

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. А.А. ТРОФИМУКА

СИБИРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ  
МИРОВОГО ОКЕАНА ИМ. И.С. ГРАМБЕРГА

**ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ  
И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ  
МЕЗОЗОЯ И КАЙНОЗОЯ БОРЕАЛЬНЫХ РАЙОНОВ**

**Том I. МЕЗОЗОЙ**

МАТЕРИАЛЫ  
НАУЧНОЙ СЕССИИ,  
посвященной 100-летию со дня рождения  
члена-корреспондента АН СССР  
Владимира Николаевича Сакса

18–22 апреля 2011 г.



Новосибирск  
ИНГГ СО РАН  
2011

УДК 56+551.7(76/77)+551.8

П141

**Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов** : Материалы науч. сессии (18–22 апр. 2011 г.) : в 2 т. / Под. ред. Б.Н. Шурыгина, Н.К. Лебедевой, А.А. Горячевой ; Рос. акад. наук, Сибирское отд-ние, Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука. – Новосибирск : ИНГГ СО РАН, 2011. – ISBN 978-5-4262-0010-4.

Т. I. **Мезозой**. – 2011. – 303 с. – ISBN 978-5-4262-0011-1.

Сборник содержит материалы научной сессии «Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов», посвященной 100-летию со дня рождения чл.-кор. АН СССР Владимира Николаевича Сакса. В работах представлены результаты исследований мезозойской и кайнозойской флоры и фауны, обсуждается их значение для выявления закономерностей биологической эволюции, восстановления климата древних эпох, палеобиогеографии и палеоэкологии. Затрагиваются актуальные и дискуссионные вопросы мезозойской и кайнозойской стратиграфии и биостратиграфии, в том числе пути совершенствования региональных стратиграфических схем, современное состояние биостратиграфических шкал бореального мезозоя и кайнозоя, бореально-тетические корреляции и положение границ некоторых ярусов. Рассматривается широкий круг проблем, связанных с условиями формирования седиментационных бассейнов бореальных областей, особенностями их строения и историей развития. Изложенные материалы демонстрируют достижения последователей и учеников В.Н. Сакса в области палеонтологии, стратиграфии и палеогеографии мезозоя и кайнозоя. Предложенные им идеи развиваются и рассматриваются с современных позиций естествознания, что еще раз подтверждает их большое значение и перспективность.

Сборник представляет интерес для широкого круга геологов, интересующихся проблемами мезозоя и кайнозоя бореальных районов.

**Редколлегия:**

Б.Н. Шурыгин, В.А. Захаров, Н.К. Лебедева, А.А. Горячева,  
О.С. Дзюба, С.В. Меледина, Б.Л. Никитенко

**Ответственные редакторы:**

Б.Н. Шурыгин, Н.К. Лебедева, А.А. Горячева

Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проектам 11-05-06013-г, 09-05-00136-а, 09-05-00210-а

**ИНГГ**



**РФФИ**

ISBN 978-5-4262-0011-1 (т. I)

ISBN 978-5-4262-0010-4

© Коллектив авторов, 2011

© ИНГГ СО РАН, 2011

© Оформление. ОИТ ИНГГ СО РАН, 2011

---

**ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА БЕЛЕМНИТОВ  
ИЗ ПОГРАНИЧНЫХ ЮРСКО-МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗРЕЗОВ  
МАУРЫНЯ И НОРДВИК (СЕВЕР РОССИИ)**

**О.П. Изох<sup>1</sup>, О.С. Дзюба<sup>2</sup>, Б.Н. Шурыгин<sup>2</sup>, В.А. Маринов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
Новосибирск, izokhop@gmail.com*

<sup>2</sup>*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
Новосибирск, dzyubaos@ipgg.nsc.ru, shuryginbn@ipgg.nsc.ru*

---

**CARBON AND OXYGEN ISOTOPE COMPOSITION OF BELEMNITES  
FROM JURASSIC-CRETACEOUS BOUNDARY SEDIMENTS  
AT MAURYNIA AND NORDVIK SECTIONS (NORTH OF RUSSIA)**

**O.P. Izokh<sup>1</sup>, O.S. Dzyuba<sup>2</sup>, B.N. Shurygin<sup>2</sup>, V.A. Marinov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk*

<sup>2</sup>*Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk*

Исследования вариаций изотопов кислорода и углерода для реконструкций палеоклиматических и палеоэкологических характеристик и для определения корреляционных маркеров в отложениях различного возраста широко обсуждаются в последние десятилетия в мировой литературе. Для мезозойских отложений основным объектом исследования, как правило, являются ростры белемнитов, раковинное вещество которых представлено низкомагнезиальным кальцитом, формировавшимся в условиях изотопного равновесия с морской водой и способного сохранить первично-морские характеристики вариаций  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ . Постседиментационные преобразования, как ростров белемнитов, так и вмещающих их пород, иногда приводят к смещению первично-морских изотопных значений  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ . Для определения степени сохранности изотопно-углеродных и изотопно-кислородных систем используются различные методы и подходы. Весьма эффективными считаются исследование срезов белемнитов в катодолюминисцентном излучении при помощи сканирующего электронного микроскопа и использование геохимических критериев, таких как содержание Fe, Mn и Sr, а также их корреляция с величинами  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ . Прижизненно формирующееся карбонатное вещество ростра белемнита характеризуется низкими концентрациями Fe и Mn при высоком содержании Sr. В случае нарушения первичной сохранности раковинного материала происходит вынос Sr при одновременном увеличении содержания Fe и Mn, что обусловлено высокими концентрациями последних во флюидных растворах и метеорных водах. Различными авторами применяются разные величины пороговых содержаний этих элементов для отбраковки измененного раковинного материала (Anderson et al., 1994; Ditchfield, 1997; Price, Mutterlose, 2004; и др.). Обычно в качестве решающего аргумента, при анализе степени сохранности C и O изотопных систем, используется наличие (или отсутствие) корреляции между содержанием Fe и Mn, значениями Fe/Sr и Mn/Sr и изотопным составом кислорода и углерода.

В качестве материала для проведенных нами изотопно-геохимических исследований использованы ростры бореальных белемнитов (Cylindroteuthidae) из коллекции, собранной в 2007 и 2009 гг. из приграничных юрско-меловых отложений на р. Маурынье (восточный склон Северного Урала) и п-ове Нордвик (море Лаптевых, север Восточной Сибири). Выбранные разрезы интересны по нескольким причинам. В переходном интервале между волжским и рязанским ярусами в них установлена наиболее полная последовательность бореальных аммонитовых зон (Месежников, Брадучан, 1982; Захаров и др., 1983). Ростры белемнитов более или ме-

нее равномерно распределены по всей исследуемой толще. Все это открывает возможности для построения детальных изотопных кривых. Приграничные юрско-меловые отложения этих разрезов формировались в разных палеогеографических обстановках – в прибрежной мелко-водной (Маурынья) и относительно глубоководной (Нордвик) зонах морского бассейна, что позволяет оценить влияние фациального фактора на изотопные данные. Не менее интересно сравнить климатические показатели, поскольку территория Маурынья на рубеже юры и мела располагалась в зоне экотона между Бореально-Атлантической и Арктической биогеографическими областями, тогда как Нордвик – типично арктический разрез.

Изотопно-геохимическим исследованиям предшествовал анализ сохранности материала ростров белемнитов с помощью электронного микроскопа. Изучение полированных пластинок ростров белемнитов в катод-люминисцентном излучении показало, что большая часть отобранного материала не имеет признаков постседиментационных изменений, лишь у некоторых ростров внешняя и/или апикальная части, затронутые процессами постседиментационных изменений, обозначаются свечением.

Перед подготовкой карбонатного материала к изотопно-геохимическим исследованиям для всех образцов проводилось механическое удаление внешней и срединной (апикальной) частей ростра, наиболее подверженных постседиментационным преобразованиям. Для изотопно-геохимических исследований использовалась карбонатная пудра, полученная путем истирания очищенных частей ростра белемнита в агатовой ступке. Содержания Ca, Mg, Fe, Mn и Sr в карбонатном веществе ростров белемнитов определялись атомно-адсорбционным методом на приборе SP9 PI UNIKAM. Погрешность измерений составляла не более 10%. Для анализа изотопного состава кислорода и углерода использовался масс-спектрометрический комплекс, состоящий из масс-спектрометра Finnigan MAT-253 и линии пробоподготовки – Gas Bench II. Для измерений использовался чистый CO<sub>2</sub>, полученный путем разложения карбонатной пудры в ортофосфорной кислоте, в течение двух часов при температуре 50°C. Точность измерений углерода и кислорода карбонатного вещества контролировалась международным (NBS19  $\delta^{13}\text{C} = +1.9\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O} = -2.2\text{‰}$ ) стандартом и составляла 0,1‰ как для  $\delta^{13}\text{C}$ , так и  $\delta^{18}\text{O}$  значений.

В результате анализа содержаний Fe, Mn и Sr было установлено, что все образцы ростров белемнитов характеризуются высокими концентрациями стронция (900...1762 ppm в разрезе п-ова Нордвик и 1022...1443 ppm в разрезе Маурынья), в то время как часть из них имеет высокие концентрации железа и марганца. При этом наиболее высокие содержания Fe (до 3624 ppm) и Mn (до 615 ppm) характерны для образцов, светящихся в катод-люминисцентном излучении и имеющих внешние признаки перекристаллизации карбонатного вещества.

Анализ бинарных диаграмм показал, что для небольшой части образцов наблюдается корреляция между содержанием железа и марганца (рис. 1а) и величинами  $\delta^{18}\text{O}$  и Mn/Sr и/или Fe/Sr (рис. 1в, г). На основе этого факта было принято, что карбонатный материал ростров белемнитов на некоторых уровнях подвергался постседиментационным изменениям, в результате которых произошло смещение первичных  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  значений, и соответствующие образцы отбраковывались. Концентрации Fe и Mn остальных образцов не превышают 150 ppm и 100 ppm соответственно, что не превышает пороговых концентраций этих элементов, принимаемых многими авторами как показатель высокой степени сохранности материала (Price, Mutterlose, 2004; Nunn et al., 2010; и др.).

На основе данных, полученных по карбонатному материалу ростров белемнитов, не имеющих признаков постседиментационных преобразований и характеризующихся низкими концентрациями железа и марганца, впервые для приграничных юрско-меловых отложений Северного Урала, вскрытых в разрезе Маурынья, построены вариационные  $\delta^{13}\text{C}$ - и  $\delta^{18}\text{O}$ -кривые. Ранее на восточном склоне Северного Урала в разрезе Лопсия изотопно-геохимические исследования были проведены для кимериджа и нижневолжского подъяруса (Захаров и др., 2005). Вблизи границы юры и мела изотопные данные были получены по рострам из разреза Ятрия

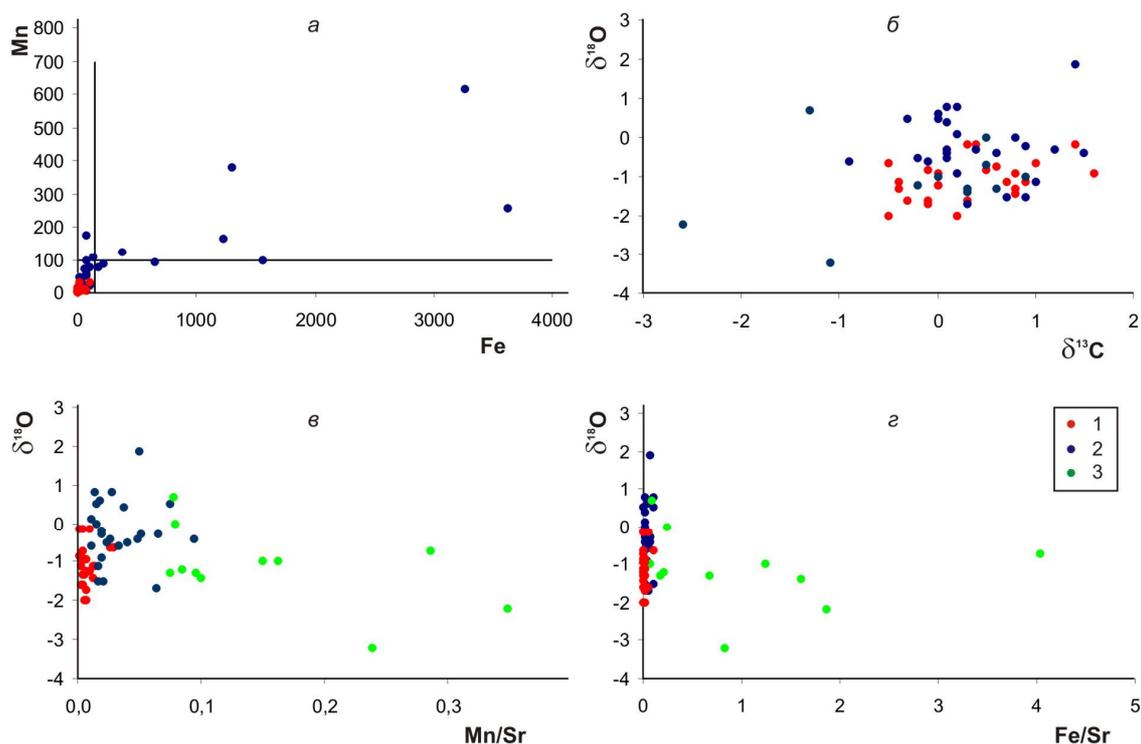


Рис. 1. Соотношение содержаний Mn и Fe, значений  $\delta^{18}\text{O}$  –  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  – Mn/Sr и  $\delta^{18}\text{O}$  – Fe/Sr в рострах белемнитов из разрезов Маурынья и Нордвик

1 – данные по белемнитам из разреза Маурынья; 2 – данные по белемнитам из разреза Нордвик; 3 – данные, характеризующие изменение карбонатного вещества ростров белемнитов из разреза Нордвик

на Приполярном Урале (Price, Mutterlose, 2004). Однако на р. Ятрии отсутствуют самые верхи волжского яруса – зона Chetae (или же ее временной аналог – слои с *Maurynijensis*), зона Sibiricus рязанского яруса и неуверенно устанавливается верхневолжская зона Taimyrensis. Для переходного юрско-мелового интервала, вскрытого в обнажениях на п-ове Нордвик, существенно дополнены  $\delta^{13}\text{C}$ - и  $\delta^{18}\text{O}$ -кривые, впервые построенные Заком с соавторами (Žák et al., 2011). Изотопно-углеродные кривые, полученные по разрезам Маурынья и Нордвик, сопоставлены друг с другом, а также с аналогичными кривыми, построенными для ряда других бореальных разрезов (рис. 2).

В разрезе Маурынья на фоне общей тенденции к снижению значений  $\delta^{13}\text{C}$  наблюдаются два положительных экскурса, первый из которых фиксируется в нижней части разреза и характеризуется увеличением значений  $\delta^{13}\text{C}$  с  $-0.5\text{‰}$  до  $1.4\text{‰}$ . Похожий экскурс был установлен ранее в переходном интервале между зонами Fulgens и Subditus в разрезах Городищи (Gröcke et al., 2003) и Ятрия (Price, Mutterlose, 2004), а также в средней части зоны Okensis на п-ове Нордвик (Žák et al., 2011). Выше по разрезу происходит постепенное уменьшение значений  $\delta^{13}\text{C}$  практически до  $0\text{‰}$ . Второй экскурс, маркирующий верхнюю часть зоны Taimyrensis, также характеризуется увеличением значений (до  $1.6\text{‰}$ ) с последующим уменьшением до  $-0.5\text{‰}$  в низах слоев с *Maurynijensis*. Выше по разрезу, в пределах слоев с *Maurynijensis* и зоны Sibiricus, значения  $\delta^{13}\text{C}$  в среднем составляют  $0\text{‰}$ . В основании зоны Kochi они уменьшаются до  $-0.4\text{‰}$ .

В разрезе Нордвик зоны Taimyrensis и Chetae, в соответствии с ранее полученными данными (Žák et al., 2011), не характеризуются значительными экскурсами. На дополненной новыми данными  $\delta^{13}\text{C}$ -кривой наблюдается увеличение значений  $\delta^{13}\text{C}$  от  $0$  до  $0.9\text{‰}$  в верхах зоны

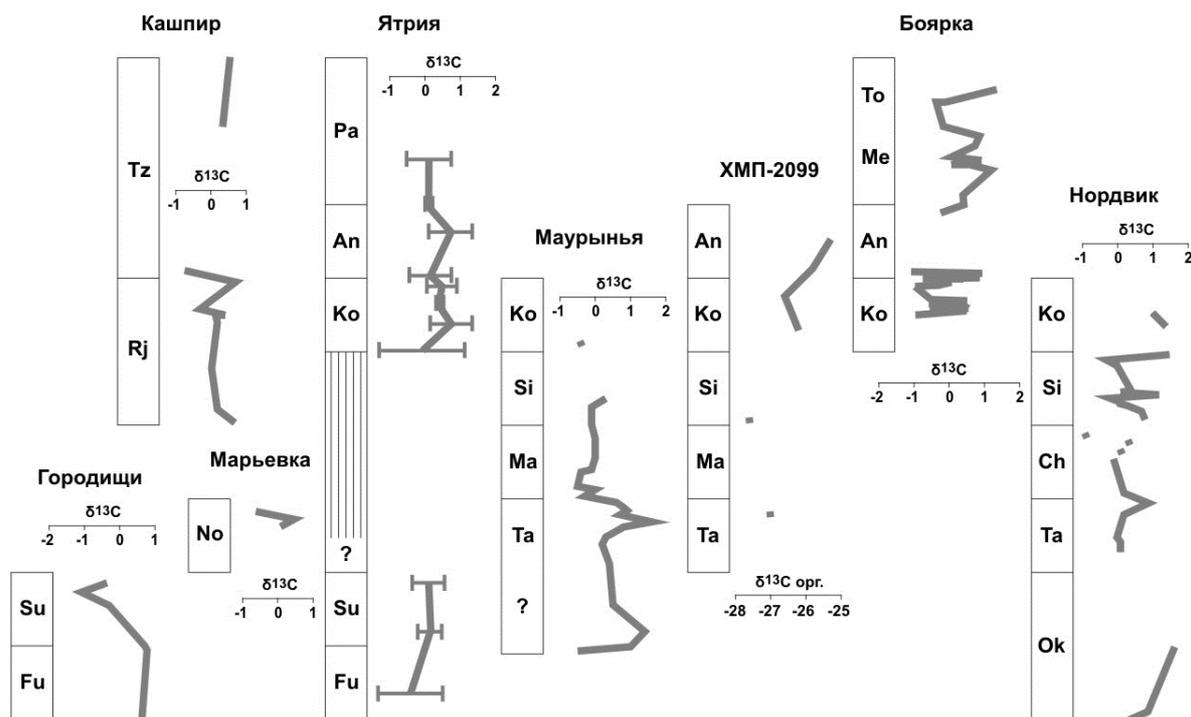


Рис. 2. Сопоставление изотопно-углеродных кривых, построенных для бореальных разрезов: Городищи, Кашпир (Grocke et al., 2003); Марьевка (Price, Rogov, 2009); Ятрия (Price, Mutterlose, 2004); Маурынья (наст. работа); ХМП-2099 (Шурыгин и др., 2007); Боярка (Nunn et al., 2010); Нордвик (Zak et al., 2011, с дополнением).

Аммонитовые зоны и слои: An - Analogus, Fu - Fulgens, Ko - Kochi, Ma - Maurynijensis, Me - Mesezhnikowi, No - Nodiger, Ok - Okensis, Pa - Payeri, Rj - Rjasanensis, Si - Sibiricus, Su - Subditus, Ta - Taimyrensis, To - Tolli, Tz - Tzikwianianus.

Taimyrensis и последующее снижение значений до  $-0.9...0.2\%$  в зоне Chetae. Установленные экскурсы, как легко заметить, аналогичны тем, что наблюдаются в разрезе Маурынья. Помимо этого, в пределах зоны Sibiricus в разрезе Нордвик были восполнены промежутки  $\delta^{13}\text{C}$ -кривой, характеризующиеся низкой плотностью данных, а также впервые получены данные, характеризующие среднюю часть зоны Kochi.

Изменение изотопного состава кислорода в рострах из разреза Маурынья происходит в пределах от  $-2$  до  $-0.2\%$ . В среднем значения  $\delta^{18}\text{O}$  здесь составляют  $-1.1\%$ , что заметно ниже средних значений, полученных в том же стратиграфическом интервале на п-ове Нордвик:  $-0.3\%$  по новым данным и  $-0.5\%$  по (Žák et al., 2011). В целом изменение величин  $\delta^{18}\text{O}$  в сравниваемой части разреза на п-ове Нордвик происходит в диапазоне от  $-1.7$  до  $0.8\%$ . Полученная разница в значениях свидетельствует о разнице температур вод в акваториях районов Маурынья и Нордвика. Какой-либо существенной связи колебаний значений  $\delta^{18}\text{O}$  с локальными изменениями глубин в этих акваториях нами не обнаружено. Следует полагать, что все или большая часть анализируемых ростров принадлежала nektonным белемнитам, которые при жизни не были связаны с дном. По-видимому, причины температурных отличий в значительной мере географические: в районе Маурынья, располагавшемся в более низких широтах, было теплее. На  $\delta^{18}\text{O}$ -кривой, построенной для разреза Маурынья, наблюдается тенденция к снижению значений снизу вверх по разрезу. Такая тенденция уже отмечалась для разрезов Русской платформы (Price, Rogov, 2009; и др.) и п-ова Нордвик (Žák et al., 2011), что связывалось с постепенным потеплением климата в течение позднеюрской эпохи. Лишь в средней части зоны Kochi, охарактеризованной новыми данными в разрезе Нордвик, наблюдается заметный положительный сдвиг в значениях  $\delta^{18}\text{O}$  до  $1.9\%$ , свидетельствующий о похолодании.

Работа выполнена при финансовой поддержке по программам РАН 21 и 25.

## ЛИТЕРАТУРА

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., Боден Ф., Дзюба О.С. и др. Изотопные и палеоэкологические свидетельства высоких палеотемператур в кимеридже Приполярного Урала // Геология и геофизика. 2005. Т. 46, № 1. С. 3–20.

Месежников М.С., Брэдучан Ю.В. Детальная стратиграфия пограничных слоев юры и мела на восточном склоне Приполярного Урала // Стратиграфия триасовых и юрских отложений нефтегазоносных бассейнов СССР. Л.: ВНИГРИ, 1982. С. 88–95.

Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Алифиров А.С. и др. Новый разрез приграничных толщ волжского и берриасского ярусов Большехетской мегасинеклизы (Западная Сибирь): комплексная палеонтологическая характеристика, лито-, био- и хемотратиграфия // Отв. ред. В.А. Захаров. Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Второе Всерос. совещание: научные материалы. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2007. С. 253–255.

Anderson T.F., Popp B.N., Williams A.C. et al. The stable isotopic record of fossils from the Petersborough Member, Oxford Clay Formation (Jurassic), UK: palaeoenvironmental implications // J. Geol. Soc. London. 1994. Vol. 151. P. 125–138.

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

Gröcke D.R., Price G.D., Ruffell A.H. et al. Isotopic evidence for Late Jurassic–Early Cretaceous climate change // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 2003. Vol. 202. P. 97–118.

Nunn E.V., Price G.D., Gröcke D.R. et al. The Valanginian positive carbon isotope event in Arctic Russia: Evidence from terrestrial and marine isotope records and implications for global carbon cycling // Cretaceous Research. 2010. Vol. 31. P. 577–592.

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. Vol. 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. Vol. 273. P. 41–49.

Žák K., Košťák M., Man O. et al. Comparison of carbonate C and O stable isotope records across the Jurassic/Cretaceous boundary in the Boreal and Tethyan Realms // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 2011. V. 299. P. 83–96.