Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. VI Всероссийское совещание: научные материалы / В.А.Захаров (отв. ред.), М.А.Рогов, А.П. Ипполитов (редколлегия). Махачкала: АЛЕФ, 2015. 344 с.

Глендониты в юрских отложениях Северного полушария

Рогов М.А.

Геологический институт РАН, Москва, Россия; russianjurassic@gmail.com

Введение. Глендониты (псевдоморфозы кальцита по метастабильному минералу икаиту ($CaCO_3x6H_2O$)) широко распространены в юрских отложениях Северного Полушария, где они приурочены к определённым стратиграфическим интервалам. В настоящее время икаит образуется в очень широком диапазоне условий, встречаясь в морских бассейнах от литорали до глубин в 4 км и более (Гептнер и др., 2014; Jansen et al., 1997), в озёрах (Bischoff et al., 1993; Last et al., 2013), солёных источниках (Ito, 1996) и пещерах (Žák et al., 2012; Базарова и др., 2014; Чайковский, Кадебская, 2014). Недавно кристаллы икаита были обнаружены в морских льдах Арктики и Антарктики (Rysgaard et al., 2012). Хотя, судя по очень неравномерному распределению икаита в осадочных бассейнах, его образование контролируется многими факторами, единственным несомненным признаком, объединяющим все рассмотренные выше примеры, являются низкие (около 0ºС) температуры, что хорошо согласуется с экспериментальными данными, согласно которым при повышении температуры до 4ºС икаит переходит в кальцит и воду (Selleck et al., 2007). При этом другие показатели, которые некоторыми авторами рассматриваются как оказывающими существенное влияние на осаждение икаита (pH, солёность, концентрация ОВ, метана или PO_4) или могут быть подтверждены только для небольшого числа случаев нахождения икаита, или опровергаются результатами экспериментов (Hu et al., 2015). В домеловых отложениях глендониты встречаются только в мелководно-морских осадках, и их присутствие может рассматриваться в качестве показателя существования, по крайней мере, сезонных низких температур придонных вод. Глендониты приурочены к терригенным породам (от аргиллитов до песчаников), часто они ассоциируются с другими карбонатными конкрециями, встречаясь в центральных частях конкреций или в раннедиагенетических карбонатных прослоях.

За исключением работ М.Е. Каплана (1978, 1979) находки глендонитов в юре Северного полушария стали фиксироваться лишь в последнее время. В то же время своеобразная морфология этих образований (крупные звёздчатые сростки или псевдоморфозы по одиночным кристаллам от медово-жёлтого до почти чёрного цвета) издавна привлекала к себе внимание исследователей и подобные находки, как правило, отмечались в публикациях, хотя и под другими названиями. В многочисленных работах 30х-90х годов, посвящённых в первую очередь вопросам региональной геологии Арктики, в юрских отложениях фиксировались находки «антраконитов», «звёздчатых конкреций», «звёздчатых антраконитовых конкреций», «бипирамид» и т.д. В большинстве случаев, по всей видимости, речь могла идти именно о глендонитах, т.к. особенности распространения этих конкреций в целом хорошо согласуются с другими палеоклиматическими данными (см. Rogov, Zakharov, 2010). Однако, следует иметь в виду, что в терригенных отложениях морского генезиса могут встречаться другие конкреции аналогичной формы, но совершенно иного генезиса, которые также могут быть названы «звёздчатыми конкрециями» или «антраконитами». Во-первых, это могут быть образования, близкие к «антраконитовым конкрециям», широко распространённых в диктионемовых сланцах верхнего кембрия и нижнего ордовика Балтоскандии от Швеции до Ленинградской области (Buchardt, Nielsen, 1985; Тугарова, Платонов, 2014; **рис. 1a**). Эти раннедиагенетические конкреции, в отличие от глендонитов, не являются псевдоморфозами, а состоят из радиально-лучистых сростков кристаллов кальцита. При этом, несмотря на то, что Балтоскандия в рассматриваемое время находилась в достаточно высоких широтах Южного полушария, интервал стратиграфического распространения этих конкреций приходится на одну из самых тёплых в фанерозое эпох (Trotter et al., 2008). Во-вторых, такую же форму могут иметь сростки кристаллов вторичного гипса, образующегося по конкрециям пирита (**рис. 1b**). Они хорошо отличаются от глендонитов (**рис. 1c**), но в случае последующего растворения гипса или его замещения также могут быть приняты за следы присутствия глендонитов или названы «звёздчатыми конкрециями». Близкую форму имеют также конкреции барита (Атлас…, 1988, табл. 91, фиг. 5-7).

Рис. 1. Глендониты и другие морфологически сходные с ними образования. a - антраконитовая конкреция. Нижнего ордовик р. Сясь (Ленинградская обл.); b - вторичный гипс, образовавшийся в керне после разложения пирита. Келловей, Рязанская обл. (скв. 27, пробуренная близ пгт. Милославское); c - глендониты в разрезе верхнего байоса м. Кыстатым (Жиганский улус, Якутия).

Приводимый ниже обзор основан как на результатах собственных наблюдений, так и на анализе многочисленных литературных данных. Несмотря на отмеченные выше возможные ошибки отождествления «антраконитовых» и/или «звёздчатых» конкреций с глендонитами, по умолчанию принимается, что упоминаемые таким образом находки из юры Арктики, скорее всего, должны относиться к глендонитами

Стратиграфическое распространение глендонитов

Нижняя юра

В большей части нижней юры находки глендонитов неизвестны. Достоверное присутствие глендонитов устанавливается только в верхнем плинсбахе (в тех случаях, когда находки удаётся точно датировать – в верхней зоне верхнего плинсбаха), и только на Северо-Востоке России (Тучков, 1962) не исключено их присутствие и в нижнем плинсбахе (**рис. 2**). Глендониты широко распространены в бассейне рек Лена (от приблизительно широты Якутска на юге до р. Булкур на севере), Алдан и Вилюй, где они, будучи представлены преимущественно одиночными «бипирамидами», являются региональным стратиграфическим маркером (Кирина, 1966). Западнее данного региона находки верхнеплинсбахских глендонитов известны из Анабарской губы. На Северо-Востоке России глендониты данного возраста известны на р. Вилиге в районе истоков рек Армани, Олы и Малтана. Находки глендонитов отмечаются также в верхнем плинсбахе Аляски (устн. сообщ. Б.Н. Шурыгина, 2010). Недавно верхнеплинсбахские глендониты были описаны также из Северной Германии (Teichert, Luppold, 2013).

Средняя юра

Среднеюрские глендониты распространены в Арктике наиболее широко (**рис. 2**). Древнейшие глендониты появляются в аалене, максимального распространения, численности и разнообразия они достигают в байосе - начале бата, а затем вплоть до конца келловея их находки становятся всё более редкими. В это время они появляются на шельфе Баренцева моря («аален-нижний бат», Ткаченко, 2015), в Западной Сибири (бат (собств. данные), келловей - Злобина, 2007; также неопубл. данные В.А. Захарова), становятся широко распространёнными в примыкающей к Западной Сибири юго-западной части Енисей-Хатангского прогиба (Байбародских и др., 1968), на Таймыре и р. Анабар (Каплан, 1978). В средней юре глендониты продолжали встречаться в районе Анабарской губы, а бассейне р. Лены и на Северо-Востоке России они известны в основном в тех же районах, где отмечались плинсбахские находки (Тучков, 1962; Паракецов, Паракецова, 1989). Наиболее насыщены глен-

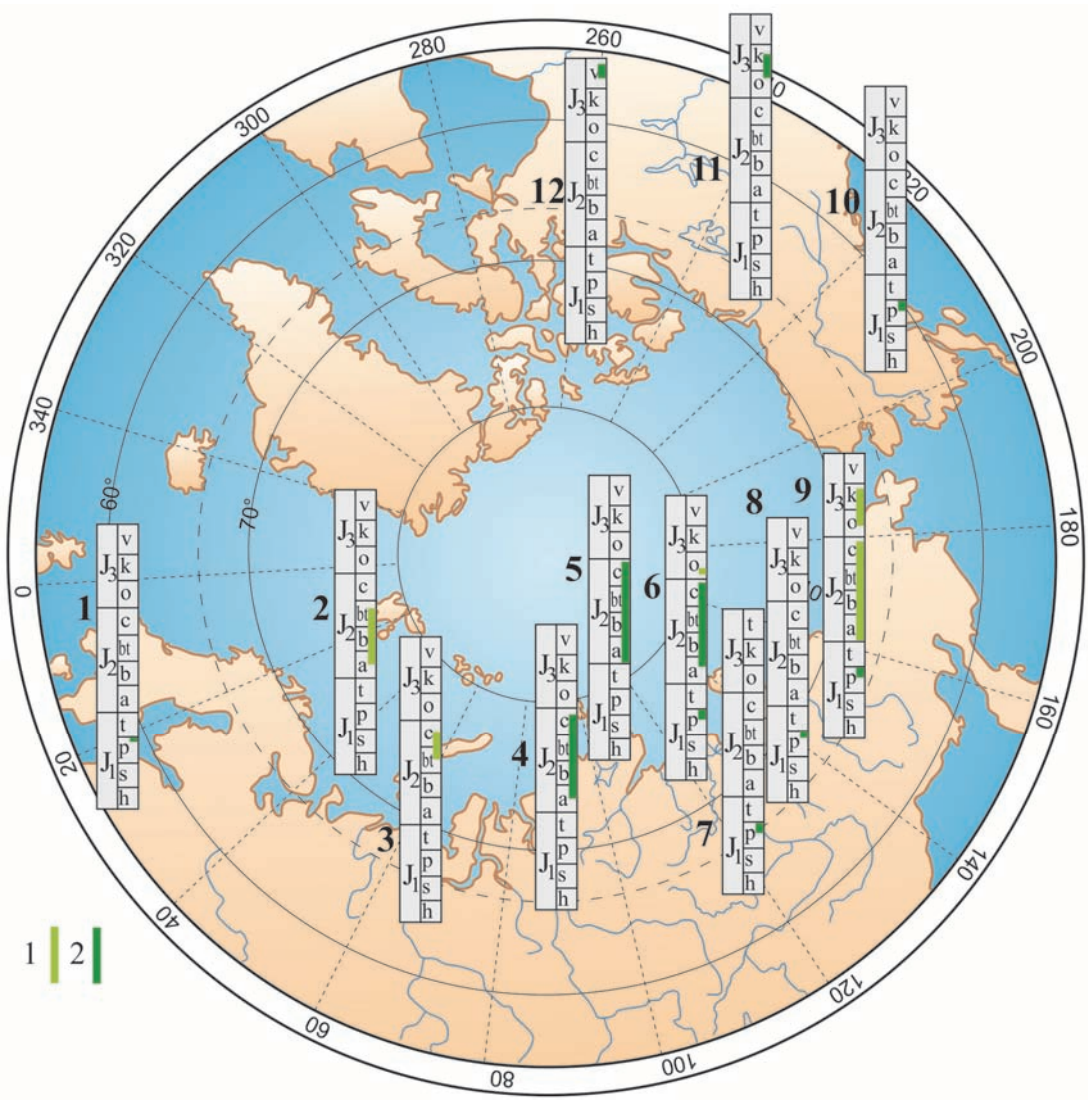

Рис. 2. Стратиграфическое и географическое распределение глендонтов в юрских отложениях Северного Полушария. Уровни находок глендонитов показаны линиями: 1 – предположительный интервал и 2 – достоверный интервал распространения. Цифрами обозначены районы находок глендонитов: 1 – Северная Германия, 2 – шельф Баренцева моря, 3 – Западная Сибирь (за исключением самых восточных районов), 4 – западная часть Енисей-Хатангского прогиба и прилегающие районы Западной Сибири, 5 – Таймыр, 6 – бухта Нордвик, Анабарская губа, Анабарский залив, 7 – басс. Р. Вилюй, 8 – нижнее и среднее течение р. Лена, 9 – Северо-Восток России, 10 – Аляска, 11 – Северный Юкон, 12 – о-в Принс-Патрик.

донитами разрезы средней юры Анабарской губы и Анабарского залива, где разнообразные по размеру и форме конкреции встречаются в большом количестве практически по всему интервалу от нижнего (?) байоса до нижнего келловея. В других районах глендониты приурочены к отдельным узким интервалам (нередко – один-два слоя или несколько пачек).

Верхняя юра

В верхней юре Арктики глендониты встречаются существенно реже, чем в нижней-средней юре (**рис. 2**). На территории нашей страны их находки упоминались только с Северо-Востока России (Паракецов, Паракецова, 1989), но возраст данных глендонитов не совсем ясен, поскольку находки окаменелостей в содержащих глендониты разрезах сравнительно редки и почти не изображались. Скорее всего, эти находки приурочены к верхнему оксфорду и кимериджу. Такой же возраст (верхний оксфорд-нижний кимеридж) имеют «звёздчатые конкреции» из сланцев Северного Юкона (Poulton, 1982), а на о-ве Принс-Патрик (Арктическая Канада) подобные конкреции встречены совместно с *Buchia fischeriana* и, по всей видимости, имеют уже волжский возраст (Poulton, 1994). Совсем недавно (Нехаев и др., 2015) глендониты были обнаружены

также в нижнеоксфордских отложениях м. Юрюнг-Тумус, хотя, учитывая, что в этом обнажении «аммониты фактически собраны на пляже, редко in situ» (Меледина и др., 2015), не исключено, что возраст этих глендонитов может быть и более древним.

Неравномерность стратиграфического распространения юрских глендонитов позволяет использовать их для определения и возраста отложений и корреляции разрезов, особенно с учётом того, что охарактеризованные гледонитами породы, как правило, бедны окаменелостями. Наиболее яркий корреляционный уровень – верхний плинсбах, поскольку это единственный в нижней юре охарактеризованный глендонитами интервал, и находки глендонитов в плинсбахе уже давно используются для сопоставления разрезов и уточнения возраста отложений (Кирина, 1966). В средней юре глендониты встречаются практически по всему отделу, и их присутствие в тех или иных слоях или пачках скорее позволяет сопоставлять лишь сравнительно близко расположенные разрезы. Верхнеюрские глендониты пока наименее изучены, и для стратиграфических целей использованы быть не могут. Неравномерное географическое распределение глендонитов (Rogov, Zakharov, 2010) и различия в морфологии псевдоморфоз из одновозрастных разнофациальных отложений также осложняют использование этих образований для стратиграфических целей.

В целом данные о распределении гледонитов хорошо согласуются с существующими представлениями об изменении климата в юре Северного полушария. Сведений об изотопном составе кислорода в раковинах юрских моллюсков Арктики пока имеется немного, но другие показатели сравнительно холодного палеоклимата (низкое таксономическое разнообразие при полном отсутствии тетических таксонов, наличие в осадках дропстоунов, данные о составе наземной флоры, включая содержание пыльцы *Classopolis* и т.д.) позволяют рассматривать интервалы распространения глендонитов в качестве сравнительно холодных эпизодов. Распределение глендонитов в нижне-среднеюрских отложениях Арктики также хорошо согласуется с колебаниями температуры в бассейнах Европы, полученными на основании изучения изотопного состава кислорода раковин моллюсков (Dera et al., 2011), но фиксирующиеся на рубеже средней и поздней юры и в самом конце юры в этом регионе эпизоды похолодания, по всей видимости, связаны с воздействием локальных факторов, и в Арктике в это время наблюдается потепление.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 13-05-00943, 15-05-03149 и Программы фундаментальных исследований РАН «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации».

Литература

Атлас конкреций // Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. Т.340. 323 с.

Базарова Е.П., Кононов А.М., Гутарева О.С. и др. Особенности криогенных минеральных образований пещеры Охотничья в Прибайкалье (Иркутская область) // Криосфера Земли. 2014. Т. XVIII. № 3. С. 67-76.

Байбародских Н.И., Бро Е.Г., Гудкова С.А. и др. Расчленение юрских и меловых отложений в разрезах скважин, пробуренных в Усть-Енисейской синеклизе в 1962-1967 гг. // Учёные записки НИИГА, сер. регион. геол. 1968. Вып. 12. С.5-24.

Злобина О.Н. Отложения верхней юры Енисей-Хатангского прогиба // в: Захаров В.А. (отв. ред.) Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Второе Всероссийское совещание. Научные материалы. Ярославль: Изд-во ЯГПУ. С.81-82.

Гептнер А.Р., Ветошкина О.С., Петрова В.В. Новые данные о составе стабильных изотопов глендонитов Белого моря и их генезис // Литология и полезные ископаемые. 2014. № 6. С.506-524.

Каплан М.Е. Кальцитовые псевдоморфозы в юрских и нижнемеловых отложениях Восточной Сибири // Геология и геофизика. 1978. №12. С.62-70.

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

Кирина Т.И. Стратиграфия нижнеюрских отложений западной части Вилюйской синеклизы // Труды ВНИГРИ. 1966. Вып. 249. С. 18-71.

Нехаев А.Ю., Маринов В. А, Алифиров А.С. и др. Новый разрез средней и верхней юры западного берега полуострова Юрюнг-Тумус // в: Захаров В.А. (отв. ред.) Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Шестое Всероссийское совещание. Научные материалы. Махачкала (наст. сборник)

Меледина С.В., Князев В.Г., Маринов В.А. и др. Новое в аммонитовой стратиграфии юры полуострова Юрюнг-Тумус // в: Захаров В.А. (отв. ред.) Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Шестое Всероссийское совещание. Научные материалы. Махачкала (наст. сборник)

Паракецов К.В., Паракецова Г.В. Стратиграфия и фауна верхнеюрских и нижнемеловых отложений Северо-Востока СССР. М: Недра, 1989. 298 с.

Ткаченко М.А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности юрского комплекса центральной части Восточно-Баренцевского мегапрогиба. Дисс. канд. геол-мин. наук. М.: ВНИГНИ, 2015. 159 с.

Тугарова М.А., Платонов М.В. Карбонатные микробиолиты в аргиллитах копорской свиты северо-западного крыла Московской синеклизы // Литосфера. 2014. №4. С.36-49.

Тучков И.И. Стратиграфия верхнетриасовых, юрских и нижнемеловых отложений и перспективы нефтегазоносности Северо-Востока СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 186 с.

Чайковский И.И., Кадебская О.И. Минеральные образования пещеры Еранка на Северном Урале // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. 2014. № 17. С. 92-107.

Bischoff J.L., Stine S., Rosenbauer R.J., et al. Ikaite precipitation by mixing of shoreline springs and lake water, Mono Lake, California, USA // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1993. V.57. P.3855–3865.

Buchardt B., Nielsen A.T. Carbon and oxygen isotope composition of Cambro-Silurian limestone and anthraconite from Bornholm: evidence for deep burial diagenesis // Bull. Geol. Soc. Denmark. 1985. V.33. P.415-435.

Dera G., Brigaud B., Monna F. et al. Climatic ups and downs in a disturbed Jurassic world // Geology. 2011. V.39. P. 215-218.

Hu Y. B., Wolthers M., Wolf-Gladrow D.A. et al. Effect of pH and phosphate on calcium carbonate polymorphs precipitated at near-freezing temperature // Crystal Growth & Design. 2015. V.15. P.1596-1601.

Ito T. Ikaite from cold spring water at Shiowakka, Hokkaido, Japan // J. Min. Petr. Econ. Geol. 1996. V.91. P.209-219.

Jansen J.H.F., Woensdregt C.F., Kooistra M.J. et al. (1987) Ikaite pseudomorphs in the Zaire deep-sea fan: an intermediate between calcite and porous calcite // Geology. V.15. P.245-248.

Last F.M., Last W.M., Fayek M., et al. Occurrence and significance of a cold-water carbonate pseudomorph in microbialites from a saline lake // J. Paleolimnol. 2013. V.50. P.505–517.

Poulton T.P. Paleogeographic and Tectonic Implications of the Lower and Middle Jurassic Facies Patterns in Northern Yukon Territory and Adjacent Northwest Territories // Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir. 1982. no.8. P.13-27.

Poulton T.P. Jurassic stratigraphy and fossil occurrences - Melville, Prince Patrick, and Borden Islands // Geological Survey of Canada Bulletin. 1994. V.450. P.161-193.

Rogov M.A., Zakharov V.A. Jurassic and Lower Cretaceous glendonite occurrences and their implication for Arctic paleoclimate reconstructions and stratigraphy // Earth Science Frontiers. 2010. V.17, Special Issue. P.345-347.

Rysgaard S., Glud R.N., Lennert K. et al. Ikaite crystals in melting sea ice - implications for pCO_2 and pH levels in Arctic surface waters // Cryosphere. 2012. V.6. P.901–908.

Selleck B.W., Carr P.F., Jones B.G. A review and synthesis of glendonites (pseudomorphs after ikaite) with new data: assessing applicability as recorders of ancient coldwater conditions // Journal of Sedimentology Research. 2007. V.77. P.980-991.

Teichert B.M.A., Luppold F.W. Glendonites from an Early Jurassic methane seep - climate or methane indicators? // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2013. V.390. P.81-93.

Trotter J. A., Williams I. S., Barnes C.R. et al. Did cooling oceans trigger Ordovician biodiversification? Evidence from conodont thermometry // Science. 2008. V.321. P.550-554.

Žák K., Richter D.K., Filippi M. et al. Coarsely crystalline cryogenic cave carbonate – a new archive to estimate the Last Glacial minimum permafrost depth in Central Europe // Climate of the Past. 2012. V.8. P. 1821-1837.

Glendonites in the Jurassic deposits of Northern Hemisphere

Rogov M.A.

Geological Institute of RAS, Moscow, Russia; russianjurassic@gmail.com

Glendonite distribution in the Jurassic of the Northern Hemisphere is reviewed. Such concretions were generally mentioned in references as “anthraconite concretions”, “stellate concretions”, “bipyramides”, and only in some cases were originally referred to glendonites. Lower Jurassic glendonites are known from the Pliensbachian only, and they are mainly restricted to uppermost Pliensbachian. Middle Jurassic glendonites are most diverse and numerous, their records are known from all Middle Jurassic stages but especially typical for the Bajocian and Lower Bathonian. Upper Jurassic glendonite records are poorly dated and insufficiently studied, and their distribution is restricted to North-East Russia, Arctic Canada and Northern Yukon. Position of the glendonite-bearing levels is well-corresponding with cooling events, recognized by low taxonomic richness, presence of dropstones, oxygen stable isotope values of the molluscan shells and other proxies. However, mosaic glendonite spatial distribution complicates their usage for stratigraphical purposes and suggesting influence of additional factors except near-freezing temperature on ikaite / glendonite precipitation.