



Био- и хемотратиграфические критерии бореально-тетической корреляции байоса–бата

Дзюба О.С., Шурыгин Б.Н.

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия; e-mail: dzyubaos@ipgg.sbras.ru; shuryginbn@ipgg.sbras.ru

Проблематичность бореально-тетической корреляции байоса–бата на основе использования только одного из стратиграфических методов широко известна. По результатам исследования карбонатного материала ростров белемнитов п-ова Юрюнг-Тумус и низовьев р. Лена близ пос. Чекуровка недавно была впервые получена комплексная С-, О- и Sr-изотопная характеристика большей части байоса и нижнего бата севера Сибири (Дзюба и др., в печати). В связи с редкой встречаемостью белемнитов в сибирских разрезах, а также постседиментационным преобразованием большинства изученных батских ростров дополнительно в той же работе приведена хемотратиграфическая характеристика нижнего бата в разрезе Сокур (Центральная Россия), которая включила как ранее полученные $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ данные (Дзюба и др., 2017), так и новые $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ данные. Тем самым появилась новая информация для выводов о взаимосвязи между изменениями $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, эвстатики, климата, тектоническими и палеогеографическими событиями. Здесь мы остановимся на анализе значения полученных результатов для решения стратиграфических задач.

Биостратиграфические критерии корреляции. Для байосского и батского ярусов международный зональный стандарт разработан на разрезах Северо-Западной Европы, охарактеризованных представителями тетических групп морской биоты, что с учетом сильно возросшего провинциализма биоты с наступлением средней юры существенно ограничивает возможности применения палеонтологического метода для корреляции бореальных разрезов со стандартом. Тем не менее, проведенный анализ имеющихся в литературе данных позволяет установить пять интервалов, в пределах которых с большей или меньшей степенью уверенности к насто-

ящему времени возможна непрямая (опосредованная через экотонные разрезы с остатками смешанной бореальной и тетической биоты) корреляция бореальных биостратиграфических зон с первичным международным стандартом байоса–бата: 1) интервал аммонитовых зон (а-зон) *Pseudolioceras fastigatum* и *Arkelloceras tozeri* в нижней части байоса; 2) большая часть зоны *Retroceramus porrectus* по двустворкам (b-зоны) в пограничном интервале нижнего и верхнего байоса и как следствие – большая часть а-зоны *Boreiocephalites borealis*, равной по объему b-зоне *R. porrectus*; 3) верхнебайосская а-подзона *Oxycerites jugatus*; 4) интервал а-зоны *Arctoccephalites greenlandicus* – нижней части а-зоны *Arcticoceras ishmae* в подошве бата; 5) а-зона *Cadoceras apertum* в кровле бата.

Суммарное соответствие бореальных а-зон *Pseudolioceras fastigatum* и *Arkelloceras tozeri* интервалу хронозон *Discites–Propinquans* определяется по данным из южной Аляски и западной Канады, где оба вида-индекса известны в совместном нахождении с пантетическими таксонами аммонитов (Westermann, 1992; и др.). Важнейшим репером межрегиональной корреляции сибирских, дальневосточных и североамериканских разрезов является также b-зона *Retroceramus lucifer*, поскольку находки вида-индекса в этих разрезах маркируют верхнюю часть а-зоны *A. tozeri* (Friebold, 1964; Сей и др., 2004; Шурыгин, 2005).

Благодаря проведенным недавно исследованиям ретроцермов южной Аляски (Blodgett et al., 2015; Шурыгин и др., 2020), обоснован возраст большей части b-зоны *Retroceramus porrectus*, которая в сибирской шкале полностью соответствует а-зоне *Boreiocephalites borealis*. В местонахождении Fossil Point южной Аляски намечены b-слой с *R. porrectus* и *R. tongusensis* (Дзюба и др., 2021), отвечаю-

щие региональной а-подзоне *Zemistephanus richardsoni*, которая по сопутствующему комплексу аммонитов сопоставляется с подзоной *Romani* (или с ее верхней частью), залегающей в основании хронозоны *Humphriesianum* нижнего байоса (Westermann, 1992; и др.). В районе Боулдер-Крик гор Талкитна установлены слои с *R. tongusensis* и *R. electus* — возрастной аналог верхней части сибирской b-зоны *R. rogerectus* (Шурыгин и др., 2020). В региональной аммонитовой шкале южной Аляски эти слои соответствуют а-зоне *Megasphaeroceras rotundum* — нижней части а-зоны «*Cranoccephalites*» *costidensus*. При этом для а-зоны *M. rotundum* характерны аммониты *Leptosphinctes*, *Spiroceras*, *Sphaeroceras* s. str. и поздние *Stephanoceratinae*, которые являются индикаторами хронозоны *Niortense* верхнего байоса (Callomon, 1984; Westermann, 1992; и др.). Бореально-тетический маркер установлен и по белемнитам после того, как ранее известный в а-зоне *Stephanoceras humphriesianum* Болгарии вид *Paramegateuthis subishmensis* был обнаружен на севере Сибири (de Lagausie, Dzyuba, 2017). В свете новых данных, полученных по ретроцерамам, можно утверждать, что корреляционным маркером является первое появление этого вида в разрезах (в случае бореальных разрезов — это основание bl-зоны *P. subishmensis*, приходящееся на а-зону *V. borealis*).

Сибирские представители космополитного рода аммонитов *Oxycerites*, близкие широко распространенному и важному для биостратиграфии виду *O. aspidoides*, известны на севере Сибири, включая *O. cf. aspidoides* и *O. ex gr. aspidoides* в совместном нахождении с *O. jugatus*, являющимся индексом одноименной сибирской подзоны (Меледина, 1994). Согласно последним данным (Dietze, Dietl, 2006), фаунистический горизонт *O. aspidoides* в типовом для вида-индекса местонахождении на территории юго-западной Германии приурочен к подзоне *Vomfordi* (верхней подзоне в последовательности *Subarietis* («*Acris*») — *Truellei* — *Vomfordi*) хронозоны *Parkinsoni* верхнего байоса, однако первые *Oxycerites*, включая *O. aspidoides*, появляются в подзоне *Truellei* той же хронозоны. Учитывая совместные находки *O. cf. aspidoides* и *Strigoceras septecarinatum* в районе Боулдер-Крик гор Талкитна южной Аляски (Schweigert et al., 2007), соотношение в том же местонахождении аммонитовых и ретроцерамовых биостратонов (Шурыгин и др., 2020), а также анализ наиболее вероятного времени проникновения *Oxycerites* в моря восточной Пацифики и Арктического бассейна, предположено приблизительное соответствие подошвы а-подзоны *O. jugatus* границе подзон

Subarietis и *Truellei* (Дзюба и др., в печати).

Соответствие суббореальной а-зоны *Oraniceras besnosovi* (возрастной аналог бореальной а-зоны *Arctocephalites greenlandicus*) и нижней части бореальной а-зоны *Arcticoceras ishmae* хронозоне *Zigzag* определено по данным из Центральной России, где в окрестностях Саратова в разрезе Сокур обнаружен интервал перекрытия в распространении перитетических *Oraniceras* и бореальных *Arcticoceras* (Митта, Сельцер, 2002) и проведено комплексное магнито- и хемотратиграфическое исследование этого разреза (Дзюба и др., 2017). Аммонитов рода *Oraniceras* здесь сопровождают также бореальные ретроцерамы, белемниты и фораминиферы (Mitta et al., 2014).

Возраст бореальной а-зоны *Cadoceras arertum* определен по находкам общих видов аммонитов из рода *Keplerites* как в составе бореальных аммонитовых комплексов (разрезы Восточной Гренландии и Среднего Поволжья), так и в составе смешанных бореально-тетических аммонитовых комплексов (разрезы Германии и отчасти Франции и Северного Кавказа) (Митта, 2008; Mönnig, Dietl, 2017). Доказано соответствие а-зоны *S. arertum* верхней части хронозоны *Orbis* хронозоне *Discus* (Mönnig, Dietl, 2017). Однако в сибирских разрезах какие-либо признаки а-зоны *S. arertum* или ее стратиграфического аналога отсутствуют (Шамонин и др., 2023).

Хемотратиграфические критерии корреляции. Сравнительно высокие значения $\delta^{13}\text{C}$, полученные для а-зоны *Voreiocephalites borealis* (Дзюба и др., в печати), укладываются в раннебайосский позитивный экскурс EBJE, соответствуя пику, который в западно-тетических районах приходится на хронозоны *Propinquans* — *Humphriesianum*. В хронозонах *Niortense* — *Garantiana* верхнего байоса значения $\delta^{13}\text{C}$ существенно снижаются. Единичное определение $\delta^{13}\text{C}$ из средней части а-зоны *Cranoccephalites gracilis* разреза Юрюнг-Тумус, регистрирующее значительное уменьшение изотопно-тяжелого углерода по сравнению с данными по а-зоне *V. borealis* в том же разрезе (негативный $\delta^{13}\text{C}$ сдвиг в среднем на 2‰), явно соответствует позднебайосскому тренду. Этому тренду не противоречат и многочисленные $\delta^{13}\text{C}$ определения по Восточной Гренландии, обобщенные для а-зоны *Cranoccephalites rompceckji* (Vickers et al., 2022). Таким образом С-изотопные данные расходятся с выводом С.В. Мелединой (2014) о соответствии а-зоны *S. gracilis* верхней части хронозоны *Humphriesianum* нижнего байоса.

Рубежное байос-батское событие VjBaBE на севере Сибири характеризуется повышением значений $\delta^{13}\text{C}$ к а-зоне *Arctocephalites arcticus* по сравнению с а-зоной *S. gracilis* и последующим достижением максимальных значений в низах а-зоны *Arcticoceras ishmae* (позитивный $\delta^{13}\text{C}$ сдвиг в среднем на 1,4‰). На $\delta^{13}\text{C}$ вариационной кривой, полученной по нижнебатским белемнитам в суббореальном разрезе Сокур в Центральной России (Дзюба и др., 2017), наблюдается увеличение значений $\delta^{13}\text{C}$ от а-зоны *Oraniceras besnosovi* к нижней части а-зоны *Arg. ishmae* с последующим снижением значений в верхней ее части. При этом наиболее резкие вариации $\delta^{13}\text{C}$ отмечались для нижней части а-зоны *Arg. ishmae*, что согласуется с данными и по Восточной Гренландии (Vickers et al., 2022). В целом описанная тенденция соответствует росту $\delta^{13}\text{C}$, наблюдаемому в тетическом домене с конца позднего байоса и особенно в начале бата с последующей сменой тренда в конце хронозоны Zigzag на снижение значений $\delta^{13}\text{C}$.

Новые $\delta^{18}\text{O}$ данные по большей мере имеют палеогеографическое приложение, хотя на отдельных временных отрезках установленные величины $\delta^{18}\text{O}$ сигналов, как представляется, являются отражением масштабных (глобальных в конце раннего байоса и полирегиональных в конце байоса–начале бата) событий (Дзюба и др., в печати). Тем не менее, мы не видим необходимости их обсуждать в контексте детальной хемотратиграфии.

Полученные данные по изотопному составу Sr в белемнитах из а-зон *Boreiocephalites borealis* и *Cranoccephalites gracilis* севера Сибири приходится на хронозону *Humphriesianum* нижнего байоса и хронозону *Niortense/Garantiana* верхнего байоса соответственно (Дзюба и др., в печати), т.е. на интервал, по которому практически не было качественных определений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в мировой литературе. Установлено, что наиболее резко падение отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в океане было выражено в раннем байосе (величина падения 0,00021 за 1 млн лет), после чего темпы падения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ощутимо замедлились. Повышенные скорости падения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в хроны *Laeviuscula–Humphriesianum* хорошо согласуются с ускоренным спредингом и реорганизацией океанического дна в раннем байосе, связанным с распадом Пангеи и сопровождавшим открытие Центрального Атлантического океана, а также с высокоамплитудным глобальным подъемом уровня моря. Предполагается, что на рубеже раннего и позднего байоса

темпы океанической аккреции на некоторое время замедлились и значительно увеличились вновь в позднем бате, что находит отражение как в изменении темпов падения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, так и в эвстатических колебаниях. Снижение значений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ от 0,707061–0,707074 до 0,707027–0,707052, установленное по белемнитам Сибири и Центральной России в интервале а-зон *Arctocephalites arcticus–Arcticoceras ishmae* (Дзюба и др., в печати), совпадает с общим уменьшением этого отношения в океане в переходное байос-батское время.

В заключение отметим, что сибирский и сокурский материал оказался довольно благоприятным для изотопно-геохимических исследований: по результатам оценки сохранности карбонатного вещества в рострах (не имеющих видимых признаков постседиментационных изменений) с помощью комплекса оптических и геохимических методов пригодными оказались 67 и 100% образцов соответственно. Для сравнения, микроскопический анализ ростров белемнитов из южных разрезов нижней–средней юры России (Восточное Забайкалье, Дальний Восток, Северный Кавказ) показал, что сохранность 40–50% изученного материала неудовлетворительная (следы перекристаллизации, неясная слоистость, широкие зоны на срезах, охваченные люминесцентным свечением, что обычно маркирует зоны новообразованного карбоната с повышенным содержанием примеси Mn и Fe). При этом по результатам предварительного визуального анализа забайкальских и дальневосточных образцов лишь с единичными из них оставались связаны надежды на получение качественных изотопных характеристик. Исследование методом ИСП-МС карбонатных проб впоследствии показало несоответствие геохимическим критериям пригодности образцов из Забайкалья и Дальнего Востока России.

К настоящему времени удастся надежно сопоставить бореальные разрезы байоса–бата с северо-западно-европейским первичным стандартом. При использовании оговоренных биостратиграфических критериев бореально-тетической корреляции, хемотратиграфические данные, полученные по бореальным и суббореальным разрезам, в целом гармонично вписываются в тренды, выраженные на тетических изотопных вариационных кривых.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-17-00228, <https://rscf.ru/project/22-17-00228/>, на базе Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН.

Литература

- Дзюба О.С., Гужиков А.Ю., Маникин А.Г., Шурыгин Б.Н., Грищенко В.А., Косенко И.Н., Суринский А.М., Сельцер В.Б., Урман О.С. Магнито- и углеродно-изотопная стратиграфия нижнего–среднего бата разреза Сокурский тракт (Центральная Россия): значение для глобальной корреляции // Геология и геофизика. 2017. Т. 58. № 2. С. 250–272.
- Дзюба О.С., Шурыгин Б.Н., Митта В.В., Урман О.С., Шамонин Е.С. Межрегиональная корреляция байоса Сибири и Северо-Тихоокеанского побережья: ключевые маркеры по головоногим и двустворчатым моллюскам // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов: Материалы науч. онлайн-сессии, посвященной 110-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР Владимира Николаевича Сакса (19–22 апреля 2021 г.) [электронный ресурс]. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2021. С. 59–63.
- Дзюба О.С., Шурыгин Б.Н., Изох О.П., Кузнецов А.Б., Косенко И.Н. Изотопы С, О и Sr в рострах белемнитов из байоса–бата Арктической Сибири и их значение для глобальной корреляции и палеогеографических реконструкций // Геология и геофизика (в печати). DOI: [10.15372/GiG2023138](https://doi.org/10.15372/GiG2023138)
- Меледина С.В. Бореальная средняя юра России (аммониты и зональная стратиграфия байоса, бата и келловея). Новосибирск: Наука, 1994. 182 с.
- Меледина С.В. О корреляции зон байоса и бата Сибири в свете новых палеонтологических данных // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22. № 6. С. 45–56.
- Митта В.В. Род *Kepplerites* Neumaug et Uhlig (Kosmocerotidae, Ammonoidea) в пограничных отложениях бата и келловея (средняя юра) Русской платформы // Палеонт. журн. 2008. № 1. С. 7–14.
- Митта В.В., Сельцер В.Б. Первые находки *Argoscephalitinae* (Ammonoidea) в юре юго-востока Русской платформы и корреляция батского яруса со стандартной шкалой // Труды НИИ-Геологии СГУ, нов. сер. 2002. Т. 10. С. 12–36.
- Сей И.И., Окунева Т.М., Зонова Т.Д., Калачева Е.Д., Языкова Е.А. Атлас мезозойской морской фауны Дальнего Востока России. СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. 234 с.
- Шамонин Е.С., Князев В.Г., Дзюба О.С. Слои с *Catacadoceras barnstoni* и проблема разграничения среднего и верхнего подъярусов батского яруса на севере Сибири // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2023. Т. 31. № 4. С. 61–86.
- Шурыгин Б.Н. Биогеография, фауны и стратиграфия нижней и средней юры Сибири по двустворчатым моллюскам. Новосибирск: Гео, 2005. 154 с.
- Шурыгин Б.Н., Дзюба О.С., Шраер С.Д., Шраер Д.Дж. Моллюски средней юры проблематичного местонахождения фоссилий в районе Булдер-Крик гор Талкитна (южная Аляска) // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Материалы VIII Всерос. совещания с международным участием. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2020. С. 251–254.
- Blodgett R.B., Hulst C.P., Stromquist L., Santucci V.L., Tweet J.S. An inventory of Middle Jurassic fossils and their stratigraphic setting at Fossil Point, Tuxedni Bay, Lake Clark National Park & Preserve, Alaska // Natural Resource Report, NPS/LACL/NRR–2015/932. Colorado: National Park Service, Fort Collins, 2015. 26 p.
- Callomon J.H. A review of the biostratigraphy of the post-Lower Bajocian Jurassic ammonites of the western and northern North America // Geol. Assoc. Canada Spec. Paper 27. 1984. P. 143–174.
- de Lagausie B., Dzyuba O.S. Biostratigraphy of the Bajocian–Bathonian boundary interval in northern Siberia: new data on belemnites from the Yuryung-Tumus peninsula // Bull. Soc. Geol. Fr. 2017. V. 188. No 1–2. P. 1–9.
- Dietze V., Dietl G. Feinstratigraphie und Ammoniten-Faunen- horizonte im Ober-Bajocium und Bathonium des Ipf-Gebietes (Schwäbische Alb, Südwestdeutschland) // Stuttgarter Beitr. Naturk. Ser. B. 2006. No. 360. S. 1–51.
- Frebald H. Illustrations of Canadian Fossils. Jurassic of Western and Arctic Canada // Geol. Surv. Canada, Paper 63-4. 1964. P. 1–107.
- Mitta V., Kostyleva V., Dzyuba O., Glinskikh L., Shurygin B., Seltzer V., Ivanov A., Uрман O. Biostratigraphy and sedimentary settings of the Upper Bajocian–Lower Bathonian in the vicinity of Saratov (Central Russia) // N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 2014. V. 271. No 1. P. 95–121.
- Mönnig E., Dietl G. The systematics of the ammonite genus *Kepplerites* (upper Bathonian and basal Callovian, Middle Jurassic) and the proposed basal boundary stratotype (GSSP) of the Callovian Stage // N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 2017. V. 286. P. 235–287.
- Schweigert G., Dietze V., Chandler R.B., Mitta V. Revision of the Middle Jurassic dimorphic ammonite genera *Strigoceras/Cadomoceras* (Strigocerotidae) and related forms // Stuttgarter Beitr. Naturk. Ser. B. 2007. No. 373. S. 1–74.
- Vickers M.L., Hougerd I.W., Alsen P., Ullmann C.V., Jelby M.E., Bedington M., Korte C. Middle to Late Jurassic palaeoclimatic and palaeoceanographic trends in the Euro-Boreal region: Geochemical insights from East Greenland belemnites // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2022. V. 597. 111014.
- Westermann G.E.G. (Ed.). The Jurassic of the Circum-Pacific. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 676 p.

Bio- and chemostratigraphic criteria for the Boreal-Tethyan correlation of the Bajocian–Bathonian

Dzyuba O.S., Shurygin B.N.

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia; e-mail: dzyubaos@ipgg.sbras.ru;
shuryginbn@ipgg.sbras.ru

The information available in the literature on biostratigraphic criteria for the correlation of Boreal standard zonations (and Siberian in particular) of the Bajocian–Bathonian interval with the NW European primary international standard is summarized. The chemostratigraphic criteria for global correlations are also discussed.