

СТРАТИГРАФИЯ МЕЗОЗОЯ И КАЙНОЗОЯ

УДК 551.7.02:551.762.3:551.763.1(571.1/5)

ГРАНИЦА ЮРЫ И МЕЛА НА СЕВЕРЕ СИБИРИ И БОРЕАЛЬНО-ТЕТИЧЕСКАЯ
КОРРЕЛЯЦИЯ ПРИГРАНИЧНЫХ ТОЛЩ

Б.Н. Шурыгин^{1,2}, О.С. Дзюба¹

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

До сих пор на международном уровне не достигнут консенсус в вопросе определения GSSP берриаса — базального яруса меловой системы. Можно использовать любое из обсуждаемых международным сообществом событий в качестве маркера границы юры и мела (филогенетическую смену таксонов, палеомагнитную инверсию, изотопный экскурс). Вместе с тем решение проблемы опознавания этого уровня в бореальных разрезах возможно только на основе комбинирования данных палеонтологических и непалеонтологических методов стратиграфии (био-, хемо-, магнито- и пр.). При любом из обсуждаемых в качестве приемлемых маркеров границы юры и мела, эта граница в сибирских разрезах окажется внутри верхней части регионального баженовского горизонта. Наименьший интервал неопределенности положения границы в сибирских разрезах будет, если выбор остановить на одном из следующих двух маркеров: биостратиграфическом — подошва подзоны *Pseudosubplanites grandis* или магнито-стратиграфическом — подошва магнитозоны M18r.

Юра, мел, литостратиграфия, биостратиграфия, магнито-стратиграфия, хемотратиграфия, Сибирь.

THE JURASSIC/CRETACEOUS BOUNDARY IN NORTHERN SIBERIA
AND BOREAL-TETHYAN CORRELATION OF THE BOUNDARY BEDS

B.N. Shurygin and O.S. Dzyuba

There is no international consensus regarding the GSSP for the Berriasian, the basal stage of the Cretaceous System. Any of the events discussed by the international expert community can be regarded as a marker of the Jurassic/Cretaceous boundary: a phylogenetic change of taxa, paleomagnetic reversal, or isotopic excursion. However, the problem of identification of this level in Boreal sections can be solved only using a combination of data obtained by paleontological and nonpaleontological methods of stratigraphy (bio-, chemo-, magnetostratigraphy, etc.). With any of the accepted markers, the Jurassic/Cretaceous boundary in Siberian sections will be within the upper part of the regional Bazhenovo Horizon. The least interval of the uncertainty of the position of this boundary in Siberian sections will be ensured by the selection of one of two markers: biostratigraphic (base of the *Pseudosubplanites grandis* Subzone) or magnetostratigraphic (base of the M18r magnetozone).

Jurassic, Cretaceous, lithostratigraphy, biostratigraphy, magnetostratigraphy, chemostratigraphy, Siberia

ВВЕДЕНИЕ

В Арктике юрские и нижнемеловые отложения протягиваются сплошной полосой вдоль всего северного края Евразии, известны на севере Аляски и в прилегающей к ней акватории, на арктических территориях Канады, на востоке и севере Гренландии. На севере России они образуют крупнейшее в мире поле. Протяженность площади почти непрерывного развития этих толщ с запада на восток здесь превышает 5000 км [Сакс и др., 1980]. В пределах этой огромной территории юра и нижний мел представлены почти исключительно терригенными породами.

Юрская и меловая системы широко развиты в Евразии, Северной и Южной Америке, присутствуют в Африке, Австралии и Антарктиде и весьма богаты окаменелостями. Именно на юрских отложениях

ях В. Смитом (1799—1819 гг.) впервые применен биостратиграфический метод расчленения и корреляции осадочных пород. Построенная им в 1815 г. первая в мире крупномасштабная геологическая карта охватила на территории Англии, Уэльса и части Шотландии области распространения пород юрского и отчасти мелового возраста. Юрская и меловая системы известны с 20-х годов XIX века. Выделение отделов [Buch, 1839], ярусное расчленение [d'Orbigny, 1842—1851] и первая для фанерозоя зональная разбивка [Orpel, 1856—1858] выполнены на юрских разрезах Западной Европы. Таким образом, юру и мел можно рассматривать как модельные системы для разработки принципов биостратиграфии.

В связи с изложенным выше парадоксальной выглядит ситуация с границей этих двух модельных систем. Переход международного сообщества стратиграфов к практике определения стратотипов границ ярусов (GSSP) [Cowie, 1986; Remane et al., 1996] интенсифицировал работу в этом направлении в разных странах. Установлены стратотипы границ для всех систем фанерозоя [Cohen et al., 2013], а проблема определения нижней границы берриасского яруса, являющейся одновременно границей юрской и меловой систем, до сих пор не решена. В значительной мере это обусловлено сложностью межрегиональной биостратиграфической корреляции приграничных толщ юры и мела, вызванной существенной биогеографической дифференциацией биот бореальных и тетических палеобассейнов в конце юрского и начале мелового периодов. Требования к качеству разрезов — кандидатов для установления GSSP — и выбору их местоположения [Cowie, 1986] существенно ограничивают возможности использования в этой роли хорошо охарактеризованных разными группами фоссилий, но труднодоступных арктических разрезов приграничных толщ юры и мела. В настоящее время основное внимание международной рабочей группы по берриасскому ярусу сосредоточено на поиске разрезов — кандидатов на установление GSSP берриасского яруса (и меловой системы) на легкодоступных средиземноморских разрезах.

Тормозит решение вопроса определения GSSP берриасского яруса и непрекращающаяся дискуссия о выборе уровня и природы маркера границы, в качестве которого одними исследователями рассматриваются биостратиграфические реперы, фиксируемые по кальпионеллидам или по аммонитам, другими — магнитостратиграфические реперы. Так, в качестве основных (первичных) маркеров юрско-меловой границы рассматриваются основание зоны *Calpionella* (подзоны *C. alpina*), совпадающее со «вспышкой» мелкоразмерных шаровидных *C. alpina*, первое появление (FAD) нанофоссилий *Nannoconus steinmannii minor* и *N. kamptneri minor*, а также основание магнитозоны M18г. К вспомогательным поддерживающим маркерам, полезным при идентификации приграничного юрско-мелового интервала, наряду с некоторыми палеомагнитными реперами (основание M19n.1n и основание M19n.1r), реперами по известковым нанофоссилиям и палиноморфам отнесены также подошвы аммонитовых зон и подзон (*Berriasella jacobii*, *Subcraspedites lamplughi*, *Pseudosubplanites grandis*) [Wimbledon et al., 2011]. Последовательный сторонник ведущей роли аммонитов при зональном расчленении и корреляции юрских и меловых толщ В.А. Захаров, критикуя упомянутую выше приоритетность маркеров, отмечает, что «в детальной биохронологии мезозоя, в особенности юры и нижнего мела, нет альтернативы аммонитам по эффективности — точности и оперативности» [Захаров, 2011, с. 74]. «Очевидно, что аммоноидеи в настоящее время, как и в почти два предшествующих столетия, остаются самой надежной для хроностратиграфии мезозоя группой фоссилий, высокая эффективность результатов работы с которой на всех континентах Земли проверена и подтверждена десятками поколений» [Захаров, 2011, с. 73]. Наиболее широко обсуждаемыми аммонитовыми маркерами являются подошвы подзон *Berriasella jacobii* и *Pseudosubplanites grandis*, ограничивающие так называемый традиционный базально-берриасский интервал [Wimbledon et al., 2011], а также подошва зоны *Subthurmannia occitanica* [Remane, 1991; Zakharov et al., 1996; Hoedemacker et al., 2003]. Нами недавно приведен ряд аргументов в пользу выбора подошвы подзоны *Pseudosubplanites grandis* [Dzyuba et al., 2013]. Однако, например, А.Ю. Гужиков [2013] отдает предпочтение палеомагнитным маркерам границы юры и мела, считая возможным ее фиксацию в основании M18г, либо в основании M17г.

Представление о границе является важнейшим в стратиграфии. Б.С. Соколов в своих трудах указывал, что «наиболее содержательная модель стратиграфической границы сейчас разрабатывается на примере фанерозойских систем. Однако мы не должны обольщаться беспредельной возможностью палеонтологического метода даже в фанерозое, у него немало ограничений» [Соколов, 1987, с. 18]. Обсуждая проблемы установления границы, Б.С. Соколов [1987, с. 24] отмечал, что «основой модели биостратиграфической границы регионального стратиграфического подразделения (а это потенциально и мировой стандарт) ... не может быть ни первое появление “зонального вида”, ни вымирание аналогичного ему по рангу предшествующего вида. Фактически между такими видами почти всегда есть ... свободный интервал. Чаще всего в данных локальных условиях они просто являются мигрантами, даже если существуют в обширном едином бассейне».

Таким образом, до сих пор на международном уровне не достигнут консенсус в вопросе определения GSSP берриаса — базального яруса меловой системы. Соответственно определение точного положения границы юры и мела в конкретных разрезах на огромной территории распространения юрских

и меловых толщ в Сибири пока не имеет корректного решения. Для того чтобы найти оптимальное решение по выбору GSSP берриаса, в каждом отдельно взятом регионе важно сосредоточить внимание на поиске уровня или хотя бы интервала, наиболее предпочтительного для установления GSSP. В настоящей работе все внимание уделено материалам по Сибири. Понятно, что такой интервал в идеале должен быть охарактеризован достаточным количеством маркеров, позволяющих осуществлять межрегиональные и в том числе бореально-тетические корреляции. Можно согласиться с Б.С. Соколовым [1987, с. 18] в том, что приближение к идеалу модели границы «...возможно только при сочетании двух путей исследования — физического и палеобиологического, в широком смысле его можно назвать и геобиологическим путем».

ЛИТОСТРАТИГРАФИЯ ПОГРАНИЧНОГО ИНТЕРВАЛА ЮРЫ И МЕЛА СИБИРИ

Приграничные слои юры и мела распространены в Сибири на огромной территории (рис. 1), где представлены весьма разнообразными по литологическому составу в основном терригенными породами как морского, так и континентального генезиса, относящимися к верхней части регионального баженовского горизонта [Решения..., 2004].

Типовая для регионального горизонта баженовская свита распространена в центральных и северных районах Западной Сибири и является хорошо известным по многим публикациям репером в мезозойской толще Западной Сибири [Бульникова и др., 1978; Баженовский горизонт..., 1986; Условия..., 1988; Шурыгин и др., 2000]. Свита представлена аргиллитами высокоуглеродистыми черными с коричневатым оттенком, массивными, плитчатыми, листоватыми, с прослоями радиоляритов, глинистых известняков, остатками морских фаунист. Содержание органического вещества в породах иногда достигает 20 % и более. Стратиграфический диапазон свиты по находкам многочисленных остатков макро- и микрофауны повсеместно определяется в пределах верхней части нижневолжского подъяруса—низов «бореального берриаса» [Атлас..., 1990; Решения..., 2004]. На юге и юго-востоке Западной Сибири

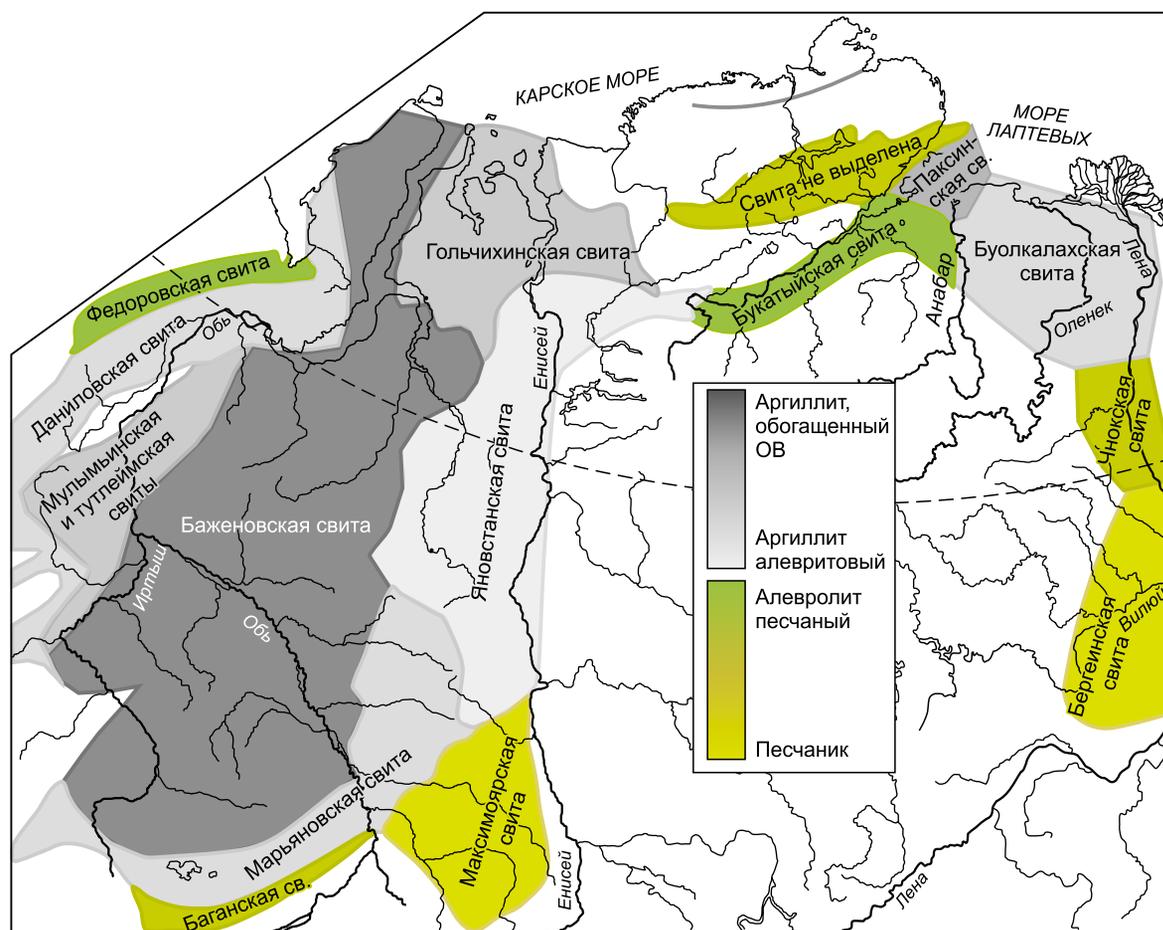


Рис. 1. Распространение свит верхней части баженовского горизонта (приграничные отложения юры и мела) в Сибири.

баженовская свита замещается верхней частью марьяновской свиты, сложенной преимущественно аргиллитоподобными глинами с обильной макро- и микрофауной, свидетельствующей о принадлежности этой части разреза к баженовскому региональному горизонту [Шурыгин и др., 2000]. Районы распространения марьяновской свиты с юга обрамляются зоной развития верхней части существенно песчаной баганской свиты, а на юго-востоке — преимущественно континентальными песчаниками верхней части максимоярской свиты. В западных районах Западной Сибири уникально богатые планктоно- и бактериогенным органическим веществом аргиллиты баженовской свиты замещаются нижней частью глинистых толщ тутлеймской и мулымьинской свит, а на северо-западе — верхней подсвитой глинистой даниловской свиты. Последняя в Приуралье сменяется алевритами и песчаниками федоровской свиты, стратиграфический объем которой, судя по комплексам макро- и микрофауны, также примерно отвечает баженовскому горизонту [Решения..., 2004]. На северо-востоке и востоке Западной Сибири баженовская свита замещается верхними горизонтами мощных глинистых толщ гольчихинской и яновстанской свит, охарактеризованных комплексами морских макро- и микрофоссилий, типичных для баженовского горизонта. Последняя свита отчасти распространена и восточнее Западной Сибири, в северо-западном обрамлении Сибирской платформы.

На севере Восточной Сибири в обрамлении Сибирской платформы верхняя часть баженовского горизонта представлена песчаными алевритами и алевритами зеленовато-серыми, темно-серыми с зеленоватым оттенком букатыйской свиты с богатыми комплексами макро- и микрофауны. К северо-востоку букатыйская свита замещается глубоководно-морскими темно-серыми аргиллитоподобными глинами с прослоями коричневатых высокоуглеродистых тонкослоистых и голубоватых массивных глин нижней части нижней подсвиты паксинской свиты [Никитенко и др., 2013]. В детально изученном типовом разрезе этой подсвиты, охарактеризованной многочисленными фоссилиями, установлены биостратоны по аммонитам, белемнитам, двустворкам, фораминиферам, диноцистам, спорам и пыльце [Басов и др., 1970; Стратиграфия..., 1976; Захаров и др., 1983; Захаров, Рогов, 2008; Дзюба, 2012; Никитенко и др., 2013; Zakharov et al., 2014]. Проведенные на этом разрезе палеомагнитные [Хоша и др., 2007; Брагин и др., 2013] и изотопно-геохимические [Žák et al., 2011; Dzyuba et al., 2013] исследования с учетом всей комбинации биостратиграфических шкал показали, что интервал, в котором рабочей группой по берриасскому ярусу ведутся поиски маркеров границы юры и мела [Wimbledon et al., 2011], соответствует нижней части нижнепаксинской подсвиты.

В южном и юго-восточном направлениях нижнепаксинская подсвита сменяется морскими глинистыми алевритами, алевритами и глинами с маломощными прослоями алевритовых песков верхней части буолкалахской свиты, охарактеризованной комплексами аммонитов, двустворок, фораминифер и микрофитофоссилий [Решения..., 1981; Шурыгин и др., 2000; Никитенко и др., 2013]. Южнее в восточном обрамлении Сибирской платформы буолкалахская свита замещается песчаниками и алевритами чонокской свиты, в отдельных прослоях которой довольно часто встречаются остатки морских моллюсков — преимущественно аммонитов и бухий [Зинченко и др., 1978; Шурыгин и др., 2000]. В южных районах Восточной Сибири стратиграфическим аналогом нижнепаксинской подсвиты является часть бергеинской свиты, представленной сероцветной угленосной преимущественно песчаной толщей континентального генезиса [Кирина и др., 1978].

Таким образом, можно отметить, что традиционный базально-берриасский интервал, как и располагающаяся выше граница волжского и рязанского (= бореальный берриас) ярусов, во всех районах Сибири попадает внутрь относительно гомогенных толщ пород.

БИОСТРАТИГРАФИЯ ПОГРАНИЧНОГО ИНТЕРВАЛА ЮРЫ И МЕЛА В СИБИРИ

Граница между юрской и меловой системами на севере России и смежных территориях Арктики долгое время рассматривалась как граница волжского яруса и «бореального берриаса». В Сибири она проводилась по подошве аммонитовой зоны *Chetaites sibiricus* или зоны *Praetollia maunsi*. Нередко в работах как российских, так и зарубежных исследователей в качестве нижнего яруса меловой системы в бореальных разрезах называется рязанский ярус [Casey, 1973; Surlyk et al., 1973; Rawson et al., 1978; Birkelund et al., 1982; Nagy, Basov, 1998; Surlyk, Ineson, 2003; Smelror, Dypvik, 2006; Хоша и др., 2007; Дзюба, 2012, 2013; Gradstein et al., 2012; Брагин и др., 2013; Dzyuba et al., 2013; Zakharov et al., 2014; и др.], который в отличие от волжского яруса никогда не фигурировал в ОСШ России, принятой Межведомственным стратиграфическим комитетом России. С 1996 г. оба бореальных яруса в России официально признаны в статусе региональных ярусов [Жамойда, Прозоровская, 1997]. Возможно, использование термина «бореальный берриас» неудачно хотя бы потому, что несоответствие его объема берриасскому ярусу очевидно для многих специалистов, а приставка «бореальный» не отражает этой проблемы. Проблема соотношения объемов волжского и рязанского ярусов со стандартными для этого интервала титонским и берриасским ярусами обсуждается во множестве публикаций. Однозначного решения этой

проблемы биостратиграфическим путем достигнуть не удалось. В истории отечественной стратиграфии известен пример, когда в 1996 г. по результатам исследований И.И. Сей и Е.Д. Калачевой [1993] Межведомственный стратиграфический комитет России утвердил корреляционную схему, в которой зоны (лоны) верхневолжского подъяруса рассматриваются в объеме двух нижних зон берриаса, а зоны (лоны) нижне- и средневолжского подъяруса сопоставлены с титоном. Таким образом, волжский ярус был удален из ОСШ России [Жамойда, Прозоровская, 1997]. Такое решение спорного вопроса не удовлетворило многих специалистов: оспаривались как выводы по корреляции титонского, волжского, берриасского и рязанского ярусов [Митта, 2001; Хоша и др., 2007; Захаров, 2011; Брагин и др., 2013; и др.], так и собственно необходимость упразднения волжского яруса в ОСШ России [Митта, 2001; Захаров, 2003, 2011; и др.]. Некоторыми представителями меловой комиссии МСК России предложено восстановить волжский ярус в ОСШ России с одновременным введением рязанского яруса [Барабошкин и др., 2013]. По нашему мнению, наиболее актуальной задачей является исправление в ОСШ России стратиграфического положения волжских и рязанских аммонитовых зон относительно зональных последовательностей титона и берриаса в соответствии с последними данными био-, магнито- и хемотратиграфической корреляции [Хоша и др., 2007; Брагин и др., 2013; Dzyuba et al., 2013]. Что касается статуса волжского и рязанского ярусов, то, по нашему мнению, не так уж и важно, будут ли эти ярусы признаны ярусами ОСШ России или останутся в ранге региональных. Поскольку стандартным ярусом Международной стратиграфической шкалы ни один из них не является, по своей сути оба яруса — региональные (при этом в качестве региона можно понимать и весь boreальный регион в целом).

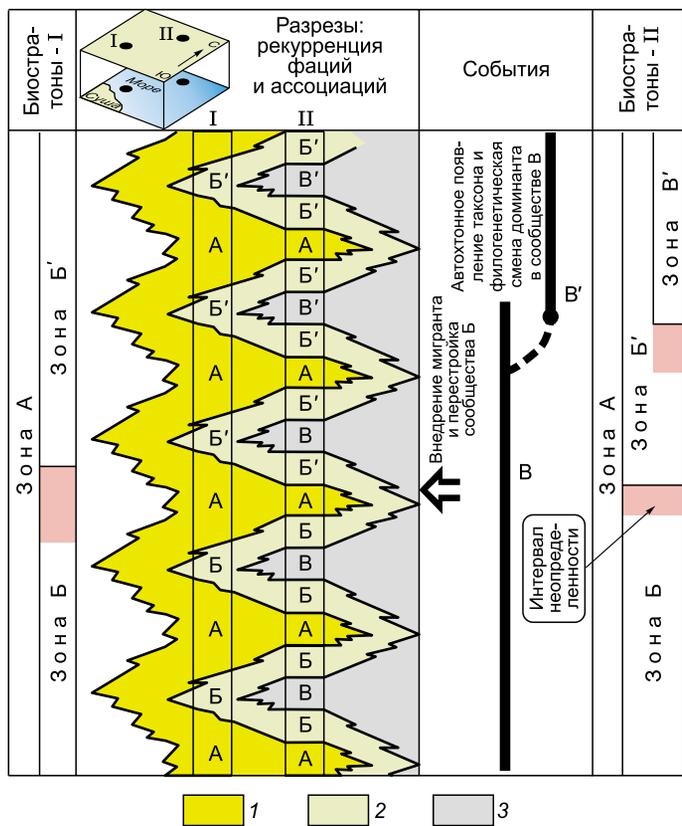
Использование волжского и рязанского ярусов на огромной территории boreальных палеобассейнов вполне оправдано, поскольку они отражают два разных этапа геологической истории и прежде всего палеобассейнов Восточно-Европейской платформы. В какой-то мере это и дань традициям, в соответствии с которыми составлялось большинство геологических документов прошлого и начала нынешнего века для boreальных регионов. В отличие от границы стандартных титонского и берриасского ярусов, в boreальных разрезах только граница волжского и рязанского ярусов может быть охарактеризована надежными биособытийными маркерами. Однако параллелизовать при этом границу юрской и меловой систем (= границу титонского и берриасского ярусов) с границей волжского и рязанского ярусов в настоящее время вряд ли можно считать правильным.

В юрской системе в качестве ключевых событий для определения нижних границ всех ярусов традиционно использовались аммониты. В настоящее время для обоснования GSSP ярусов юры в большинстве случаев выбраны (или обсуждаются как маркеры границ ярусов) роды и виды аммонитов [Gradstein et al., 2013]. Нижние ярусы меловой системы в Сибири литостратиграфически тесно связаны с юрской системой и хорошо охарактеризованы аммонитами. Именно поэтому изначально определение границы юры и мела (которая совмещалась с границей волжского и рязанского ярусов) в сибирских разрезах опиралось на определение границ местных аммонитовых зон и предполагаемые корреляции последних со стандартной аммонитовой последовательностью Средиземноморья, основанной на тетических таксонах.

Однако оперирование при удаленных корреляциях только аммонитовыми шкалами имеет свои ограничения. Как правило, главным при построении аммонитовой зонации постулируется использование событий филогенетической природы, а операционно при обосновании нижних границ зон на конкретных разрезах фиксируется первое появление таксона-индекса. Принцип основного звена, используемый при разграничении видов, предполагает установление узла дивергенции. Обычно на всех филогенетических схемах по аммонитам штриховой линией, уходящей ниже границы индексируемой аммонитовой зоны, соединяют вид-индекс зоны с предковым видом (рис. 2). Этим обращается внимание на то обстоятельство, что новые, значимые диагностические отличия от предкового фена формируются не мгновенно. Соответственно, даже если не учитывать время на географическое распространение нового фенотипа, считая время миграции несущественным, в некотором диапазоне близ узла дивергенции всегда будет интервал неопределенности проведения границы фило- или фенозон (см. рис. 2). Для устранения этого противоречия постулируемой изохронности границ аммонитовых зон в некоторых работах по аммонитам приводятся филогенетические схемы, в которых филолиния предкового вида по горизонтали соединяется с началом филолинии потомка. Логика таких филогенетических схем не совсем ясна, поскольку в этом случае нужно предполагать либо возникновение потомка от уже вымершего предка, если соединяются конечная и начальная точки филолиний, либо одномоментное массовое (во всех популяциях) преобразование предкового фенотипа в хорошо отличимый фенотип потомка. Если нижняя граница зоны обосновывается миграционным появлением в разрезе таксона-индекса, то и в этом случае иммигрант первоначально внедряется в сообщество какой-либо биономической зоны (см. рис. 2). Соответственно и в этом случае фиксация первого появления таксона-мигранта в разнофациальных разрезах вряд ли будет индексировать изохронный уровень, а интервал неопределенности проведения границы такой зоны тоже будет достаточно широк.

Рис. 2. Схема выделения биостратонов в разнофациальных разрезах:

I — приближенных к палеоберегу; II — удаленных от палеоберега. А—В — характерные ассоциации таксонов. 1 — существенно песчаные осадки; 2 — существенно алевритовые осадки; 3 — существенно глинистые осадки.



Переход международного сообщества к практике определения стратотипов границ (установление точек глобального стратотипа границ — GSSP) еще больше обостряет проблему в случае, когда постулируется определение границы по первому появлению какого-либо таксона. Крайний субъективизм специалистов по аммонитам при определении таксономической принадлежности одних и тех же образцов, связанный с недостаточностью монографических исследований на массовых выборках, одновременно со стремлением проводить супердетальное расчленение с использованием биогеографических границ, сильно усложняет решение этой задачи.

Для более корректного решения задач корреляции на гигантских территориях Панбореальной биохоремы в последнее время

используется бореальный стандарт юры и мела, состоящий из системы параллельных зональных шкал, разработанных по разным группам фоссилий (аммониты, белемниты, двустворки, микрофауна, микрофитофоссилии) [Захаров и др., 1997; Шурыгин и др., 2011; Никитенко и др., 2013]. Параллельные зональные шкалы по разным группам макро-, микрофауны и микрофитофоссилий, откалиброванные относительно аммонитовой шкалы, рассматриваются как составные части бореального стандарта, а не как дополнение к аммонитовой шкале. Сочетание биостратиграфических шкал — региональной аммонитовой и основанных на других группах фоссилий — не только расширило возможность их площадного применения, но и увеличило разрешающую способность суммарной биостратиграфической основы при расчленении и точность корреляций [Шурыгин и др., 2011].

Если рассматривать бореальный стандарт как комбинацию шкал, то это «биособытийная» комбинация, в которой реперные интервалы охарактеризованы неповторимой последовательностью результатов сочетаний биологических событий различной, независимой друг от друга природы (филогенетической, хронологической и экосистемной). Именно фиксированная последовательность событий независимой друг от друга природы имеет, по-видимому, наибольшую вероятность изохронности при распознавании в разных регионах мира.

Границы выделенных по разным группам фоссилий биостратонов зачастую не совпадают друг с другом. При анализе всего комплекса параллельных зональных шкал это несовпадение границ дает возможность распознавать и проследить очень узкие внутризональные интервалы (анализ коинтервалов смежных зон) [Шурыгин и др., 2000; Шурыгин, 2005].

В настоящее время в разрезах Сибири приграничный интервал юры и мела, если его рассматривать в интервале зон *Craspedites okensis*—*Hectoroceras kochi*, хорошо охарактеризован комбинацией взаимозавязанных параллельных зональных шкал по разным группам фоссилий (рис. 3) [Шурыгин и др., 2011; Никитенко и др., 2013]. Наряду с пятью аммонитовыми зонами в этом интервале распознаются пять биостратонов по белемнитам, четыре биостратона по бухиям, пять биостратонов по фораминиферам, два биостратона по диноцистам и два — по спорам и пыльце растений (см. рис. 3). Однако здесь нет биостратиграфических маркеров, позволяющих напрямую сопоставить какой-нибудь из указанных биостратонов с биостратонами тетических разрезов приграничных толщ юры и мела.

НЕПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БОРЕАЛЬНО-ТЕТИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ

Данные по магнитной полярности отдельных интервалов приграничных толщ юры и мела, охарактеризованных типично тетическими комплексами фоссилий, приведены в публикациях по многим

Верхневолжский	Рязанский	Ярус, подъярус	Биостратиграфические шкалы											
			Аммониты	Белемниты	Двустворки	Фораминиферы	Диноцисты	Споры и пыльца						
Кысуца M20n	Бродно M19n	Баженовский	M18r	M17r	M17n	M16r	Hectoroceras kochi	Lagonibelus gustomesovi, Arctoteuthis porrectiformis	Cylindroteuthis knoxvillensis	Buchia okensis	Gaudryina gerkei, Ammobaculites gerkei	Paragonyaulacysta ?borealis, Dingodinium ?spinosum	Paragonyaulacysta capilliosa, Ambonosphaera spp.	Foraminisporis wonthaggiensis, Trilobosporites valanjinensis, Cicatricosisporites ludbrookiae, Cicatricosisporites subrotundus
Craspedites okensis	Chetaites chetae		Liobelus russiensis	Lagonibelus riapaensis	Buchia obliqua	Ammodiscus veteranus, Evolutinella emeljanzevi	Marginulina integra, M. subformosa							

Рис. 3. Региональные шкалы приграничных отложений юры и мела Восточной Сибири (по [Шурыгин и др., 2011; Никитенко и др., 2013; Брагин и др., 2013] с изменениями и дополнениями).

европейским разрезам [Houša et al., 1999; Michalík et al., 2009; Channell et al., 2010; Grabowski et al., 2010, 2013; Lukeneder et al., 2010; Pruner et al., 2010; Grabowski, 2011; Гужиков и др., 2012; Wimbledon et al., 2013; и др.]. Решение проблемы бореально-тетической корреляции приграничных толщ юры и мела стало возможным, когда появились данные магнитостратиграфических исследований этой толщи в опорном для Восточной Сибири разрезе на п-ове Нордвик [Хоша и др., 2007; Брагин и др., 2013]. В этом разрезе в пограничных юрско-меловых отложениях установлена непрерывная последовательность магнитозон в интервале M20n—M16r, включая субзоны M20n.1r (Кысуца) и M19n.1r (Бродно). Бореально-тетическая корреляция посредством использования магнитозон показала, что граница между юрской и меловой системами, если ее определять в тетических разрезах внутри магнитозоны M19n, в разрезе на п-ове Нордвик попадает в зону *Craspedites taimyrensis* верхневолжского подъяруса. Следует отметить, что слои, относимые в разрезе п-ова Нордвик к зоне *Craspedites taimyrensis*, слабо охарактеризованы аммонитами, и находки вида-индекса в них не установлены [Захаров и др., 1983; Захаров, Рогов, 2008]. Большая часть магнитозоны M19n в этом разрезе попадает в безаммонитовый интервал. Нижняя граница вышележащей зоны *Chetaites chetae* в разрезе на п-ове Нордвик оказалась внутри магнитозоны M18r [Хоша и др., 2007; Брагин и др., 2013], в которой в тетических разрезах устанавливается нижняя граница подзоны *Pseudosubplanites grandis* [Гужиков и др., 2012], одного из исторических маркеров границы юры и мела (в соответствии с решением коллоквиума (Лион, 1963 г.) по границе юры и мела, опубликованном в 1965 г.).

После дополнительных магнитостратиграфических исследований на п-ове Нордвик было существенно уточнено положение в разрезе магнитозон M18n, M17r и M17n, идентифицирована магнитозона

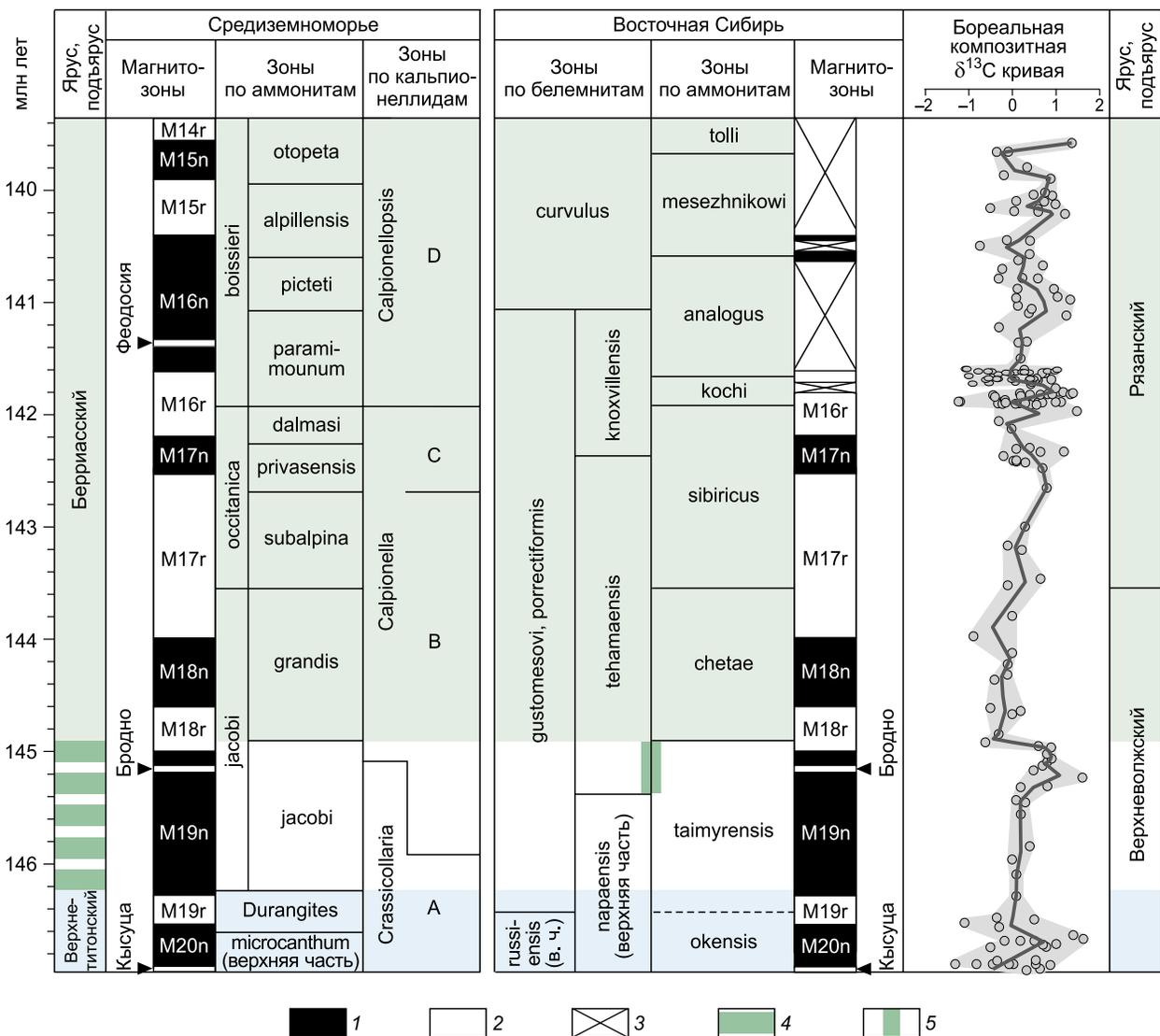


Рис. 4. Бореальная композитная углеродно-изотопная кривая, восточно-сибирские аммонитовая, белемнитовая и магнитостратиграфическая шкалы верхневолжского подъяруса и рязанского яруса, сопоставленные с тетическим (средиземноморским) стандартом (по [Брагин и др., 2013; Гужиков, 2013; Dzyuba et al., 2013] с уточнениями).

Шкала абсолютного возраста дана по [Gradstein et al., 2012].

1 — прямая полярность; 2 — обратная полярность; 3 — отсутствие данных; 4 — базально-берриасский интервал, в котором ведутся поиски маркеров границы юры мела; 5 — коинтервал зон *Arctoteuthis tehamaensis* и *Craspedites taimyrensis*.

M16r [Брагин и др., 2013]. Стало очевидным, что традиционная граница волжского и рязанского ярусов в Сибири (подошва зоны *Chetaites sibiricus*) расположена внутри магнитозоны M17r, в нижней части которой в тетических разрезах устанавливается нижняя граница бесспорно берриасской зоны *Subthurmannia occitanica* (рис. 4). Нижняя граница следующей в бореальных разрезах зоны *Hectoroceras kochi*, как выяснилось, приурочена к палеомагнитной зоне обратной полярности, индексруемой нами как M16r, внутри которой в тетических разрезах расположена граница стандартных зон *Subthurmannia occitanica*/*S. boissieri* [Брагин и др., 2013]. Анализ межрегионально коррелируемых макрофаунистических горизонтов, установленных в приграничном интервале среднего и верхнего берриаса, позволил подтвердить надежность полученной магнитостратиграфической основы [Брагин и др., 2013]. Положение верхней границы зоны *H. kochi*, зафиксированной А.Ю. Гужиковым и Е.Ю. Барабошкиным [2008] относительно интервала доминирующей обратной полярности на р. Боярка (север Восточной Сибири), пока дискуссионно. Рассматриваются два возможных варианта, оба из которых не противоречат биостратиг-

рафическим критериям корреляции: соответствие верхней части магнитозоны M16r [Брагин и др., 2013], либо субзоне M16n.1r (Феодосия) в пределах магнитозоны M16n [Гужиков, 2013]. В целом полученные на севере Сибири результаты являются хорошим свидетельством необходимости использования палеомагнитных шкал для обоснования положения приграничного юрско-мелового интервала в разных регионах. Однако использование палеомагнитных критериев в качестве маркеров границы в силу неспецифичности магнитозон возможно только совместно с биостратиграфическими индикаторами [Гужиков и др., 2012]. Корректная идентификация магнитных хронов без биостратиграфических реперов вряд ли возможна.

Другими непалеонтологическими данными, способствующими бореально-тетической корреляции приграничного интервала юры и мела, являются данные изотопно-геохимических исследований. Публикации с результатами исследования вариаций изотопов углерода вблизи границы юры и мела в карбонатных разрезах тетических регионов довольно многочисленны [Weissert, Channell, 1989; Weissert, Lini, 1991; Emmanuel, Renard, 1993; Weissert, Mohr, 1996; Savary et al., 2003; Katz et al., 2005; Tremolada et al., 2006; Michalík et al., 2009; Grabowski et al., 2010; Žák et al., 2011]. В публикациях по вариациям изотопов углерода и кислорода в бореальных разрезах волжского и/или рязанского ярусов до недавнего времени переходные слои юры и мела детально не рассматривались либо не рассматривались совсем [Ditchfield, 1997; Podlaha et al., 1998; Price et al., 2000; Ruffel et al., 2002; Gröcke et al., 2003; Price, Mutterlose, 2004; Price, Rogov, 2009; Nunn, Price, 2010; Nunn et al., 2010; Hammer et al., 2012]. Первым бореальным разрезом, по которому получены изотопно-углеродные и изотопно-кислородные кривые, характеризующие вариации $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в приграничном интервале юры и мела, стал разрез на п-ове Нордвик [Žák et al., 2011]. Однако каких-либо существенных отклонений в углеродно- и кислородно-изотопной летописях, которые можно было бы в дальнейшем использовать для бореально-тетических корреляций, в пограничном юрско-меловом интервале выявлено не было.

В предгорьях Северного Урала, на р. Маурынья в Западной Сибири расположен еще один уникальный по полноте бореальный разрез пограничных юрско-меловых отложений с детальной палеонтолого-стратиграфической характеристикой [Алифиров и др., 2008; Дзюба, 2009, 2013; Урман, 2010]. Приграничный интервал юры и мела на р. Маурынья богат фаунами, включая ростры белемнитов. В нем удалось собрать коллекцию ростров белемнитов хорошей сохранности, изотопно-геохимические исследования которых позволили построить детальные кривые вариаций изотопов углерода и кислорода [Dzyuba et al., 2013]. Параллельно были дополнены полученные ранее данные по вариациям изотопов углерода и кислорода в приграничных отложениях юры и мела на п-ове Нордвик. Сопоставление $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ кривых, характеризующих разрезы р. Маурынья и п-ова Нордвик, показало изохронность основных экскурсов и совпадение общих тенденций изменения как изотопного состава углерода, так и кислорода. В настоящее время с учетом опубликованных данных по другим бореальным разрезам углеродно-изотопными данными волжский и рязанский ярусы охарактеризованы целиком, однако верифицированы по нескольким разрезам только данные из верхневолжско-рязанского интервала. Наиболее важен в целях бореально-тетической корреляции положительный экскурс, маркирующий верхнюю часть зоны *Craspedites taimyrensis* разреза Маурынья [Dzyuba et al., 2013], который прослеживается в разрезах Марьевка на Русской платформе [Price, Rogov, 2009], п-ова Нордвик на севере Восточной Сибири [Dzyuba et al., 2013] и Guppen-Heuberge в Швейцарии [Weissert, Mohr, 1996]. Сопоставление разрозненных данных по вариациям изотопов углерода из разных бореальных разрезов на основе детальной биостратиграфии позволило создать композитную (опорную для бореальных районов) изотопно-углеродную кривую, довольно хорошо характеризующую верхневолжский подъярус и рязанский ярус (см. рис. 4) [Dzyuba et al., 2013]. В основу этой кривой легли данные, полученные по разрезам Маурынья и Нордвик и характеризующие интервал, охватывающий аммонитовые зоны *Craspedites okensis*—*Chetaites sibiricus*. Для вышележащих отложений использована кривая, основанная на данных по Ятрии, Западная Сибирь [Price, Mutterlose, 2004] и Боярке, Восточная Сибирь [Nunn et al., 2010].

Сравнение композитной бореальной изотопно-углеродной кривой с кривой этого интервала, построенной для тетического разреза (Guppen-Heuberge) Швейцарии [Weissert, Mohr, 1996] приводит к интересным выводам относительно бореально-тетической корреляции. В приграничном интервале юры и мела в швейцарском разрезе обособлены зоны А и В кальпионеллид [Weissert, Mohr, 1996], граница которых, фиксируемая по расцвету мелкоразмерных шаровидных *Calpionella alpina*, обсуждается в качестве одного из маркеров границы юры и мела [Michalík, Reháková, 2011; Wimbleton et al., 2011].

Отмеченный во многих бореальных разрезах положительный сдвиг $\delta^{13}\text{C}$ (см. выше) установлен в этом разрезе немного выше границы юры и мела, увязанной здесь с границей зон А и В кальпионеллид. Этот положительный экскурс, а также следующее за ним возвращение к фоновым значениям $\delta^{13}\text{C}$, наблюдаемое выше по разрезу зоны В кальпионеллид (разрез Guppen-Heuberge), а также в основании слоев с *Subcraspedites maurynijensis* (разрез Маурынья), в основании зоны *Chetaites chetae* (разрез Нордвик), могут быть весьма полезны с точки зрения бореально-тетической корреляции приграничных отложений юры и мела.

ВОЗМОЖНОСТИ СОПОСТАВЛЕНИЯ ПОГРАНИЧНОГО ИНТЕРВАЛА ЮРЫ И МЕЛА СИБИРИ С ТЕТИЧЕСКИМ СТАНДАРТОМ

В случае установления GSSP берриасского яруса в тетических разрезах решение проблемы опознавания этого уровня в бореальных разрезах возможно только на основе комбинирования данных палеонтологических и непалеонтологических (независимых) методов стратиграфии (био-, хемо-, магнито- и пр.). Проблема не в том, по какому именно событию будет установлена конкретная GSSP. По нашему мнению, можно использовать любое событие в качестве маркера границы юры и мела (филогенетическую смену таксонов, палеомагнитную инверсию, изотопный экскурс). Проблема в потенциальной прослеживаемости границы во всех регионах мира. Очевидно, что абсолютно точное положение границы юры и мела, установленной в тетическом разрезе, в бореальных разрезах никогда не будет определено. Даже в непрерывных разрезах приграничных толщ всегда будет больший или меньший интервал неопределенности (в том числе, если GSSP определять по подошве магнитозоны или изотопному маркеру). Нужно всегда иметь в виду, что при геологических исследованиях на огромных территориях Сибири фиксация положения границы в конкретных разрезах будет, как правило, проводиться на биостратиграфической основе. Если использовать набор параллельных биостратиграфических шкал с учетом изотопных и палеомагнитных событий, то интервал неопределенности положения этой границы в бореальных разрезах можно сделать достаточно узким. После комплексных исследований на типовых разрезах приграничных отложений юры и мела в Сибири стало очевидным, что рассматриваемые в качестве кандидатов для определения GSSP берриасского яруса первичные маркеры [Wimbledon et al., 2011] расположены в интервале, бореальные аналоги которого попадают внутрь аммонитовой зоны *Craspedites taimyrensis* (если определять ее в границах, условно принятых в опорном разрезе на п-ове Нордвик). То же касается и большинства так называемых вторичных маркеров, к которым в числе прочих отнесены подошва аммонитовой зоны *Berriasella jacobii*, а также подошва и кровля субзоны Бродно [Wimbledon et al., 2011].

Примечательно, что если определять в сибирских разрезах уровни, соответствующие основанию подзон *Calpionella alpina* (зона *Calpionella*) или *Berriasella jacobii* (зона *B. jacobii*) без проведения палеомагнитных исследований, то интервалом неопределенности положения этих уровней здесь будет вся аммонитовая зона *Craspedites taimyrensis* (см. рис. 4). В связи с весьма условным объемом последней зоны на п-ове Нордвик, нельзя пока исключить и возможность попадания этих уровней также в верхнюю часть зоны *C. okensis*. С учетом палеомагнитных данных интервал неопределенности положения в бореальных разрезах основания аммонитовой подзоны *B. jacobii* сужается до нижней части магнитозоны M19n, как в разрезе Пуэрто-Эсканьо (Puerto Escaño), Испания [Pruner et al., 2010] или в разрезе Ле Шуе (Le Chouet), Франция [Wimbledon et al., 2013]. Следует отметить, что в разрезе Ле Шуе нижняя граница подзоны *B. jacobii* авторами статьи совмещается с основанием интервала с неопределенной или смешанной полярностью (слои 86—88) и показана ниже границы надежно установленного интервала прямой полярности M19n (подошва слоя 89) [Wimbledon et al., 2013, рис. 18], тогда как аммониты, идентифицирующие подзону *B. jacobii*, появляются в средней части слоя 89 [Wimbledon et al., 2013, рис. 12].

Интервал неопределенности положения основания зоны *B* кальпионеллид, а стало быть и основания подзоны *Calpionella alpina* зоны *Calpionella*, в бореальных разрезах даже с учетом палеомагнитных данных достаточно широк — вся магнитозона M19n (как выше, так и ниже субзоны Бродно), как это показано путем сопоставления данных по ряду тетических разрезов [Wimbledon et al., 2013].

Если в качестве маркера границы юры и мела использовать подошву магнитозоны M18g или границу аммонитовых подзон *Berriasella jacobii* и *Pseudosubplanites grandis*, то в сибирских разрезах при использовании комбинации биостратиграфических шкал интервал неопределенности сужается до верхней части аммонитовой зоны *Craspedites taimyrensis* — коинтервала этой зоны с белемнитовой зоной *Arctoteuthis tehamaensis* (см. рис. 4). К этому коинтервалу приурочены также широко коррелируемый положительный изотопный экскурс изотопов углерода [Dzyuba et al., 2013] и палеомагнитная субзона Бродно (M19n.r1) [Брагин и др., 2013].

ВЫВОДЫ

Можно использовать любое из обсуждаемых международным сообществом событий в качестве маркера границы юры и мела (филогенетическую смену таксонов, палеомагнитную инверсию, изотопный экскурс). Вместе с тем решение проблемы опознавания этого уровня в бореальных разрезах возможно только на основе комбинирования данных палеонтологических и непалеонтологических методов стратиграфии (био-, хемо-, магнито- и пр.). Точное положение границы юры и мела, маркер которой будет установлен в тетическом разрезе, при оперативной работе на бореальных разрезах никогда не будет определено — всегда будет больший или меньший интервал неопределенности. Особенно это касается разрезов, вскрываемых скважинами. При геологических исследованиях на огромных террито-

риях Сибири фиксация положения границы в конкретных разрезах будет, как правило, проводиться на биостратиграфической основе. Если использовать набор параллельных биостратиграфических шкал с учетом изотопных и палеомагнитных событий, то интервал неопределенности положения этой границы в бореальных разрезах можно сделать достаточно узким. При любом из обсуждаемых в качестве приемлемых маркеров границы юры и мела, эта граница в сибирских разрезах будет попадать в некоторый интервал в верхней части регионального баженовского горизонта. Наименьший интервал неопределенности в сибирских разрезах будет, если выбор остановить на одном из следующих двух маркеров: биостратиграфическом — подошва подзоны *Pseudosubplanites grandis* или магнитостратиграфическом — подошва магнитозоны M18g. Вполне приемлемы в этом смысле и границы субзоны M19n1g (Бродно). При оперативном определении положения границы юры и мела в конкретных бореальных разрезах предпочтительнее иметь возможность оперировать коинтервалами параллельных зональных шкал по разным группам фоссилий. В случае ратификации положения границы юры и мела на уровне границы зон А и В кальпионеллид или на уровне подошвы подзоны *Berriasella jacobii*, ее местонахождение будет иметь в сибирских разрезах очень большой интервал неопределенности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 12-05-00453) и по программам Президиума РАН № 23 «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология» и № 28 «Проблемы происхождения жизни и становления биосферы» и является вкладом в проект IGCP608.

ЛИТЕРАТУРА

Алифиров А.С., Игольников А.Е., Дзюба О.С. Аммониты и строение разреза волжско-берриаских отложений р. Маурынья (Приполярный Урал): новые данные // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Материалы Четвертого Всерос. совещания, г. Новосибирск, 19—23 сентября, 2008 г. / Под ред. О.С. Дзюба, В.А. Захарова, Б.Н. Шурыгина. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2008, с. 20—23.

Атлас моллюсков и фораминифер морских отложений верхней юры и неокома Западно-Сибирской нефтегазоносной области. В 2-х томах. М., Недра, 1990, т. 1, 286 с.; т. 2, 359 с.

Баженовский горизонт Западной Сибири. Новосибирск, Наука, 1986, 216 с.

Барaboшкин Е.Ю., Аркадьев В.В., Белямовский В.Н., Гужиков А.Ю., Копачев Л.Ф., Яхт-Языкова Е.А. Стратиграфическая шкала мела России: состояние дел, основные проблемы, пути совершенствования // Общая стратиграфическая шкала России: состояние и проблемы обустройства. Всерос. совещание, г. Москва, 23—25 мая 2013 г., / Ред. М.А. Федонкин. М., ГИН РАН, 2013, с. 289—297.

Басов В.А., Захаров В.А., Иванова Е.Ф., Сакс В.Н., Шульгина Н.И., Юдовный Е.Г. Зональное расчленение верхнеюрских и нижнемеловых отложений на мысе Урдюк-Хая (п-ов Пахса, Анабарский залив) // Ученые записки НИИГА. Палеонтология и биостратиграфия, 1970, вып. 29, с. 14—31.

Брагин В.Ю., Дзюба О.С., Казанский А.Ю., Шурыгин Б.Н. Новые данные по магнитостратиграфии пограничного юрско-мелового интервала п-ова Нордвик (север Восточной Сибири) // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (3), с. 438—455.

Булыникова С.П., Гольберт А.В., Климова И.Г., Конторович А.Э., Полякова И.Д., Решетникова М.А., Турбина А.С. Палеобиофашии нефтегазоносных волжских и неокомских отложений Западно-Сибирской плиты. М., Недра, 1978, 87 с.

Гужиков А.Ю. О решении «неразрешимых» стратиграфических задач (Комментарии к статье В.Ю. Брагина, О.С. Дзюба, А.Ю. Казанского и Б.Н. Шурыгина «Новые данные по магнитостратиграфии пограничного юрско-мелового интервала п-ова Нордвик (север Восточной Сибири)») // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (3), с. 456—462.

Гужиков А.Ю., Барaboшкин Е.Ю. Новые магнитостратиграфические данные по опорному разрезу бореального неокома реки Боярка (Северная Сибирь) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Материалы Четвертого Всерос. совещания, г. Новосибирск, 19—23 сентября, 2008 г. / Под ред. О.С. Дзюбы, В.А. Захарова, Б.Н. Шурыгина. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2008, с. 66—69.

Гужиков А.Ю., Аркадьев В.В., Барaboшкин Е.Ю., Багаева М.И., Пискунов В.К., Рудько С.В., Перминов В.А., Маникин А.Г. Новые седиментологические, био- и магнитостратиграфические данные по пограничному юрскому—меловому интервалу Восточного Крыма (г. Феодосия) // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2012, т. 20 (3), с. 1—36.

Дзюба О.С. Таксономический состав белемнитов в пограничных юрско-меловых отложениях Приполярного Урала // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Третье Всерос. совещание: научные материалы / Ред. В.А. Захаров. Саратов, Издательский центр «Наука», 2009, с. 49—51.

Дзюба О.С. Белемниты и биостратиграфия пограничных юрско-меловых отложений севера Восточной Сибири (новые данные по п-ову Нордвик) // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2012, т. 20 (1), с. 62—82.

Дзюба О.С. Белемниты пограничного юрско-мелового интервала разрезов рек Маурынья и Ятрия (Западная Сибирь): биостратиграфическое значение и динамика таксономического разнообразия // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2013, т. 21 (2), с. 61—87.

Жамойда А.И., Прозоровская Е.Л. Постановление по уточнению положения границы юры и мела в Бореальной области и статусу волжского яруса // Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий, вып. 29. СПб., ВСЕГЕИ, 1997, с. 5—7.

Захаров В.А. В защиту волжского яруса // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2003, т. 11 (6), с. 60—69.

Захаров В.А. Граница юры и мела и GSSP берриаса: виден ли свет в конце туннеля? (Комментарии к предложениям рабочей группы по берриасскому ярусу и юрско-меловой границе) // Новости палеонтологии и стратиграфии. Вып. 16—17: Приложение к журналу «Геология и геофизика», 2011, т. 52, с. 69—86.

Захаров В.А., Рогов М.А. Верхневолжский подъярус на севере Восточной Сибири (п-ов Нордвик) и его панбореальная корреляция по аммонитам // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2008, т. 16 (4), с. 81—94.

Захаров В.А., Нальняева Т.И., Шульгина Н.И. Новые данные по биостратиграфии верхнеюрских и нижнемеловых отложений на п-ове Пакса, Анабарский залив // Палеобиогеография и биостратиграфия юры и мела Сибири. М., Наука, 1983, с. 56—99.

Захаров В.А., Богомолов Ю.И., Ильина В.И., Константинов А.Г., Курушин Н.И., Лебедева Н.К., Меледина С.В., Никитенко Б.Л., Соболев Е.С., Шурыгин Б.Н. Бореальный зональный стандарт и биостратиграфия мезозоя Сибири // Геология и геофизика, 1997, т. 38 (5), с. 927—956.

Зинченко В.Н., Кирина Т.И., Репин Ю.С. Юрские отложения правобережья Лены (Жиганский район) // Новые данные по стратиграфии и фауне юры и мела Сибири. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1978, с. 56—69.

Кирина Т.И., Месежников М.С., Репин Ю.С. О новых местных подразделениях в юре Западной Якутии // Новые данные по стратиграфии и фауне юры и мела Сибири. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1978, с. 70—85.

Митта В.В. Аммонитовые комплексы пограничных отложений юры и мела в Московской области и проблема границы юры и мела // Проблемы стратиграфии и палеогеографии бореального мезозоя: Материалы науч. сессии, 23—25 апреля. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001, с. 24—25.

Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н., Князев В.Г., Меледина С.В., Дзюба О.С., Лебедева Н.К., Пещевицкая Е.Б., Глинских Л.А., Горячева А.А., Хафаева С.Н. Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и бореальный зональный стандарт // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (8), с. 1047—1082.

Решения 3-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозою и кайнозою Средней Сибири. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1981, 91 с.

Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири (г. Новосибирск, 2003 г.). Триасовая и юрская системы. Новосибирск, СНИИГГиМС, 2004, 114 с., прил. 3 на 31 листе.

Сакс В.Н., Захаров В.А., Меледина С.В., Месежников М.С., Нальняева Т.И., Шульгина Н.И., Шурыгин Б.Н. Современные представления о развитии фауны и зональной стратиграфии юры и неокома бореального пояса // Геология и геофизика, 1980 (1), с. 9—25.

Сей И.И., Калачева Е.Д. Биостратиграфические критерии границы юрской и меловой систем для территории России. Служебно-информационная записка. СПб., ВСЕГЕИ, 1993, 60 с.

Соколов Б.С. О модели биостратиграфической границы // Историческая геология: итоги и перспективы. М., Изд-во МГУ, 1987, с. 17—25.

Стратиграфия юрской системы севера СССР. М., Наука, 1976, 436 с.

Урман О.С. Двустворчатые моллюски пограничных юрско-меловых отложений Приполярного Урала // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Материалы Пятого Всероссийского совещания. Ульяновск, УлГУ, 2010, с. 324—327.

Условия формирования и методика поисков залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты. М., Недра, 1988, 200 с.

Хоша В., Прунер П., Захаров В.А., Костак М., Шадима М., Рогов М.А., Шлехта С., Мазух М. Бореально-тетическая корреляция пограничного юрско-мелового интервала по магнито- и биостратиграфическим данным // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2007, т. 15 (3), с. 63—76.

Шурыгин Б.Н. Биогеография, фации и стратиграфия нижней и средней юры Сибири по двустворчатым моллюскам. Новосибирск, Акад. изд-во «Гео», 2005, 154 с.

Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Девятов В.П., Ильина В.И., Меледина С.В., Гайдебурова Е.А., Дзюба О.С., Казаков А.М., Могучева Н.К. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000, 480 с.

Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Меледина С.В., Дзюба О.С., Князев В.Г. Комплексные зональные шкалы юры Сибири и их значение для циркумарктических корреляций // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (8), с. 1051—1074.

Birkelund T., Clausen C.K., Hansen H.N., Holm L. The *Hectoroceras kochi* Zone (Ryazanian) in the North Sea Central Graben and remarks on the Late Cimmerian Unconformity. Danm. Geol. Unders. Årbog, 1982, p. 53—72.

Buch L. von. Über den Jura in Deutschland. Abh. Kg. Acad. Wiss. Berlin, 1839, t. 49, 232 S.

Casey R. The ammonite succession at the Jurassic—Cretaceous boundary in eastern England / Eds. R. Casey, P.F. Rawson. The Boreal Lower Cretaceous // Geol. J. Spec. Issue, 1973, № 5, p. 193—266.

Channell J.E.T., Casellato C.E., Muttoni G., Erba E. Magnetostratigraphy, nannofossil stratigraphy and apparent polar wander for Adria-Africa in the Jurassic—Cretaceous boundary interval // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 2010, v. 293 (1—2), p. 51—75.

Cohen K.M., Finney S.C., Gibbard P.L., Fan J.-X. The ICS International Chronostratigraphic Chart // Episodes, 2013, v. 36 (3), p. 199—204.

Cowie J.W. Guidelines for boundary stratotypes // Episodes, 1986, v. 9 (2), p. 78—82.

Ditchfield P.W. High northern palaeolatitude Jurassic—Cretaceous palaeotemperature variation: new data from Kong Karls Land, Svalbard // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 1997, v. 130, p. 163—175.

Dzyuba O.S., Izokh O.P., Shurygin B.N. Carbon isotope excursions in Boreal Jurassic—Cretaceous boundary sections and their correlation potential // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 2013, v. 381—382, p. 33—46.

Emmanuel L., Renard M. Carbonate geochemistry (Mn, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) of the late Tithonian—Berriasian pelagic limestones of the Vocontian trough (SE France) // Bulletin des Centres de Recherches et Exploration—Production Elf-Aquitaine, 1993, v. 17 (1), p. 205—221.

Grabowski J. Magnetostratigraphy of the Jurassic/Cretaceous boundary interval in the Western Tethys and its correlations with other regions: a review // Volumina Jurassica, 2011 (9), p. 105—128.

Grabowski J., Michalik J., Pszczółkowski A., Lintnerová O. Magneto- and isotope stratigraphy around the Jurassic/Cretaceous boundary in the Vysoká Unit (Malé Karpaty Mountains, Slovakia): correlations and tectonic implications // Geol. Carpathica, 2010, v. 61 (4), p. 309—326.

Grabowski J., Schnyder J., Sobień K., Koptíková L., Krzemiński L., Pszczółkowski A., Hejnar J., Schnabl P. Magnetic susceptibility and spectral gamma logs in the Tithonian—Berriasian pelagic carbonates in the Tatra Mts (Western Carpathians, Poland): Palaeoenvironmental changes at the Jurassic/Cretaceous boundary // Cretaceous Res., 2013, v. 43, p. 1—17.

Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. The Geologic Time Scale 2012, first ed. Elsevier BV, 2012, 1176 p.

Gröcke D.R., Price G.D., Ruffell A.H., Mutterlose J., Baraboshkin E. Isotopic evidence for Late Jurassic—Early Cretaceous climate change // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 2003, v. 202, p. 97—118.

Hammer Ø., Collignon M., Nakrem H.A. Organic carbon isotope chemostratigraphy and cyclostratigraphy in the Volgian of Svalbard // Norwegian J. Geol., 2012, v. 92, p. 103—112.

Hoedemaeker P.J., Reboulet S., Aguirre-Urreta M.B., Alsen P., Aoutem M., Atrops F., Barragan R., Company M., González Arreola C., Klein J., Lukeneder A., Ploch I., Raisossadat N., Rawson P.F., Ropolo P., Vašíček Z., Vermeulen J., Wippich M.G.E. Report on the 1st International Workshop of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the «Kilian Group» (Lyon, 11 July 2002) // Cretaceous Res., 2003, v. 24, p. 89—94.

Houša V., Krs M., Krsová M., Man O., Pruner P., Venhodová D. High-resolution magnetostratigraphy and micropalaeontology across the J/K boundary strata at Brodno near Žilina, western Slovakia: summary of results // Cretaceous Res., 1999, v. 20, p. 699—717.

Katz M.E., Wright J.D., Miller K.G., Cramer B.S., Fennel K., Falkowski P.G. Biological overprint of the geological carbon cycle // Mar. Geol., 2005, v. 217, p. 323—338.

Lukeneder A., Halásová E., Kroh A., Mayrhofer S., Pruner P., Reháková D., Schnabl P., Sprovieri M., Wagreich M. High resolution stratigraphy of the Jurassic—Cretaceous boundary interval in the Gresten Klippenbelt (Austria) // *Geol. Carpathica*, 2010, v. 61 (5), p. 365—381.

Michalík J., Reháková D. Possible markers of the Jurassic/Cretaceous boundary in the Mediterranean Tethys: A review and state of art // *Geosci. Front.*, 2011, v. 2 (4), p. 475—490.

Michalík J., Reháková D., Halásová E., Lintnerová O. The Brodno section — a potential regional stratotype of the Jurassic/Cretaceous boundary (Western Carpathians) // *Geol. Carpathica*, 2009, v. 60 (3), p. 213—232.

Nagy J., Basov V.A. Revised foraminiferal taxa and biostratigraphy of Bathonian to Ryazanian deposits in Spitsbergen // *Micropaleontology*, 1998, v. 44, p. 217—255.

Nunn E.V., Price G.D. Late Jurassic (Kimmeridgian—Tithonian) stable isotopes ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$) and Mg/Ca ratios: New palaeoclimate data from Helmsdale, northeast Scotland // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2010, v. 292, p. 325—335.

Nunn E.V., Price G.D., Gröcke D.R., Baraboshkin E.Y., Leng M.J., Hart M.B. The Valanginian positive carbon isotope event in Arctic Russia: Evidence from terrestrial and marine isotope records and implications for global carbon cycling // *Cretaceous Res.*, 2010, v. 31, p. 577—592.

Oppel A. Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands. Stuttgart, 1856—1858, 857 S.

d'Orbigny A. Paléontologie française: Terrains oolitiques ou jurassiques. Vol. 1. Céphalopodes. Paris, 1842—1851, 642 p.

Podlaha O.G., Mutterlose J., Veizer J. Preservation of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ in belemnite rostra from the Jurassic/Early Cretaceous successions // *Amer. J. Sci.*, 1998, v. 298, p. 324—347.

Price G.D., Mutterlose J. Isotopic signals from the late Jurassic—early Cretaceous (Volgian—Valanginian) sub-Arctic belemnites, Yatria River, Western Siberia // *J. Geol. Soc. London*, 2004, v. 161, p. 959—968.

Price G.D., Rogov M.A. An isotopic appraisal of the Late Jurassic greenhouse phase in the Russian Platform // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2009, v. 273 (1—2), p. 41—49.

Price G.D., Ruffell A.H., Jones C.E., Kalin R.M., Mutterlose J. Isotopic evidence for temperature variation during the early Cretaceous (late Ryazanian—mid Hauterivian) // *J. Geol. Soc. London*, 2000, v. 157, p. 335—343.

Pruner P., Houša V., Olóriz F., Košťák M., Krs M., Man O., Schnabl P., Venhodová D., Tavera J.M., Mazuch M. High-resolution magnetostratigraphy and biostratigraphic zonation of the Jurassic/Cretaceous boundary strata in the Puerto Escaño section (southern Spain) // *Cretaceous Res.*, 2010, v. 31, p. 192—206.

Rawson P.F., Curry D., Dilley F.C., Hancock J.M., Kennedy W.J., Neale J.W., Wood C.J., Worsam B. A correlation of Cretaceous rocks in the British Isles // *Geol. Soc. London, Special Report*, 1978, № 10, 70 p.

Remane J. The Jurassic—Cretaceous boundary: problems of definition and procedure // *Cretaceous Res.*, 1991, v. 12, p. 447—453.

Remane J., Bassett M.G., Cowie J.W., Gohrbandt K.H., Lane H.R., Michelsen O., Wang Naiwen. Revised guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standards by the International Commission on Stratigraphy (ICS) // *Episodes*, 1996, v. 19 (3), p. 77—81.

Ruffell A.H., Price G.D., Mutterlose J., Kessels K., Baraboshkin E., Gröcke D.R. Palaeoclimate indicators (clay minerals, calcareous nannofossils, stable isotopes) compared from two successions in the late Jurassic of the Volga Basin (SE Russia) // *Geol. J.*, 2002, v. 37, p. 17—33.

Savary B., Cecca F., Bartolini A. Étude stratigraphique du Rosso Ammonitico du Monte Inici (domaine Trapanais, Sicile occidentale): événements biosédimentaires au Jurassique moyen-Crétacé inférieur // *Geodiversitas*, 2003, v. 25, p. 217—235.

Smelror M., Dypvik H. The sweet aftermath: Environmental changes and biotic restoration following the marine Mjølnir impact (Volgian—Ryazanian boundary, Barents Shelf) // C. Cockell, C. Koeberl, I. Gilmour (Eds.). *Biological Processes Associated with Impact Events*. Springer Verlag, 2006, p. 143—178.

Surlyk F., Ineson J.R. The Jurassic of Denmark and Greenland: key elements in the reconstruction of the North Atlantic Jurassic rift system // *Geol. Surv. Denmark and Greenland Bulletin*, 2003 (1), p. 9—20.

Surlyk F., Callomon J.H., Bromley R.G., Birkelund T. Stratigraphy of the Jurassic—Lower Cretaceous sediments of Jameson Land and Scoresby Land, East Greenland // *Grøn. Geol. Unders. Bull.*, 1973 (105), 76 p.

Tremolada F., Bornemann A., Bralower T., Koeberl C., van de Schootbrugge B. Paleooceanographic changes across the Jurassic/Cretaceous boundary: the calcareous phytoplankton response // *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2006, v. 241, p. 361—371.

Weissert H., Channell J.E.T. Tethyan carbonate carbon isotope stratigraphy across the Jurassic—Cretaceous boundary: An indicator of decelerated global carbon cycling? // *Paleoceanography*, 1989, v. 4, p. 483—494.

Weissert H., Lini A. Ice age interludes during the time of Cretaceous greenhouse climate? / Eds. D.W. Müller, J.A. McKenzie, H. Weissert // *Controversies in modern geology*. Academic Press, 1991, p. 173—191.

Weissert H., Mohr H. Late Jurassic climate and its impact on carbon cycling // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 1996, v. 122, p. 27—43.

Wimbledon W.A.P., Casellato C.E., Reháková D., Bulot L.G., Erba E., Gardin S., Verreussel R., M.C.H., Munsterman D.K., Hunt C.O. Fixing a basal Berriasian and Jurassic/Cretaceous (J/K) boundary — is there perhaps some light at the end of the tunnel? // *Riv. It. Paleont. Strat.*, 2011, v. 117 (2), p. 295—307.

Wimbledon W.A.P., Reháková D., Pszczółkowski A., Casellato C.E., Halásová E., Frau C., Bulot L.G., Grabowski J., Sobień K., Pruner P., Schnabl P., Čížková K. An account of the bio- and magnetostratigraphy of the Upper Tithonian—Lower Berriasian interval at Le Chouet, Drôme (SE France) // *Geol. Carpathica*, 2013, v. 64 (6), p. 437—460.

Žák K., Košťák M., Man O., Zakharov V.A., Rogov M.A., Pruner P., Dzyuba O.S., Rohovec J., Mazuch M. Comparison of carbonate C and O stable isotope records across the Jurassic/Cretaceous boundary in the Tethyan and Boreal Realms // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2011, v. 299, p. 83—96.

Zakharov V.A., Bown P., Rawson P.F. The Berriasian Stage and the Jurassic-Cretaceous boundary // *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 1996, SUPP.-66, p. 7—10.

Zakharov V.A., Rogov M.A., Dzyuba O.S., Žák K., Košťák M., Pruner P., Skupien P., Chadima M., Mazuch M., Nikitenko B.L. Palaeoenvironments and palaeoceanography changes across the Jurassic/Cretaceous boundary in the Arctic realm: case study of the Nordvik section (north Siberia, Russia) // *Polar Res.*, 2014, v. 33, 19714, <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v33.19714>.

*Поступила в редакцию
16 июня 2014 г.*