

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ГИН РАН)



**МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(С ИНОСТРАННЫМ УЧАСТИЕМ)**

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ
ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ, ТЕРРИГЕННЫХ
И КАРБОНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ
(ЛИТОЛ 2025)**

01–05 апреля 2025 г.

Конференция посвящена памяти
Анны Григорьевны Коссовской (1915–2000)
Ирины Васильевны Хворовой (1913–2003)

Москва
ГЕОС
2025

УДК 552.5; 551.3.051
ББК 26.323
Ф 85

Материалы Всероссийской научной конференции (с иностранным участием). Фундаментальные проблемы изучения вулканогенно-осадочных, терригенных и карбонатных комплексов (Литол 2025). Конференция посвящена памяти Анны Григорьевны Коссовской (1915–2000) и Ирины Васильевны Хворовой (1913–2003). – М.: ГЕОС, 2025. 327 с.

ISBN 978-5-89118-902-7
DOI 10.34756/GEOS.2025.17.39204

Ответственный редактор
Е.В. Щепетова

На 1-й странице обложки:

*Кварцевый песчаник из рифейских отложений Оршанской впадины
(петрографический шлиф, фото В.В. Костылевой)*

На последней странице обложки:

*Вверху: Нижнечетвертичные (гелазий) пески с горизонтальной
и мульдообразной слоистостью в береговых уступах
Таманского полуострова (фото И.В. Латышевой)*

*Внизу: Текстура волновой ряби в рифейских отложениях
Сибирской платформы, бассейн р. Анабар (фото М.И. Тучковой)*

Глендониты – индикаторы холодноводных обстановок: диагностические признаки, особенности внутреннего строения и состава

Глендониты – это псевдоморфозы разного (преимущественно кальциевого) состава по метастабильному гексагидрату карбоната кальция – икаиту ($\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), который в природных условиях кристаллизуется при низких (околонулевых) придонных температурах [1, 2]. Одни из первых описаний глендонитов присутствует в минералогической литературе первой половины XIX века [3, 4]; разные авторы называли их «псевдогейлюссит», «антраконит», «геннойши», «ярровит», «тинолит», «фундилит», «звездчатые конкреции», «тонколит», «тенноситы», «ярровит», «рогульки», и только к началу XX века Дэвид с соавт. [5] предложили название «глендониты» по пермскому местонахождению Глендон в Австралии. До конца 70-х годов XX века предшественником глендонитов считали разные минералы – гейлюссит, глауберит, гипс, целестин, тенардит, другие карбонатные минералы; только после открытия икаита [6] и работе по оценке распространения ископаемых псевдоморфоз по латерали и стратиграфическим уровням [7], появились первые данные о том, что икаит может быть минералом-предшественником глендонитов, что впоследствии нашло подтверждение в экспериментальных данных [8, 9].

Икаит описан в различных средах – морских, озерных, пещерных, однако в ископаемой летописи глендониты известны преимущественно из морских отложений [10]. Кристаллизация икаита происходит на этапе анаэробного диагенеза – при органокластической сульфат-редукции или метан-редукции при участии микроорганизмов; в это время в осадке появляется избыток карбонат-иона, который, вступая в реакцию с ионами кальция, приводит к кристаллизации икаита. После стабилизации икаита, постепенного погружения осадка и повышении температуры икаит дегидратируется, и при благоприятных условиях переходит в кальцит, цементируется и сохраняется в ископаемом состоянии. После замещения икаита кальцитом с псевдоморфозой могут происходить также более поздние преобразования, вызванные общим погружением осадков или гидротермальной переработкой, однако некоторые диагностические для

¹ Институт наук о Земле СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

² Геологический институт РАН, Москва, Россия

³ Закрытое акционерное общество «Моделирование и мониторинг геологических объектов им. В.А. Двуреченского» (ЗАО «МиМГО»), Москва, Россия

глендонитов признаки сохраняются в ископаемом состоянии, что позволяет их уверенно диагностировать в древних отложениях.

Отложения, вмещающие глендониты – в основном морские терригенные тонкослоистые, часто темноцветные алевролиты и глины (аргиллиты), в песчаных и более крупнозернистых осадках глендониты встречаются реже. Морфологически выделяют три основных типа глендонитов – клинообразные (bladed согласно типизации Frank et al., 2008), розетковидные (rosette, там же) и звездчатые (stellate) формы ([11], Fig. 4). Клинообразные глендониты, как правило, представляют собой дипирамидальные сростки, часто с неровными волнистыми краями. Розетковидные (или ананасовидные) глендониты представляют собой множественные «ежеподобные» сростки. Звездчатые глендониты содержат небольшое количество (3–4) лучей, расходящихся в разные стороны. Также для глендонитов довольно характерно облекание окружающей породой: при уплотнении осадков глендонит практически не уменьшается в объеме, в то время как окружающие тонкозернистые осадки испытывают значительное уплотнение, поэтому слои окружающего осадка повторяют контуры псевдоморфозы. В случае, если глендониты выщелочены или замещены некарбонатным минералом [12], корректная идентификация таких псевдоморфоз возможна с учетом вышеперечисленных вариантов морфологии и конформных соотношений с вмещающими отложениями.

Стоит учитывать, что в обнажениях и в керне скважин глендониты могут иметь разную окраску. В обнажениях эти псевдоморфозы могут быть от белого до светло-коричневого цвета, с практически черной поверхностью, при этом внутри они могут быть любых указанных выше цветов, а кроме того, желтовато-медового оттенка. В приповерхностных условиях окружающая порода выветривается, и глендониты обычно хорошо различимы, в то время как на спилах керна чаще всего видны только фрагменты и отдельные лучи, которые обычно светлее вмещающей породы и с характерной зернистостью и блестящей поверхностью. Сложнее узнать глендониты на поверхностях напластования керна, где они темнее и поэтому могут быть плохо отличимыми от темной вмещающей породы. В этом случае более надежная идентификация возможна по петрографическим и изотопно-геохимическим характеристикам. Кроме того, отдельные лучи глендонитов клинообразного и звездчатого морфотипа имеют характерное ромбическое поперечное сечение, что служит дополнительным признаком для идентификации этих псевдоморфоз.

Если глендонит сложен кальцитом, то, как правило, внутренне строение такой псевдоморфозы имеют следующие характерные черты. Прежде всего, кальцит в глендонитах представлен несколькими генерациями. Наиболее ранняя генерация представляет собой вытянутые таблитчатые или овальные кристаллы или их розетковидные сростки, в проходящем свете



Рис. 1. Облик глендонитов в образцах: А, Б – розетковидные глендониты, А – глендонит из отложений байоса-бата, скв. КС-1 (побережье Хатангского залива); Б – глендонит из отложений плейстоцена, р. Большая Балахня, п-ов Таймыр, Б – звездчатый глендонит из отложений пермской системы, скв. КС-1; Г – клинообразный глендонит из отложений плейнсбаха р. Виллой

эта генерация либо бесцветная, либо (чаще) содержит большое количество включений, которые придают ей сероватый или коричневатый цвет, иногда такие кристаллы зональные ([13], Fig. 5) в проходящем свете и не имеют катодолюминесцентного свечения. Такие кристаллы образуют около трети псевдоморфозы и могут не опираться друг на друга. Кристаллы первого типа могут быть окружены игольчатыми или гроздьевидными кристаллами 2 типа; кристаллы 2 типа обычно встречаются в глендонитах кайнозойского возраста, а в более древних глендонитах пропадают. Кальцит 2 типа имеет обычно катодолюминесценцию от оранжевого до темно-красного цветов. Кальцит 1 и 2 типа может быть хорошо различим при рентгенофазовом анализе (пик кальцита раздваивается, см. [13]) и при микронзондовом анализе: кальцит 1 типа всегда низкомагнезиальный, кальцит 2 типа высокомагнезиальный, а иногда имеет тонкие доломитовые оторочки. Оставшееся пространство занимают блочные кристаллы кальцита: бесцветные или коричневатые в проходящем свете и с красным катодолюминесцентным свечением, заметно отличным от свечения двух вышеописанных типов кальцита. Примесь некарбонатных минералов в голоценовых глендонитах минимальна, обычно это фрагменты вмещающего осадка, захваченные между кристаллами икаита. Некарбонатные аутигенные минералы могут появляться в глендонитах, однако они являются вторичными. Так, например, в глендонитах точинской свиты из скв. Новоякимовская-1 встречаются аутигенные гексагональные кристаллы кварца, при этом, тем не менее, сохраняются особенности состава кальцита 1 (низкомагнезиальный) и 2 (высокомагнезиальный) типов, то есть по ним сохраняется возможность идентификации глендонитов.

Изотопные характеристики глендонитов варьируют и зависят от степени катагенетической преобразованности псевдоморфоз. Голоценовые глендониты характеризуются околонулевыми значениями $\delta^{18}\text{O}$ и широким диапазоном $\delta^{13}\text{C}$, однако так как образование карбонат-иона связано с разложением органического вещества, значение $\delta^{13}\text{C}$ часто смещено в сторону низких отрицательных значений (-15...-25‰ V-PDB). Кроме того, смещение значений $\delta^{18}\text{O}$ в сторону отрицательных значений происходит в случае значительного влияния бассейновых флюидов.

Комплекс вышеперечисленных признаков (морфология, цвет, соотношение с вмещающей породой, внутреннее строение, геохимический состав отдельных фаз, а также изотопные характеристики) дает возможность довольно точно идентифицировать глендониты как в обнажениях, так и в керне скважин. Глендониты узнаются по фотографиям керна, однако такие находки необходимо верифицировать, по крайней мере микроскопическими наблюдениями, чтобы не спутать эти псевдоморфозы с другими конкрециями, включениями или остатками макрофауны. С другой стороны, достоверные наблюдения и знание микроскопической структуры

позволяют минимизировать ошибки при диагностике таких важных индикаторов палеоусловий, как глендониты.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00415, <https://rscf.ru/project/24-27-00415/>.

Литература

1. *Suess E., Balzer W., Hesse K.-F. et al.* Calcium carbonate hexahydrate from organic rich sediments of the Antarctic shelf: precursors of glendonites // *Science*. 1982. V. 216(4550). P. 1128–1131.

2. *Greinert J., Derkachev A.* Glendonites and methane-derived Mg-calcites in the Sea of Okhotsk, Eastern Siberia: implications of a venting-related ikaite/glendonite formation // *Mar. Geol.* 2004. V. 204(1–2). P. 129–144.

3. *Соколов Д.* О Беломорском ископаемом // *Горный журнал*. Санкт-Петербург. 1825. С. 117–120.

4. *Dana J. D.* United States Exploring Expedition. During the years 1838, 1839, 1840, 1841, 1842. Under the command of Charles Wilkes. 1849.

5. *David T.W.E., Taylor T.G., Woolnough W.G., Foxall H.G.* Occurrence of the pseudomorph glendonites in New South Wales // *Records of the Geological Survey of New South Wales*. 1905. V. 8. P. 162–179.

6. *Pauly H.* «Ikaite», a New Mineral from Greenland // *Arctic*. 1963. V. 16(4). P. 263–264.

7. *Каплан М.Е.* Кальцитовые псевдоморфозы (псевдогейлюсситы, яровиты, тинолиты, глендониты, геннойши, беломорские рогульки) в осадочных породах. Обзор основных месторождений. Л.: Мин-во геологии СССР, Всес. нефтяной науч.-иссл. геологоразведочный ин-тут, 1978. С. 2–39.

8. *Каплан М.Е.* Кальцитовые псевдоморфозы (псевдогейлюссит, яровит, тинолит, глендонит, геннойши, беломорские рогульки) в осадочных породах. Происхождение псевдоморфоз // *Литология и полез. ископаемые*. 1979. № 5. С. 125–141.

9. *Крылов А.А., Логвина Е.А., Матвеева Т.В. и др.* Икаит ($\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) в донных отложениях моря Лаптевых и роль анаэробного окисления метана в процессе его формирования // *Записки РМО*. 2015. № 4. С. 61–75.

10. *Schultz B.P., Huggett J.M., Kennedy G.L. et al.* Petrography and geochemical analysis of Arctic ikaite pseudomorphs from Utqiagvik (Barrow), Alaska // *Norwegian Journal of Geology*. 2022. 103. 202303.

11. *Rogov M., Ershova V., Gaina C. et al.* Glendonites throughout the Phanerozoic // *Earth Sci. Rev.* 2023. 241. 104430.

12. *Frank T.D., Thomas S.G., Fielding C.R.* On using carbon and oxygen isotope data from glendonites as paleoenvironmental proxies: a case study from the Permian system of Eastern Australia // *J. Sediment. Res.* 2008. V. 78. P. 713–723.

13. Wang Z., Chen C., Wang J. et al. Wide but not ubiquitous distribution of glendonite in the Doushantuo Formation, South China: implications for Ediacaran climate // *Precambrian Res.* 2020. V. 338. 105586.

14. Vasileva K., Zaretskaya N., Ershova V. et al. New model for seasonal ikaite precipitation: Evidence from White Sea glendonites // *Mar. Geol.* 2022. V. 449. 106820.

Е.В. Ветров¹

Анализ результатов U-Pb датирования циркона из разновозрастных терригенных толщ при реконструкции этапов роста земной коры

Восстановление этапов развития земной коры является одной из важнейших задач современной фундаментальной геологии. С ростом и преобразованием континентальной коры связаны процессы рудообразования, поэтому реконструкция эволюции коры во времени необходима для понимания происхождения и размещения твердых полезных ископаемых. Как было сформулировано ранее [1], рост континентальной коры происходит как в горизонтальном (за счет амальгамации крупных блоков), так и в вертикальном направлении (за счет поступления мантийного вещества). При этом относительный вклад каждого из этих механизмов до сих пор активно обсуждается. Современные представления об этапах развития земной коры опираются, главным образом, на результаты исследования магматических комплексов, в первую очередь, гранитоидов [2]. Однако, многие магматические комплексы частично или полностью эродированы и погребены в смежных осадочных бассейнах. В таком случае, осадочные последовательности могут сохранить уникальную геологическую информацию об эволюции земной коры. Один из способов извлечь эту информацию – анализ U-Pb системы акцессорных минералов (например, циркона).

Идеальным природным полигоном для изучения эволюции континентальной коры являются орогенные пояса (например, Кордильерский, Кадомийский и Центрально-Азиатский), включающие в своем строении микроконтиненты и террейны, сформированные в различных геодина-

¹ Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия