, 104430, DOI: [10.1016/j.earscirev.2023.104430](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104430).
- Rogov M.A., Vasileva K.Y., Olenova K.Y., Zakharov V.A., Ippolitov A.P., Lutikov O.A., Panchenko I.V., Kiselev D.N. (2025).** Jurassic and Cretaceous glendonites of the Novoyakimovskaya-1 borehole (Western Taimyr): Age, morphology, depositional settings and alterations of mineral composition // *Russ. J. Earth Sci.*, v. 25 (4), ES4011, DOI: [10.2205/2025ES001040](https://doi.org/10.2205/2025ES001040).
- Suan G., Mattioli E., Pittet B., Lécuyer C., Suchéras-Marx B., Duarte L.V., Philippe M., Reggiani L., Martineau F. (2010).** Secular environmental precursors to Early Toarcian (Jurassic) extreme climate changes // *Earth Planet. Sci. Lett.*, v. 290 (3–4), p. 448–458, DOI: [10.1016/j.epsl.2009.12.047](https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.12.047).
- Suan G., Nikitenko B.L., Rogov M.A., Baudin F., Spangenberg J.E., Knyazev V.G., Glinskikh L.A., Goryacheva A.A., Adatte T., Riding J.B., Föllmi K.B., Pittet B., Mattioli E., Lécuyer C. (2011).** Polar record of Early Jurassic massive carbon injection // *Earth Planet. Sci. Lett.*, v. 312 (1–2), p. 102–113, DOI: [10.1016/j.epsl.2011.09.050](https://doi.org/10.1016/j.epsl.2011.09.050).
- Teichert B.M.A., Luppold F.W. (2013).** Glendonites from an Early Jurassic methane seep – Climate or methane indicators? // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, v. 390, p. 81–93, DOI: [10.1016/j.palaeo.2013.03.001](https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2013.03.001).
- Tollefsen E., Balic-Zunic T., Mörtz C.M., Brüchert V., Lee C.C., Skelton A. (2020).** Ikaite nucleation at 35 °C challenges the use of glendonite as a paleotemperature indicator // *Sci. Rep.*, v. 10, 8141, DOI: [10.1038/s41598-020-64751-5](https://doi.org/10.1038/s41598-020-64751-5).
- Torsvik T.H., Cocks L.R.M. (2016).** Earth History and Palaeogeography. Cambridge, Cambridge University Press, 311 p., DOI: [10.1017/9781316225523](https://doi.org/10.1017/9781316225523).
- Vasileva K., Vereshchagin O., Ershova V., Rogov M., Chernyshova I., Vishnevskaya I., Okuneva T., Pokrovsky B., Tchkova M., Saphronova N., Kostrov Y., Khmarin E. (2021).** Marine diagenesis of ikaite: Implications from the isotopic and geochemical composition of glendonites and host concretions (Palaeogene–Neogene sediments, Sakhalin Island) // *Sedimentology*, v. 68 (5), p. 2227–2251, DOI: [10.1111/sed.12847](https://doi.org/10.1111/sed.12847).