

УДК 551 (736+761+464.6.02)

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ АЗОТА И УГЛЕРОДА В НИЖНЕМ ТРИАСЕ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ ПОСЛЕ МАССОВОГО ВЫМИРАНИЯ В КОНЦЕ ПЕРМИ

© 2018 г. Ю. Д. Захаров^{1,*}, М. Хорачек², Я. Шигэта³, А. М. Попов¹, Т. Маэкава⁴

Представлено академиком РАН А.И. Ханчуком 01.09.2015 г.

Поступило 17.09.2015 г.

Изложены материалы по изотопному составу азота и углерода в аргиллитах нижнего триаса в разрезе Абрек Южного Приморья, Дальний Восток. Результаты проведённых детальных изотопных исследований позволили выделить в индском–нижнеоленёкском интервале разреза Абрек пять N-изотопных интервалов и 36 их более дробных подразделений, а также 11 негативных C-изотопных экскурсов.

DOI: 10.7868/S0869565218050134

Важность результатов N-, C-, O-изотопных и другого рода геохимических исследований для палеоэкологических реконструкций и геологических корреляций была показана многими исследователями ([1–7] и др.). Вместе с тем соответствующая информация по нижнему и среднему триасу во многих регионах мира неполная. К их числу относится и юг российского Дальнего Востока.

Основное внимание в нашей работе уделено изотопному составу азота, углерода в морских отложениях нижнего триаса в разрезе Абрек Южного Приморья и дискуссии по некоторым аспектам условий среды в связи с восстановлением биот после массового вымирания в конце перми. Значения $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ в 207 пробах, отобранных Ю.Д. Захаровым из глинистых пород в основном с интервалом ~50 см, были рассчитаны М. Хорачеком на основе замеров, выполненных с помощью анализатора Flash-EA (Thermo), соединённого через CONFLO (Thermo) с масс-спектрометром Finnigan Delta (Thermo) в Исследовательском центре Визельбурга (Австрия). Результаты проведённых детальных изотопных исследований позволяют

выделить в индском–нижнеоленёкском интервале нижнего триаса разреза Абрек пять изотопных N-интервалов (I–V) и 36 их более дробных подразделений, а также 11 негативных изотопных C-экскурсов (а–м).

Интервал I, характеризующийся частым колебанием негативных (до -4%) и позитивных (до $+2,2\%$) значений $\delta^{15}\text{N}$, установлен в нижней части пачки 4 лазурнинской свиты индского возраста. В пределах интервала I обнаружен также негативный изотопный C-экскурс (-26%), обозначенный в работе как минимум “а”.

Интервал II, отличающийся преимущественно положительными значениями $\delta^{15}\text{N}$ (до $+8\%$), установлен в пределах пачек 4 (верхняя часть), 6, 7 лазурнинской свиты и пачек 8–11 житковской свиты раннеоленекского возраста. Здесь обнаружены пять негативных изотопных C-экскурсов (б–е), большинство из которых до -26% . Граница индского и оленёкского ярусов, располагающаяся в разрезе непосредственно ниже минимума “г”, соответствует, видимо, началу наиболее выраженной раннеоленёкской трансгрессии.

Интервал III, характеризуемый преимущественно негативными значениями $\delta^{15}\text{N}$ (до $-5,8\%$), установлен в пределах пачек 12 (за исключением нижних слоев), 13 и 14 (нижняя часть) житковской свиты. В пределах интервала III обнаружено четыре негативных изотопных C-экскурсов (ж–к), составляющих соответственно -26 ; -27 ; $-26,8\%$.

Интервал IV, отличающийся частым колебанием негативных (до $-2,1\%$) и позитивных (до $+1,8\%$)

¹ Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения Российской Академии наук,
Владивосток

² BLT Wieselburg Research Center Francisco-Josephinum,
Wieselburg, Austria

³ National Museum of Nature and Science, Tsukuba, Japan

⁴ Kumamoto University, Kurokami, Japan

* E-mail: yurizakh@mail.ru, yurizakharov@fegi.ru

значений $\delta^{15}\text{N}$, установлен в средней части пачки 14 житковской свиты. В пределах интервала IV обнаружен один негативный изотопный C-экскурс (-30%), обозначенный как минимум "л".

Интервал V, выделяющийся преимущественно позитивными значениями $\delta^{15}\text{N}$ (до $1,0\%$), установлен в самой верхней части пачки 14 житковской свиты. На этом уровне обнаружен негативный изотопный C-экскурс ($-9,8\%$), обозначенный как минимум "м".

Причина возникновения негативных изотопных C-экскурсов, в том числе одного из наиболее крупных из пограничных слоёв перми и триаса, всё ещё остаётся дискуссионной. Существует версия ([1, 7–9] и др.), согласно которой наиболее выраженные негативные изотопные C-экскурсы были вызваны прежде всего активизацией мантийно-плюмового вулканизма на севере Сибири. Однако в разрезе Абрек установлены лишь небольшие флуктуации значений $\delta^{13}\text{C}$. Положение в разрезе негативных изотопных C-экскурсов отражает, возможно, определённые циклы колебаний уровня моря в позднеиндское и раннеоленёкское время. Наиболее интенсивные поступления в осадки органического вещества морского происхождения связываются с трансгрессиями.

Литературные данные свидетельствуют о низких значениях $\delta^{18}\text{O}$, установленных в органическом апатите конодонтов из нижнего триаса палеоэкваториальных районов Южного Китая [2–4], Ирана [7] и Армении [10], а также южных средних палеоширот Соляного кряжа [5]. Они соответствуют весьма высоким ($28\text{--}45^\circ\text{C}$) палеотемпературам вод в случае их нормальной солёности и отсутствия проявлений диагенеза. Пермские палеотемпературы, полученные по изотопному O-составу апатита из Южного Китая и Ирана, значительно ниже ($20\text{--}34^\circ\text{C}$) [4, 7], но сравнимы с палеотемпературами, рассчитанными по кислородному составу кальцита хорошо сохранившихся раковин брахиопод Закавказья ($22,0\text{--}27,9^\circ\text{C}$) [11].

Имеющиеся данные по термометрии нижнего триаса Бореальной области основаны на материале по изотопному O-составу хорошо сохранившихся (арагонитовых) раковин аммоноидей из Арктической Сибири [11, 12]. Раннеоленёкские и позднеоленёкские диагенетически неизменённые раковины аммоноидей этого района также показали низкие значения $\delta^{18}\text{O}$, которые могут свидетельствовать о высоких температурах вод бассейна (соответственно $33\text{--}37$ и 40°C) в случае их нормальной солёности.

Три версии могут быть предложены для объяснения низких значений $\delta^{18}\text{O}$, установленных для низких, средних и высоких палеоширот раннетриасового времени.

(1) Ранний триас был временем экстремально высоких температур, существовавших в низких и высоких палеоширотах.

(2) Это было время почти глобально низкой солёности вод Мирового океана.

(3) Морские бассейны раннего триаса с существенно пониженной солёностью могли существовать только в пределах Бореальной области, и районы экстремально высоких температур были ограничены низкими и средними палеоширотами; слишком высокие значения ($42\text{--}45^\circ\text{C}$), рассчитанные по изотопному O-составу некоторых конодонтов из Ирана [7], являющиеся за пределами для существования белка живых организмов, могли быть вызваны небольшим диагенезом биогенного апатита или некоторым изменением изотопно-кислородного состава вод под влиянием локальных опреснений. Третья версия представляется наиболее предпочтительной.

Кривая вариаций значений $\delta^{15}\text{N}$ в глинистых породах нижнего триаса разреза Абрек обнаруживает определённые черты сходства с палеотемпературной кривой, составленной на основе изотопных O-данных по органическому апатиту из нижнего триаса разреза Наммал в Соляном кряже [5] (рис. 1).

В связи с этим представляют интерес данные, свидетельствующие о важной роли морского цикла азота в долгосрочном изменении климата [6], где показано, что прохладные и холодные интервалы ледниковых периодов неопротерозоя, фанерозоя характеризуются высокими значениями $\delta^{15}\text{N}$, в то время как тёплые и жаркие интервалы парниковых условий – относительно более низкими их значениями.

Общие данные по изотопному составу азота в отложениях неопротерозоя, фанерозоя, а также установленное сходство между изотопной N- и изотопной O- (палеотемпературной) кривыми Южного Приморья и Соляного кряжа [5], могут служить косвенным основанием для предположения, требующего дальнейшего подтверждения, что интервалы с высокими (позитивными) значениями $\delta^{15}\text{N}$ в разрезе нижнего триаса бухты Абрек в значительной мере также отражают условия доминирования более низких температур по сравнению с интервалами, охарактеризованными более низкими значениями $\delta^{15}\text{N}$ (рис. 2). Высокие температуры могли возникать в результате высвобождения большого объёма парниковых газов, в том числе N_2O , под влиянием вулканических процессов [6, 14]. Такому заключению не противоречат, по-видимому, данные, касающиеся позднепермского негативного изотопного N-экскурса, недавно обнаруженного в разрезах Мейшань, Тайпин, Дзоден Южного Китая, где он сопровождается

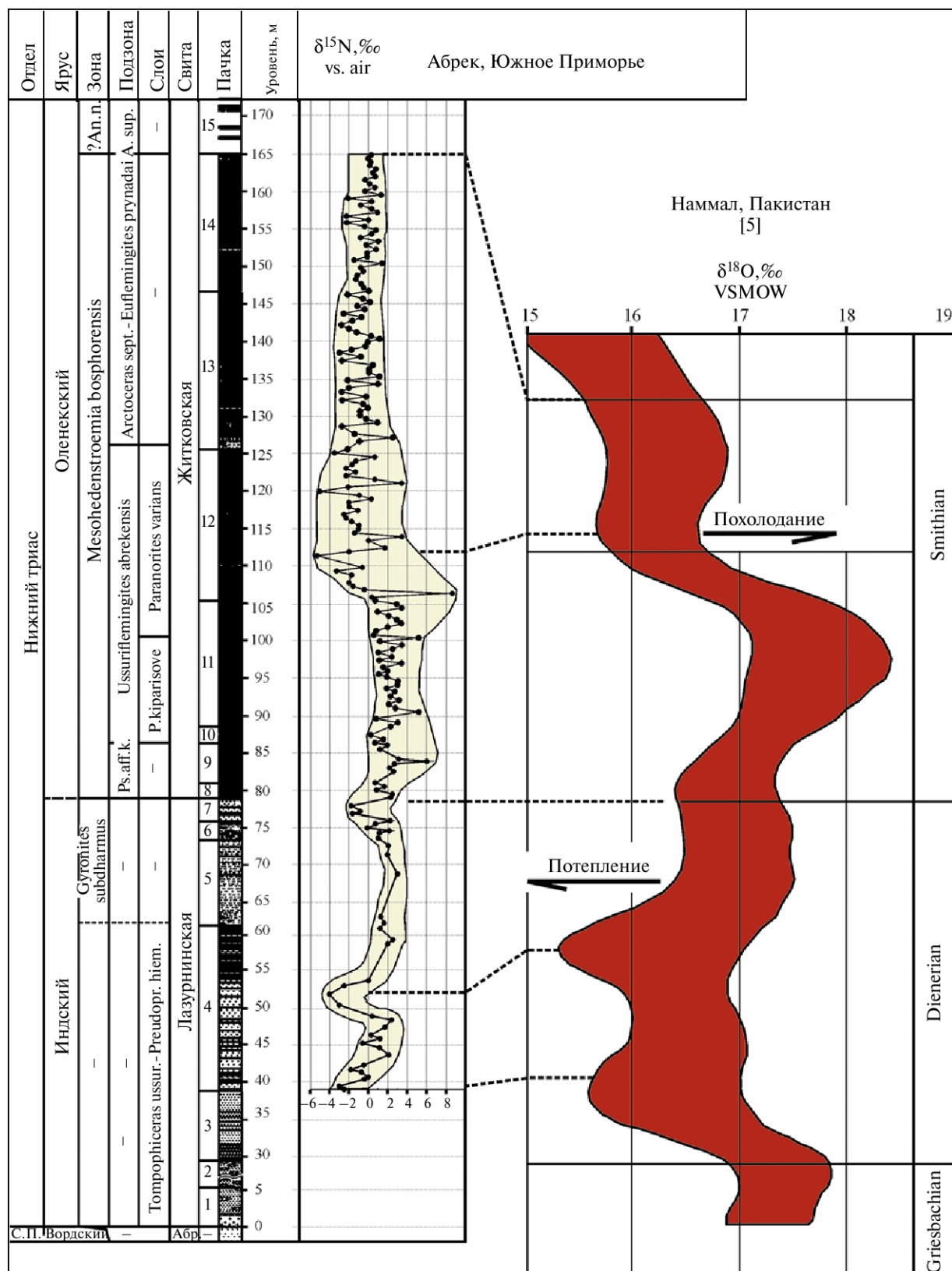


Рис. 1. Сопоставление кривых, составленных по изотопным N-данным по разрезу Абрек и изотопным O- данными по нижней части разреза Наммал [5].

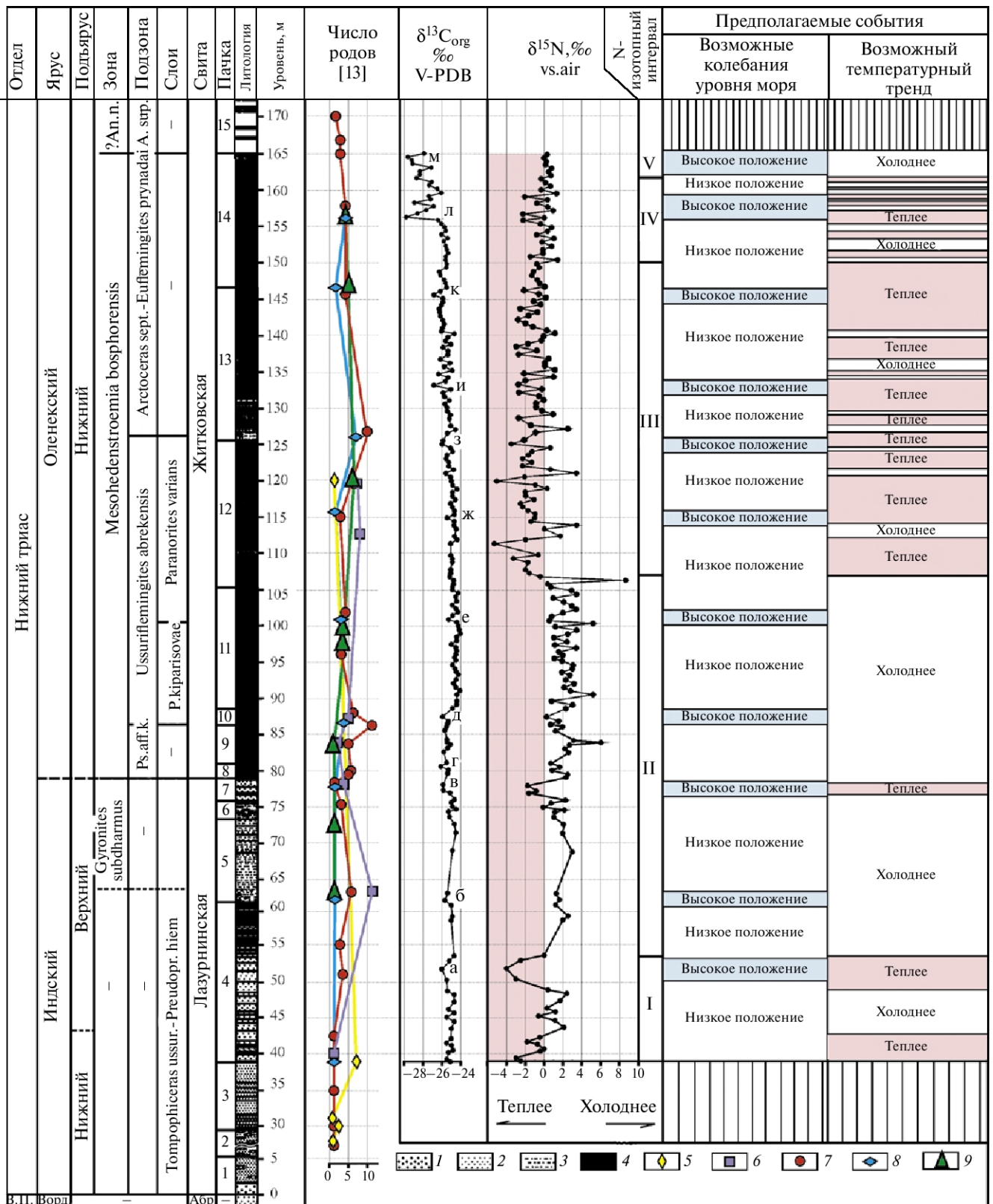


Рис. 2. Положение негативных изотопных С-экскурсов, изотопных N-интервалов и их подразделений в разрезе индских и нижнеоленёкских отложений бухты Абрек. 1 – конгломерат, 2 – песчаник, 3 – песчаный алевролит, 4 – аргиллит, 5 – брахиоподы, 6 – двустворчатые моллюски, 7 – амmonoидеи, 8 – конодонты, 9 – акулы (зубы). Сокращения: в.п. – верхняя пермь; ворд. – вордский; ? An.n. – ? *Anasibirites nevolini*; Ps. aff.k. – *Pseudaspides aff. kvansianus*, A. sub. – *Arctoceras subhydaspis*, *Tompophiceras ussur.-Pseudopr. hiem.* – *Tompophiceras ussuriense-Pseudoprotychites hiemalis*; P. kiparisovae – *Parahedenstroemia kiparisovae*; абр. – абрекская.

позднепермскую негативную изотопную С-аномалию [14].

Основной причиной массового вымирания организмов на рубеже перми и триаса многие исследователи считают климатические изменения, прежде всего резкое потепление [2, 3–5, 8]. Однако для полного понимания роли термального эффекта в этом процессе должны быть приняты во внимание имеющиеся свидетельства кратковременного падения температур в начале индского века. К числу таких свидетельств можно отнести, в первую очередь, результаты Са–Mg-исследования карбонатов из пограничных слоев перми и триаса в Закавказье [11], данные по изотопному О-составу конодонтов перми и триаса района Кух-и-Али Баши в Северном Иране [7], изотопные О-данные по континентальным карбонатам Русской платформы, некоторые палеоботанические свидетельства [15]. Но нельзя отрицать, что термальный эффект был одним из серьезных препятствий для восстановления биот в раннем триасе.

Если признать корректным допущение относительно того что колебания изотопного состава азота в разрезе Абрек соответствуют в значительной мере температурным изменениям среды, то можно предположить, что наибольшее таксономическое разнообразие моллюсков в этом разрезе нижнего триаса приходится на позднеиндский–раннеоленинский интервал пониженных температур. Данное предположение в значительной мере согласуется с данными по распределению моллюсков в нижнем триасе Соляного кряжа [5]. Однако подобная корреляция на примере акул и конодонтовых организмов не подтверждается (рис. 2). Брахиоподы использовали благоприятную возможность для активного восстановления значительно позднее, чем аммоноидеи: в начале позднеоленинского времени.

Изотопные N-, С-данные детально исследованного разреза Абрек свидетельствуют, несомненно, о нестабильности условий среды индского и раннеоленинского времени. Она могла быть вызвана рядом глобальных событий, в том

числе с неравномерным проявлением тектонической и мантийно-плюмовой вулканической активности,

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 14–05–00011).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Korte C., Pande P., Kalia P., et al. // J. Asian Earth Sci. 2010. V. 37. P. 293–311.
2. Joachimski M.M., Lai X., Shen S., et al. // Geology. 2012. V. 40. P. 195–198.
3. Sun Y., Joachimski M.M., Wignall P.B., et al. // Science. 2012. V. 338. P. 366–370.
4. Goudemand N., Romano C., Brayard A., et al. // Science. 2013. V. 339. P. 1033–1037.
5. Romano C., Goudemand N., Vennemann T.W., et al. // Nature Geosci. 2013. V. 6. P. 57–60.
6. Algeo T.J., Meyers P.A., Robinson R.S., et al. // Biogeosciences. 2014. V. 11. P. 1273–1295.
7. Schobben M., Joachimski M.M., Korn D., et al. // Gondwana Res. 2014. V. 26. P. 675–683.
8. Чумаков Н.М. // Тр. ГИН РАН. 2004. Т. 550. С. 230–256.
9. Sobolev S.V., Sobolev A.V., Kuzmin A.V., et al. // Nature. 2011. V. 477. P. 312–316.
10. Grigoryan A.G., Alekseev A.S., Joachimski M.M., Gatovsky Y.A. XVIII Intern. Congress on the Carboniferous and Permian. Kazan, Russia. Abstr. Vol. Kazan: Kazan Federal Univ., 2015. P. 74.
11. Zakharov Y.D., Boriskina N.G., Cherbadzhi A.K., et al. // Albertiana. 1999. № 23. P. 11–22.
12. Захаров Ю.Д., Найдун Д.П., Теус Р.В. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1975. № 4. С. 101–113.
13. The Lower Triassic system in the Abrek Bay area, South Primorye, Russia (Eds. Shigeta Y., Zakharov Y.D., Maeda H., Popov A.M.). Tokyo: Nat. Museum of Nature and Sci., 2009. 218 p.
14. Luo G., Wang Y., Algeo T.J., et al. // Geology. 2011. V. 39. № 7. P. 647–650.
15. Арефьев М.П., Кулешов В.Н., Покровский Б.Г. // ДАН. 2015. Т. 460. № 2. С. 193–197.