

ГЛОБАЛЬНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ БАЗАЛЬНЫХ СЛОЕВ ТРИАСА В СВЕТЕ ПЕРВЫХ
ИЗОТОПНО-УГЛЕРОДНЫХ СВИДЕТЕЛЬСТВ ПО ГРАНИЦЕ ПЕРМИ И ТРИАСА НА
СЕВЕРО-ВОСТОКЕ АЗИИ

Ю.Д. Захаров¹, А.С. Бяков², М. Хорачек³

¹ ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр. 100-лет Владивостоку 159, Владивосток, 690022; e-mail: yurizakh@mail.ru

² ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО РАН, ул. Портовая 16, Магадан, 685000

³ Австрийский институт технологии GmbH, 3430 Тульн, Австрия

Поступила в редакцию 9 апреля 2013 г.

Статья посвящена глобальной корреляции пограничных слоев перми и триаса морского происхождения. В работе использованы частично опубликованные и оригинальные данные по значениям $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$, полученным по разрезу ручья Суол (р. Сеторым, Южное Верхоянье). В разрезе установлено шесть изотопно-углеродных интервалов, хорошо различающихся в изотопно-углеродных кривых, построенных по ряду опорных разрезов перми и триаса Евразии и Северной Америки, в том числе по палеонтологически хорошо охарактеризованным разрезам Центрального Ирана, Кашмира и Южного Китая. Это позволяет предполагать положение Р-Т границы в разрезе ручья Суол как близкое к изотопно-углеродному минимуму интервала IV. В свете новых данных верхнюю часть чансинского яруса верхней перми в Сибири предлагается рассматривать в объеме ранговой зоны *Otoceras concavum*, а нижний подъярус индского яруса нижнего триаса – в объеме зон *Tomphoceras pascoei* и *Wordieoceras decipiens*. Зона *O. concavum* Верхоянья в новом понимании соответствует, вероятно, позднечансинской зоне *Hypophoceras triviale* Гренландии. Изотопно-углеродные интервалы II, III, IV и V, установленные в пограничных слоях перми и триаса Верхоянья и прослеживаемые в ряде опорных разрезов Евразии и Северной Америки, соответствуют, очевидно, некоторому усилению вулканической активности в начале позднего чансиня и первым массивным фазам излияния Сибирских траппов в конце чансинского и начале индского веков. Новые данные свидетельствуют о возможности выживания некоторых аммоноидей (надсемейство *Otoceratoidea*) на видовом уровне после массового вымирания организмов в конце перми.

Ключевые слова: верхняя пермь, нижний триас, моллюски, изотопы углерода, Южное Верхоянье, Северо-Восток Азии, глобальная корреляция.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно традиционной точке зрения [37, 40, 45 и др.], граница перми и триаса совпадает с нижней границей слоев с *Otoceras*, встречающихся как в Тетической (Гималайская провинция), так и в Бореальной надобластях. В последней биохории она связывалась еще и с началом глобальной трансгрессии [5]. Вместе с тем, аммоноидеи рода *Otoceras* отсутствуют во многих регионах мира, в частности они достоверно не установлены в районах низких палеоширот, что создает известные трудности в глобальной корреляции базальных слоев триаса на основе данных по аммоноидеям.

В 2001 г. в качестве глобального стратотипа границы (GSSP) перми и триаса был утвержден мейшанский разрез в Южном Китае [44], где Р-Т граница определена по первому появлению (FAD) конодонтов вида *Hindeodus parvus* Kozur в основании слоя 27с формации Инькэн. Форма, определенная как *Otoceras?* sp. [43], обнаружена здесь ниже Р-Т границы, в слое 26, в то время как в разрезах Спити в Гималаях установлено совместное нахождение аммоноидей рода *Otoceras* и конодонтов *Hindeodus parvus* [34]. Родовая принадлежность упомянутой формы из Китая, относящейся к надсемейству *Otoceratoidea*, определена условно из-за отсутствия полных сведе-

ний по ее лопастной линии (известен лишь фрагмент ее приумбиликальной части) [43].

Использование палеомагнитного метода для корреляции базальных слоев триаса, представленных различными фациями, на данной стадии изучения пока не позволяет достоверно судить о точном стратиграфическом положении границ слоев с *Otoceras*. На основе имеющихся данных можно говорить лишь о том, что Р-Т граница располагается в пределах интервала с прямой намагниченностью [8, 24]. В связи с этим корреляция базальных слоев триаса с учетом изотопно-углеродных данных, полученных как по глобальному стратотипу в Южном Китае [27, 31, 44], так и по опорным разрезам ряда других регионов мира [14, 19, 21, 26, 27, 41], приобретает особо важное значение.

Э.Т. Тозер [40] различал две зоны в нижней части триаса в Арктической Канаде (*Otoceras concavum* и перекрывающую ее *O. boreale*). Триасовый возраст, по крайней мере, интервала распространения *O. concavum* Tozer, однако, был поставлен под сомнение рядом исследователей преимущественно на основе имеющихся данных по конодонтам Бореальной области [20, 32–34], а также некоторых изотопно-углеродных и палеонтологических исследований [16, 41], позволяющих, в частности, предполагать положение Р-Т границы в Гренландии в основании зоны *Hypophiceras martini*.

В настоящей статье приводится полная информация по сопоставлению изотопно-углеродных данных [23], недавно полученных по пограничным отложениям перми и триаса Верхоянья (разрез Суол), и результатов палеонтологических наблюдений в ряде разрезов этого региона с целью уточнения стратиграфического положения слоев с *Otoceras* в Бореальной области, что имеет важное значение для глобальной корреляции базальных слоев триаса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для настоящего исследования послужили коллекции двустворчатых и головоногих моллюсков, собранных А.С. Бяковым и Ю.Д. Захаровым в разные годы в имтачанской и некучанской свитах бассейна р. Сеторым, притока р. Восточная Хандыга в Южном Верхоянье. Изотопно-углеродные исследования кальцита ограниченного числа раковин позднепермских двустворчатых моллюсков из имтачанской свиты были выполнены с помощью масс-спектрометра Finnigan MAT-252 в Аналитическом Центре ФГБУН Дальневосточного геологического института. Лабораторный стандарт, используемый при замерах, был калиброван относительно стандарта NBS-19 ($\delta^{13}\text{C} = 1.93\text{‰}$) [17]. Воспроизводимость стандарта в лабораторных условиях выше 0.1 ‰.

Значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ в 250 пробах (серия 14), отобранных А.С. Бяковым и Е.В. Колесовым из аргиллитов верхней части имтачанской и нижней части некучанской свит разреза руч. Суол (правобережье р. Сеторым) с интервалом около 10 см, недавно были рассчитаны М. Хорачеком и С. Ричосом [23] на основе замеров, выполненных с помощью масс-спектрометра Finnigan MAT-251 (Университет в Грац, Австрия). Полная информация по методике их анализа и полученным результатам будет приведена в отдельной статье.

Палеонтологические образцы, отобранные Ю.Д. Захаровым в разрезе руч. Николкин Ключ, обозначены как коллекции 351 и 352 (хранящиеся в ДВГИ ДВО РАН), в разрезе руч. Серегин – как коллекция 338.

РАЗРЕЗЫ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПЕРМСКИХ И НИЖНЕЙ ЧАСТИ ТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАСЕЙНА РЕКИ СЕТОРЫМ (ЮЖНОЕ ВЕРХОЯНЬЕ)

Слои с *Otoceras* в Сибири впервые были обнаружены в 1955 г. благодаря исследованиям В.И. Колевцева и С.В. Домохотова в верховьях Индигирки Восточного Верхоянья. Собранные ими *Otoceras* [6] были описаны Ю.Н. Поповым [10–12] как *Otoceras boreale* Spath и *O. indigirensis* Popow (соответственно *O. concavum* Tozer и *O. boreale* Spath, в понимании А.С. Дагиса и С.П. Ермаковой [18]). Первое описание слоев с *Otoceras* бассейна р. Сеторым в Южном Верхоянье на основе трех пересечений на правобережье реки, в том числе разреза по руч. Суол, и пяти пересечений на ее левобережье было выполнено С.В. Домохотовым, считавшим этот район наиболее перспективным в Сибири для изучения пограничных слоев перми и триаса. В дальнейшем эти разрезы в бассейне р. Сеторым исследовались Ю.Д. Захаровым [7, 46], В.И. Коростелевым [9], Ю.В. Архиповым [1], А.С. Дагисом и др. [4], А.С. Дагисом и Ермаковой [18] и А.С. Бяковым и др. [2].

Вслед за С.В. Домохотовым все упомянутые выше исследователи до недавнего времени считали, что граница перми и триаса в бассейне р. Сеторым совпадает с границей имтачанской и некучанской свит.

Ниже дано детальное послойное описание отложений верхней части имтачанской и нижней части некучанской свит разреза Суол (рис. 1), где были приняты основные изотопно-углеродные исследования [22]. Приведенные также описания трех других разрезов (водораздел р. Сеторым и руч. Суол, Николкин Ключ и руч. Серегин) существенно дополняют палеонтологическую характеристику перми и триаса разреза Суол.

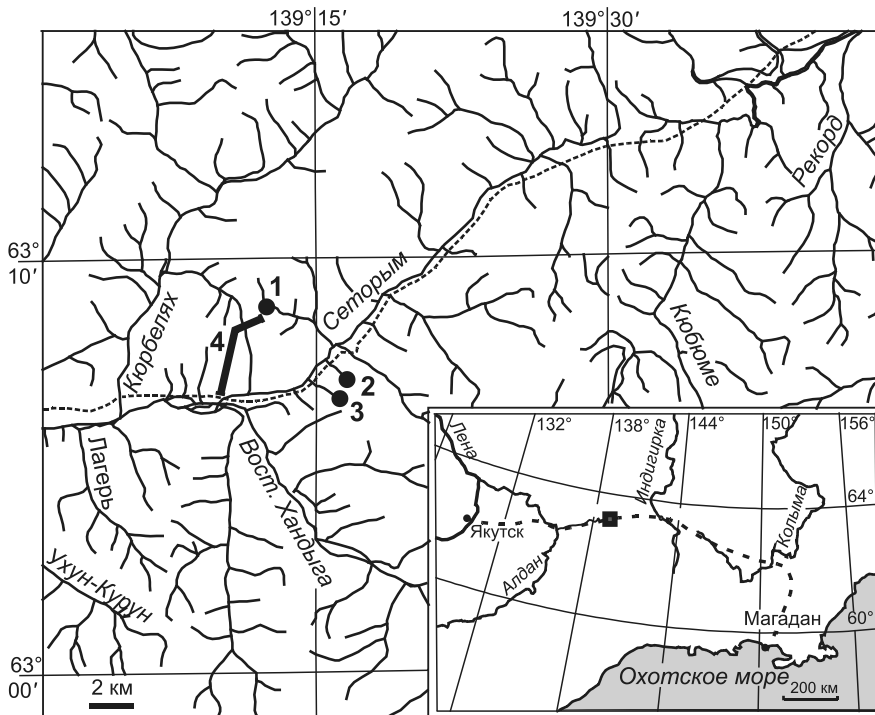


Рис. 1. Положение исследованных разрезов в бассейне р. Сеторым, Верхоянье.

1 – руч. Суол, 2 – руч. Николкин Ключ, 3 – руч. Серегин, 4 – водораздел р. Сеторым и руч. Суол.

Водораздел реки Сеторым и ручья Суол

Имтачанская свита недавно была детально исследована А.С. Бяковым и др. [13] на водоразделе р. Сеторым и руч. Суол. Нижняя вскрытая часть разреза имтачанской свиты сложена здесь пачками алевролитов и мелкозернистых песчаников (пачки 1–4) общей мощностью более 85 м и охарактеризована позднепермскими двустворками *Maitaia* cf. *tenkensis* Biakov.

Верхняя вскрытая часть разреза имтачанской свиты представлена переслаиванием преимущественно песчаных алевролитов и мелкозернистых, часто комковатых песчаников (пачки 5–24, контакт с пачкой 25 некучанской свиты здесь не наблюдался), общей мощностью около 415 м.

В нижней части имтачанской свиты (пачки 5–7) на водораздельной части р. Сеторым и руч. Суол найдены остатки двустворок *Maitaia* cf. *quadrata* (Lutkevich et Lobanova), *Intomodesma* ex gr. *costatum* Popow, *Phestia* ex gr. *magna* (Popow), *Phestia* sp. (здесь и далее определения пермских двустворок выполнены А.С. Бяковым) и неопределимых гастропод. В известковистых конкрециях средней части свиты (пачки 8–16) установлены двустворки *Phestia* ex gr. *magna* (Popow), *Myonia* cf. *gibbosa* (Maslennikow), *Intomodesma evenicum* Kusnezov, *Intomodesma* sp. indet., *I.* ex gr. *costatum* Popow и гастроподы. Верхняя часть свиты (пачки 17–24) охарактеризована двустворками *Pachymyonia bicarinata* (Astafieva-Urbajtis), *Intomodesma evenicum* Kusnezov, *I.* cf. *turgidum* Popow, *I.* ex gr. *costatum*

Popow, *Intomodesma* sp. indet., *Maitaia* sp., *Cunavella etheridgeiformis* Astafieva-Urbajtis, *Cunavella?* sp. indet., гастроподами и криноидеями *Pentagonopternix* sp. (определение А.В. Куриленко). На основании находок двустворок эту часть разреза имтачанской свиты можно уверенно отнести к бивальвиевой зоне *Intomodesma costatum*, венчающей пермскую бивальвиевую зональную последовательность Северо-Востока Азии [3].

Дополнительная информация по разрезу, включающая некоторые изотопные данные, будет дана в отдельной статье.

Ручей Суол

Разрез Суол, расположенный на правом берегу р. Сеторым (63°08' с.ш., 139°10' в.д.), был исследован С.В. Домохотовым [6], А.С. Дагисом с соавторами [4], В.И. Коростелевым [9], Ю.В. Архиповым [1], А.С. Бяковым с соавторами [2] и некоторыми другими исследователями. Детальное описание аммоноидей из этого разреза приведено в работе А.С. Дагиса и С.П. Ермаковой [18]. В приводимом ниже описании, выполненном А.С. Бяковым, в фигурных скобках указаны номера отобранных геохимических проб. Для полноты информации по стратиграфическому распространению видов в бассейне р. Сеторым на рис. 2 помимо палеонтологических данных по разрезу Суол приведены соответствующие сведения по разрезам Николкин Ключ и руч. Серегин (особыми обозначениями).

Разрез по руч. Суол представлен следующими отложениями (снизу вверх) (рис. 2):

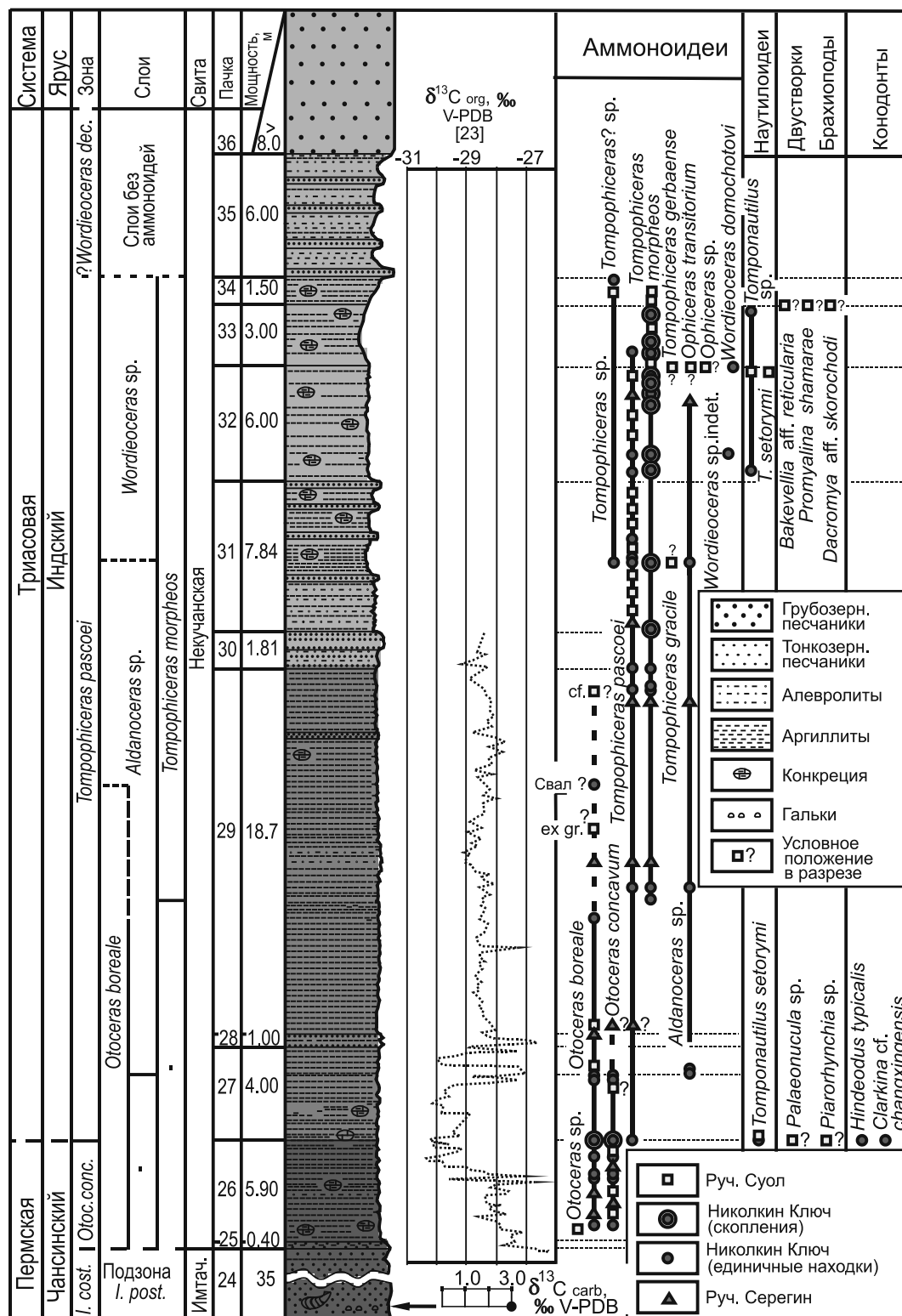


Рис. 2. Стратиграфическая колонка пограничных отложений перми и триаса разреза Суол (особыми обозначениями дополнительно показаны виды моллюсков и конодонтов, обнаруженных в соответствующих пачках разрезов Николкин Ключ и руч. Серегин).

Материал по высокому значению $\delta^{13}C_{carb}$ в кальците призматического слоя раковины *Itomodesma* sp. indet. (10-14/АБ-02) из верхней части имтачанской свиты приводится впервые. Сокращения: *I. cost.* – *Intomodesma costatum*, *I. post.* – *I. postevenicum*, *Otoc. conc.* – *Otoceras concavum*, имтач. – имтачанская.

Имтачанская свита

24. Песчаники мелко- и среднезернистые, серые и светло-серые, горизонтально- и косослоистые, с редкими прослоями (до 30 см) темно-серых алевролитов и аргиллитов (35 м).

Оригинальные данные по изотопно-углеродному составу кальцита призматического слоя одной из исследованных раковин *Intomodesma* (1-24/АБ-02) приведены на рис. 2. Последняя была обнаружена в 15 м выше основания пачки 24.

Верхний интервал пачки 24 представлен наиболее тонким переслаиванием песчаников и алевролитов аргиллитов (снизу вверх):

- а) Алевролитистые аргиллиты темно-серые до черных {14-1} (8 см).
- б) Песчаники мелкозернистые, темно-серые (5 см).
- в) Алевролитистые аргиллиты темно-серые до черных {14-2} (1–3.5 см).
- г) Песчаники мелкозернистые, темно-серые (5 см).
- д) Алевролитистые аргиллиты темно-серые {14-3} (0.2–0.3 см).
- е) Песчаники мелкозернистые, темно-серые (6–7 см).
- ж) Алевролитистые аргиллиты темно-серые {14-4} (1.5–2 см).
- з) Песчаники мелкозернистые, светло-серые и серые (5 см).
- и) Алевролитистые аргиллиты темно-серые {14-5} (3.5–4 см).
- к) Песчаники мелкозернистые, серые и темно-серые (16–17.5 см).

В фигурных скобках здесь (верхний интервал пачки 24) и далее указаны номера проб, отобранных для выполнения изотопно-углеродных анализов; места отбора проб 14-1 и 14-5 расположены, соответственно, в 56.5 и в 19 см ниже кровли пачки 24.

Мощность исследованной части имтачанской свиты 525 м.

Некучанская свита

Отложения некучанской свиты, содержащие слои с *Otoceras* [6, 9, 18] и представленные в своей нижней части аргиллитами и алевролитами с кремнисто-глинисто-карбонатными конкрециями и редкими прослоями песчаников, залегают согласно на породах имтачанской свиты.

Зона *Otoceras concavum*

25. Песчаники мелко-среднезернистые, темно-серые и серые, слюдистые, с включениями брекчированных обломков и прослоями темно-серых аргиллитов {проба 14-6 отобрана из линзы (0.5 см по мощ-

ности) темно-серых аргиллитов, встреченных в 5 см выше основания пачки} (0.4 м).

26. Аргиллиты темно-серые, острооскольчатые, местами со скорлуповатой отдельностью, с относительно редкими кремнисто-глинисто-карбонатными конкрециями уплощенной и вытянутой формы {с 14-7 по 14-52} (5.9 м).

Аммоноидеи *Otoceras concavum* Tozer [4, 18]. Первый представитель рода *Otoceras* (мелкий *Otoceras* sp.) встречен в 1 м выше основания пачки (данные А.С. Бякова, определение С.П. Ермаковой).

Зона *Tomophraceras pascoei*

27. Аргиллиты темно-серые, с крупными кремнисто-глинисто-карбонатными конкрециями уплощенной и вытянутой формы {с 14-53 по 14-84} (4.0 м).

Аммоноидеи *Otoceras boreale* Spath (в верхней части пачки), наутилоидеи *Tomponautilus setorymi* Sobolev, брахиоподы *Piarorhynchia* sp., двустворки *Palaeonucula* sp., гастроподы *Worthenia* sp., ракообразные *Estheria* sp. (по-видимому, в нижней части пачки) [4, 6, 18].

28. Песчаники мелко-среднезернистые, темно-серые, граувакковые, с туфовой примесью, неясно горизонтальнослоистые, с линзовидными прослоями темно-серых аргиллитов. В средней части – прослой (20 см) темно-серого алевролитистого аргиллита {14-86 и 14-87} (1.0 м). В прикровельной части песчаники содержат округлые интракласты темно-серых аргиллитов размером до 3 см.

29. Алевролиты и аргиллиты темно-серые, с мелкими глинисто-кремнистыми конкрециями и редкими прослоями мелкозернистых песчаников мощностью до 0.5 м {с 14-89 по 14-229} (18.7 м).

Аммоноидеи *Otoceras boreale* Spath (в 1.2 м выше основания пачки), *Otoceras* cf. *boreale* Spath (в 17.6 м выше основания пачки), *Otoceras* ex gr. *boreale* Spath (в нижней и средней частях пачки) [4, 18].

30. Песчаники неравномерностернистые, темно-серые, с галькой глинистого состава и редкими прослоями алевролитов и аргиллитов {с 14-230 по 14-234} (1.81 м).

31. Алевролиты и аргиллиты темно-серые, с мелкими глинисто-кремнистыми конкрециями и прослоями неравномерностернистых песчаников {14-235 из основания пачки} (7.84 м).

Аммоноидеи *Tomophraceras pascoei* (Spath), ракообразные *Estheria* sp. [4, 6, 18].

32. Алевролиты и аргиллиты темно-серые, с многочисленными мелкими глинисто-кремнистыми конкрециями и редкими маломощными прослоями мелкозернистых песчаников (не менее 6 м).

Аммоноидеи *T. pascoei* (Spath), *T. gracile* (Spath), наутилоидеи *Tomponautilus setorymi* Sobolev, двустворки *Promyalina shamarae* Bittner, *Bakevellia* aff. *reticularia* Popow, *Dacryomya* aff. *skorochodi* Kiparisova, *Claraia* sp., *Palaeonucula* sp., гастроподы, ракообразные *Estheria* sp. [4, 6, 18].

33. Алевролиты и аргиллиты темно-серые, с мелкими гинисто-кремнистыми конкрециями (не менее 3 м).

Аммоноидеи *Tomphoceras morpheos* (Popow), *T. gerbaense* (Popow), *Ophiceras transitorium* (Spath), двустворки *Palaeonucula* sp., гастроподы *Bellerophon boreale* Spath, ракообразные *Estheria* sp. [4, 6, 18].

34. Песчаники тонкозернистые, темно-серые, тонкослоистые, с глинисто-кремнистыми конкрециями (не менее 1.5 м).

Аммоноидеи *Tomphoceras* sp. [4, 18].

Предположительно зона *Wordieoceras decipiens*

35. Песчаники тонкозернистые, темно-серые, тонкослоистые, с прослоями преимущественно серых алевролитов (не менее 6.0 м).

36. Песчаники грубозернистые и мелкозернистые, темно-серые (более 8 м).

Мощность исследованной части некучанской свиты около 56 м. Пробы на изотопно-углеродный анализ были отобраны из верхней части имтачанской свиты (0.97 м) и большей части (около 35 м) исследованного интервала некучанской свиты.

Ручей Николкин Ключ

Разрез Николкин Ключ, расположенный на левобережье р. Сеторым, в 5 км юго-восточнее разреза Суол, и впервые детально исследованный Ю.Д. Захаровым [7, 46], представлен следующими отложениями (снизу вверх):

Имтачанская свита

24. Песчаники грубозернистые, светло-серые, с прослоями серых мелкозернистых песчаников и темно-серых алевролитов и аргиллитов (мощность исследованной части пачки 7 м).

В алевролитах непосредственно подстилающих отложений встречаются двустворки *Intomodesma* sp.

Некучанская свита

Зона *Otoceras concavum*

25. Песчаники мелко- и тонкозернистые, серые и темно-серые, слюдистые, с мелкими включениями брекчированных обломков аргиллитов (0.9 м).

26. Аргиллиты и алевролиты темно-серые, с относительно редкими кремнисто-глинисто-карбонатными конкрециями уплощенной и вытянутой формы (4.5–5.2 м).

Аммоноидеи *Otoceras boreale* Spath (в пределах пачки встречены на четырех стратиграфических уровнях: в 0.7 м (352-1), 3.0 м (352-2), 3.2 м (351-48) и 4.2 м (351-42) выше основания пачки, *Otoceras concavum* Tozer (встречены на тех же уровнях, что и *Otoceras boreale* (рис. 2).

Зона *Tomphoceras pascoei*

27. Аргиллиты и алевролиты темно-серые, с многочисленными крупными кремнисто-глинисто-карбонатными конкрециями уплощенной и вытянутой формы (около 2.2–2.7 м).

Otoceras-содержащие кремнисто-глинисто-карбонатные конкреции образуют большие скопления в основании пачки – линзовидный слой 351-39 мощностью до 25 см. Конодонты *Hindeodus typicalis* (Sweet), *Clarkina* cf. *changxingensis* Wang et Wang, встреченные только в основании пачки (слой 351-39); аммоноидеи *Otoceras boreale* Spath (в пределах пачки встречены на двух стратиграфических уровнях: в основании пачки (слой 351-39) и в 1.5 м выше основания пачки (слой 351-25), *Otoceras concavum* Tozer (встречены на тех же уровнях, что и *Otoceras boreale*), *Tomphoceras pascoei* Spath (в основании пачки – слой 351-39), *Aldanoceras* sp. (в верхней части пачки – слой 351-23b); наутилоидеи *Tomponautilus setorymi* Sobolev (встречены в основании и в верхней части пачки – слои 351-39, 351-26); мелкие двустворки «*Claraia*» sp. (в нижней части пачки).

28. Песчаники мелкозернистые, темно-серые (0.45 м).

29. Алевролиты и аргиллиты серые, с многочисленными глинисто-кремнистыми конкрециями и редкими прослоями темно-серых мелкозернистых песчаников мощностью до 0.5 м (17.2 м).

Аммоноидеи *Otoceras boreale* Spath (352-11, 352-17 – в 6 м и предположительно в 12.5 м выше основания пачки), *Tomphoceras pascoei* (Spath) (352-13, 352-20, 352-27 – в 8 м, 12.5 м и примерно в 13.5–14 м выше основания пачки), *T. morpheos* (Popow) (352-13 и др. – примерно в 7.3–8 м выше основания пачки), *Aldanoceras* sp. (352-16 – примерно в 8 м выше основания пачки).

30. Песчаники неравномернозернистые, темно-серые, с редкими прослоями алевролитов и аргиллитов (около 1 м).

31. Алевролиты и аргиллиты темно-серые, с мелкими глинисто-кремнистыми конкрециями и прослоями неравномернозернистых песчаников (5.5 м).

Аммоноидеи *T. pascoei* (Spath) (с 352-41 по 352-49 – примерно в 0.5 м выше основания пачки; 352-44 – примерно в 1 м выше основания пачки), *T. morpheos* (Popow) (с 352-41 по 352-49 – примерно в 0.5 м выше основания пачки).

32. Алевролиты и аргиллиты темно-серые, с многочисленными мелкими глинисто-кремнистыми конкрециями и редкими маломощными прослоями мелкозернистых песчаников (6 м).

Аммоноидеи *Tomprophiceras pascoei* (Spath) (352-50, 352-66 и др. – по всему интервалу пачки), *T. morpheos* (Porow) (352-74 и др. – по всему интервалу пачки), *Wordieoceras* sp. indet. (в нижней части пачки), наутилоидеи *Tomponautilus* sp. (в нижней части пачки).

33. Алевролиты и аргиллиты темно-серые, с мелкими глинисто-кремнистыми конкрециями (3 м).

Аммоноидеи *Tomprophiceras pascoei* (Spath) (352-103 – в нижней части пачки), *T. morpheos* (Porow) (352-102 др. – по всему интервалу пачки), *Ophiceras* sp., *Wordieoceras domokhotovi* (Zakharov) (352-97 – в средней части пачки), *Wordieoceras* sp., наутилоидеи *Tomponautilus* sp., мелкие двустворки.

34. Песчаники тонкозернистые, темно-серые, тонкослоистые, с прослоями серых алевролитов и редкими глинисто-кремнистыми конкрециями (1.5 м).

Наутилоидеи *Tomponautilus* sp.

Предположительно зона *Wordieoceras decipiens*

35. Песчаники тонкозернистые, темно-серые, тонкослоистые, с прослоями преимущественно серых алевролитов (6.5 м).

Аммоноидеи *Tomprophiceras?* sp. (352-105, 352-106 – в нижней части пачки).

36. Песчаники грубозернистые и мелкозернистые, темно-серые (более 8 м).

Мощность исследованной части некучанской свиты в разрезе не менее 57 м.

Ручей Серегин

Разрез Серегин, расположенный на левобережье р. Сеторым, в 1 км юго-западнее разреза Николкин Ключ, и впервые исследованный Ю.Д. Захаровым [7], представлен следующими отложениями (снизу вверх):

Имтачанская свита

24. Песчаники среднезернистые, светло-серые, слюдястые, с прослоями темно-серых алевролитов (мощность исследованной части пачки около 11 м).

Некучанская свита

Зона *Otoceras concavum*

25. Песчаники мелко- и среднезернистые, темно-серые и серые, слюдястые, с включениями брекчированных обломков аргиллитов (около 1 м).

26. Аргиллиты темно-серые, острооскольчатые, местами со скорлуповатой отдельностью, с кремнисто-глинисто-карбонатными конкрециями уплощенной и вытянутой формы (более 4.5 м).

Аммоноидеи *Otoceras boreale* Spath (с 338-40 по 338-46 – по всему интервалу пачки), *Otoceras concavum* Tozer (с 338-40 по 338-46 – по всему интервалу пачки) (рис. 2).

Зона *Tomprophiceras pascoei*

27. Аргиллиты темно-серые, с крупными кремнисто-глинисто-карбонатными конкрециями уплощенной и вытянутой формы (4.0 м).

28. Песчаники мелко- и среднезернистые, темно-серые (около 0.5–1.0 м).

29. Алевролиты и аргиллиты темно-серые, с мелкими глинисто-кремнистыми конкрециями и редкими прослоями мелкозернистых песчаников мощностью до 0.5 м (17 м).

Аммоноидеи *Otoceras boreale* Spath (с 338-31 по 338-39 – в нижней 7-метровой части пачки; с 338-19 по 338-27 – из средней 4-метровой части пачки), *Otoceras concavum* Tozer (с 338-31 по 338-39 из нижней 7-метровой части пачки), *Tomprophiceras pascoei* Spath (338-33 – из нижней 7-метровой части пачки; 338-27 – из средней 4-метровой части пачки; 338-11 – из верхней частей пачки), *T. morpheos* (Porow) (338-24, 338-6 – из средней и верхней частей пачки), *Aldanoceras* sp. (с 338-6 по 338-11 из верхней части пачки).

30. Песчаники неравномернозернистые, темно-серые, с галькой глинистого состава и редкими прослоями алевролитов и аргиллитов (около 1 м).

31. Алевролиты и аргиллиты темно-серые, с мелкими глинисто-кремнистыми конкрециями и прослоями неравномернозернистых песчаников (около 6 м).

T. pascoei (Spath) (338-12 – нижняя часть пачки).

32. Алевролиты и аргиллиты темно-серые, с многочисленными мелкими глинисто-кремнистыми конкрециями и редкими маломощными прослоями мелкозернистых песчаников (до 6–7 м).

Аммоноидеи *T. pascoei* (Spath) (338-1 – в верхней части пачки), *Aldanoceras* sp. (338-1 – в верхней части пачки).

Мощность исследованной части некучанской свиты в разрезе не менее 34 м.

В разрезе руч. Серегин, как и в разрезе Николкин Ключ, нижняя часть некучанской свиты (пачки 26 и 27) характеризуется совместным нахождением *Otoceras concavum* и *O. boreale* по всему интервалу нижних пачек.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗОТОПНО-УГЛЕРОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основе данных детального изотопно-углеродного исследования пограничных слоев перми

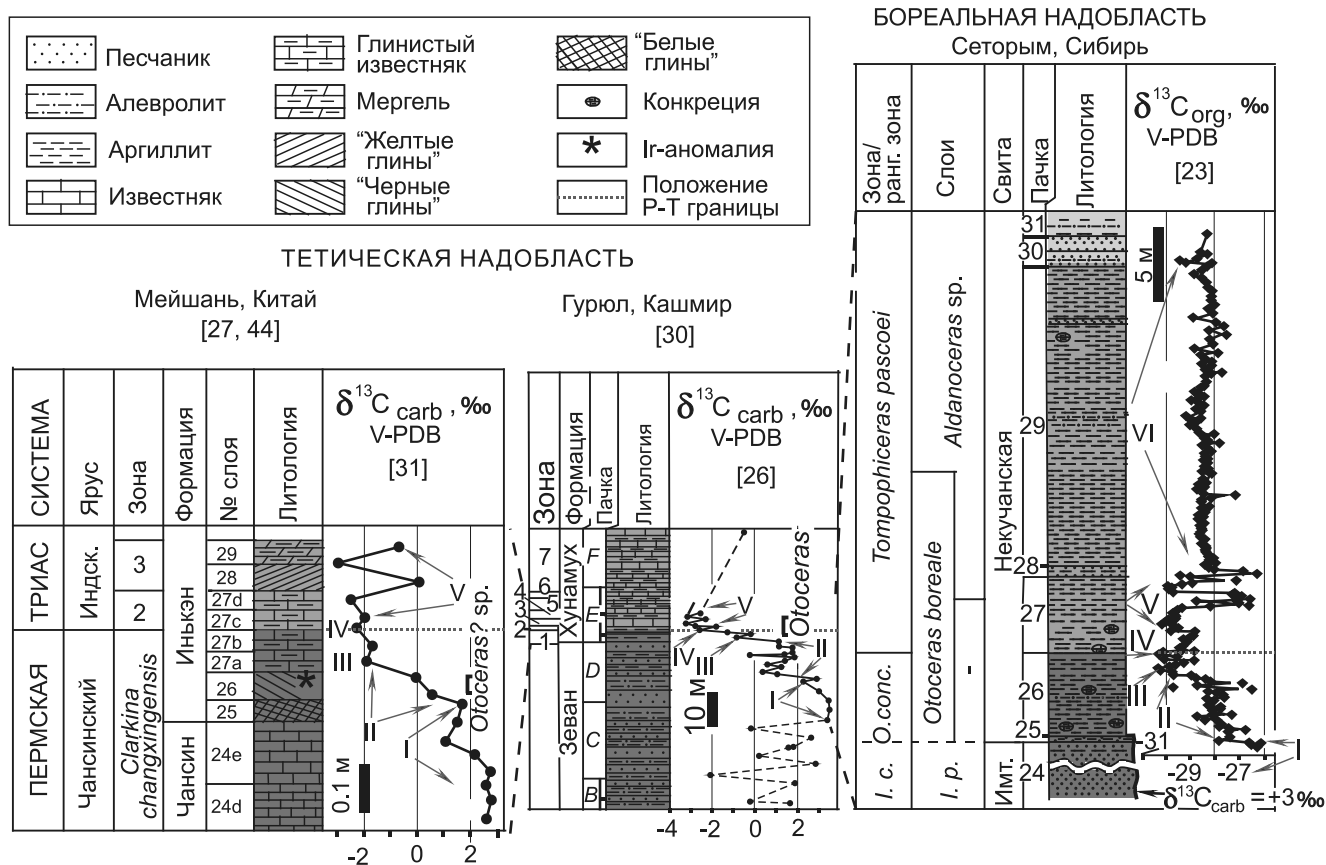


Рис. 3. Корреляция пограничных слоев перми и триаса разрезов Мейшань (Южный Китай – глобальный стратотип), Гурюл (Кашмир) и Суол (Сеторым, Верхоянье) по изотопно-углеродным и палеонтологическим данным.

Интервалы изменений изотопно-углеродного состава: I – интервал со стабильно высокими значениями $\delta^{13}\text{C}$, II – интервал, характеризующийся последовательным снижением значений $\delta^{13}\text{C}$, III – 1-й изотопно-углеродный минимум, IV – 2-й изотопно-углеродный минимум, V – интервал с существенными колебаниями значений $\delta^{13}\text{C}$, VI – интервал, характеризующийся стабильными относительно повышенными значениями $\delta^{13}\text{C}$. Зоны: 1 – *C. meishanensis*-*H. praeparvus*, 2 – *H.*, 3–4 – *H. postparvus* и *Isarcicella isarcica*, 5 – *Neoclarkina discreta*, 6 – *Sweetognathodus kimmeli*, 7 – *Neospathodus dieneri*.

и триаса разреза Суол были получены следующие результаты, частично доложенные Ю.Д. Захаровым [23] на 34 Международном геологическом конгрессе в Брисбене:

1. Наиболее высокие значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$, колеблющиеся в основном от -28 до -26.3 ‰, установлены в нижней части исследованного в изотопном отношении интервала, соответствующего верхним слоям пачки 24 имтачанской свиты (рис. 2, 3). Эти слои с повышенными значениями $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$, мощностью 0.57 м, обозначены в работе изотопно-углеродным интервалом «I».

Кальцит из призматического слоя раковины *Intomodesma* sp. indet. из нижней части пачки 24 имтачанской свиты также показал высокие ($\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}} = 3.0$ ‰) значения.

2. В интервале 0–4.9 м некучанской свиты, обозначенном изотопно-углеродным интервалом «II», об-

наружено резкое снижение значений ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}} = -30$ ‰), свойственное верхним слоям перми многих разрезов мира. Этот интервал соответствует нижней части ранговой зоны *Otoceras concavum* в Верхоянье.

3. В интервале 4.9–5.9 м некучанской свиты установлено два сближенных негативных изотопно-углеродных экскурса, обозначенных изотопно-углеродными интервалами «III» и «IV». Первый из них, наиболее выраженный ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}} = -30.3$ ‰), располагается в 4.9 м выше основания некучанской свиты, второй (-30.3 ‰) – в 5.9 м выше ее основания, совпадая с основанием пачки 27 и с уровнем первого появления (FAD) *Tomphiceras pascoei*.

4. В интервале 5.9–9.9 м некучанской свиты, соответствующем нижней части зоны *Tomphiceras pascoei* и обозначенном как изотопно-углеродный интервал «V», обнаружен третий изотопно-углерод-

ный минимум (-30.1 ‰), располагающийся в 7.6 м выше основания некучанской свиты. Слои, отвечающие верхней части обозначенного интервала, характеризуются значительно колеблющимися значениями $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ (от -29.9 до -26.4 ‰).

5. Верхняя исследованная в изотопном отношении часть разреза (9.9–31.2 м – пачки 29 и 30), соответствующая средней части зоны *Tompohiceras pascoei* и обозначенная как интервал “VI”, характеризуется устойчиво более высокими и менее флуктуирующими (между -29.4 и -27.2 ‰, чаще между -28.6 и -28 ‰) значениями $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$.

КОРРЕЛЯЦИЯ БИОТИЧЕСКИХ И ИЗОТОПНО-УГЛЕРОДНЫХ СОБЫТИЙ, СВЯЗАННЫХ С РУБЕЖОМ ПЕРМИ И ТРИАСА

Тетическая надобласть

Мейшань, Южный Китай

В глобальном стратотипе границы (GSSP) перми и триаса, расположенном в округе Чансин Южного Китая [44], как отмечалось выше, Р-Т граница проведена в основании слоя 27с формации Инькэн. Мергели слоев 27с и 27d составляют нижнюю зону индского яруса – *Hindeodus parvus* (рис. 3), перекрывающуюся иллит-монтмориллонитовыми глинами и доломитовыми известняками зоны *Isarcicella isarcica* (пачки 28 и 29). Представители *Hindeodus parvus* (Kozur et Pjatakova), вида-индекса нижней зоны, встречаются здесь и в нижележащей зоне *Isarcicella isarcica* [42].

Три негативных изотопно-углеродных минимума, обнаруженные в пограничных слоях перми и триаса данного разреза, лучше всего показаны в работе Дж. Нан и И. Лий [31] (рис. 3). Первый из них (значение $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ составляет около -1.8 ‰) установлен в слое 27а формации Инькэн. Имеются данные об относительно высоких значениях $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ в подстилающих известняках формации Чансин, колеблющихся в пределах от +0.9 до +5.1 ‰, с наиболее высокими значениями в средней части формации [43]. Второй минимум (около -2.3 ‰) обнаружен в основании слоя 27с раннеиндской части формации Инькэн. Он приходится непосредственно на границу перми и триаса, располагаясь в 13 см выше первого. Третий минимум (около -2.4 ‰), установленный в середине слоя 27d формации Инькэн, в 6 см выше границы перми и триаса, представляет собой начало интервала со значительными колебаниями значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$.

Ущелье Гурюл, Кашмир

Пограничные слои перми и триаса в ущелье Гурюл установлены в нижней части формации Ху-

намух [30], где они представлены пачками Е-1 и Е-2. Относительно большая мощность слоев с *Otoceras woodwardi* выделяет разрез Гурюл среди прочих разрезов пермо-триаса Центральных Гималаев. Х. Коцур [26] различает следующие конодонтовые зоны в пограничных слоях перми и триаса этого разреза (снизу вверх): *Clarkina meishanensis-Hindeodus praeparus*, *Hindeodus parvus*, *Isarcicella isarcica* и *Hindeodus postparvus*, проводя границу перми и триаса в основании зоны *H. parvus*. Зона *C. meishanensis-H. praeparus* охватывает всю пачку Е-1 и верхние слои подстилающей пачки D, а также базальные слои пачки Е-2. Зона *H. parvus* соответствует нижней части пачки Е-2, за исключением ее базальных слоев. Интервал зон *I. isarcica* и *H. postparvus* составляет верхнюю часть пачки Е-2 и базальные слои перекрывающей пачки Е-3. В пределах пачек Е-1 и Е-2 различаются три негативных изотопно-углеродных экскурса (рис. 3). Первый минимум ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}} = -0.8 ‰$) обнаружен в пачке Е-1 (зона *C. meishanensis-H. praeparus*), второй ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}} = -2.6 ‰$) – двумя метрами выше, в нижней части пачки Е-2 (в основании зоны *H. parvus*), третий минимум с двумя пиками – в 2–4 м выше, в верхней части этой пачки (зона *Isarcicella isarcica*) [26]. Если интерпретация Х. Кортэ с соавторами [26] верна, базальная часть зоны *Otoceras woodwardi* Кашмира имеет позднечансинский возраст.

Шареза, Иран

В Центральном Иране верхняя пермь, за исключением ее верхних слоев, представлена формацией Хамбаст, верхней конодонтовой зоной которой является *Clarkina hauschkei*. Пограничные слои перми и триаса, установленные в пределах вышележащей формации Эликан, представлены здесь четырьмя конодонтовыми зонами: *Clarkina meishanensis-Hindeodus praeparus*, *Merrillina ultima-Stepanovites? mostleri*, *Hindeodus parvus* и *Isarcicella isarcica*; граница перми и триаса определена по первому появлению конодонтов *Hindeodus parvus* [25–27]. Значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ в карбонатах верхней перми, за исключением верхних слоев, флуктуируют в основном от +2 до +4.5 ‰. Три негативные изотопно-углеродные аномалии пограничных слоев перми и триаса Ирана наиболее четко зафиксированы в разрезе Шареза [27] (рис. 4). Нижняя из них ($\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}} = +1.3 ‰$) установлена в позднечансинской зоне *Clarkina hauschkei*, в 1.6 м ниже границы перми и триаса, положение второй аномалии (-0.1 ‰) соответствует границе перми и триаса, третья аномалия (-0.8 ‰) обнаружена в нижней части раннеиндской зоны *Isarcicella isarcica*, в 4.9 м выше границы перми и триаса.

В разрезе Советашен соседнего региона (Азербайджан) позднечансинский изотопно-углеродный

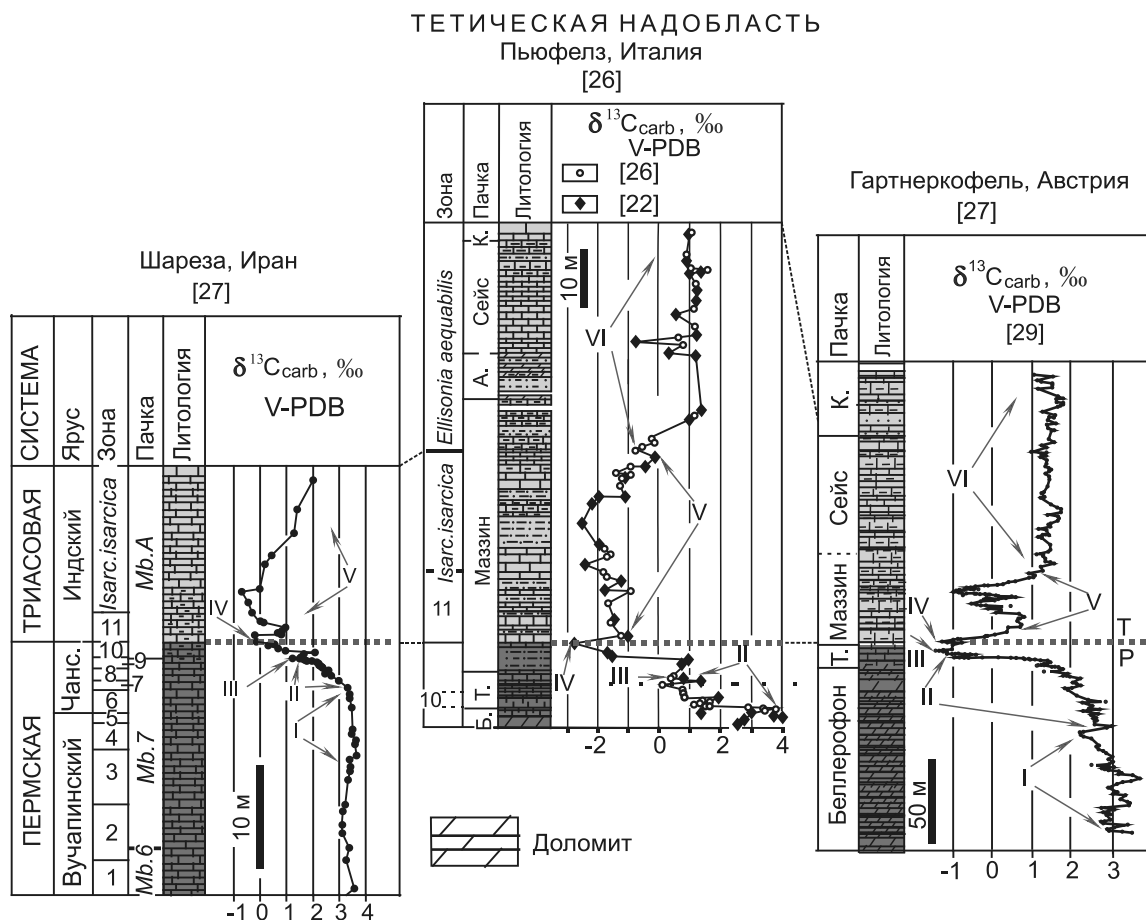


Рис. 4. Корреляция пограничных слоев перми и триаса разрезов Шареза (Иран), Пьюфелз (Италия) и Гартнеркофель (Австрия) по изотопно-углеродным и палеонтологическим данным.

Конодонтовые зоны: 1 – *Clarkina leveni*, 2 – *C. transcaucasica*, 3 – *C. orientalis*, 4 – *C. infecta*, 5 – *C. bachmanni*, 6 – *C. nodosa*, 7 – *C. changxingensis* и *C. deflecta*, 8 – *C. zhangi*, 9 – *C. iranica* и *C. hauschkei*, 10 – *C. meishanensis*–*H. praeparvus* и *Merrillina ultima-Stepanovites? mostleri*, 11 – *Hindeodus parvus*. Сокращения: шанс. – шансинский, Б – Беллерофононая формация, Т – горизонт Тезеро Верфенской формации, А – пачка Андраз Верфенской формации, К – пачка Кампил Верфенской формации. Прочие условные обозначения как на рис. 3.

минимум (+1.5 ‰) располагается несколько ближе к границе перми и триаса по сравнению с описанной выше аномалией разреза Шареза. Он установлен в пограничных глинах базальных слоев карабляглярской свиты (позднечансинская зона *Pleuronodoceras occidentale*–*Xenodiscus jubilaearis*), в 0.15 м ниже границы перми и триаса, определенной по первому появлению конодонтов *Hindeodus parvus* [47]. Более высокие значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ установлены в карбонатах подстилающих (ниже зоны *Paratirolites kittli*) и перекрывающих (зона *Lytophicerias medium* (= конодонтовой зоне *Isarcicella isarcica*)) отложений – флуктуируют, соответственно, от +3 до +5 ‰ и от +2 до +3.5 ‰.

Альпы

Пограничные отложения перми и триаса в Южных Альпах представлены Беллерофононой и пере-

крывающей ее Верфенской формациями, в нижней части последней различаются подразделения Тезеро (7 м) и Маззин (45 м) [15].

Разрез Пьюфелз, Италия (рис. 4). В пограничных слоях перми и триаса в разрезе Пьюфелз установлены следующие конодонтовые зоны: *Hindeodus praeparvus* (в подразделении Тезеро), *Hindeodus parvus* и *Isarcicella isarcica* (в подразделении Маззин). [26]. Граница перми и триаса в разрезе установлена по первому появлению конодонтов *Hindeodus parvus* в 10 м выше нижней границы подразделения Маззин. В пограничном интервале установлено три негативных изотопно-углеродных экскурса [25, 26]. Нижний из них (значение $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ около 0 ‰) приходится на среднюю часть позднепермского (позднечансинского) подразделения Тезеро, соответствующую, вероятно,

зоне *Hindeodus praeparvus*, средний (около -3 ‰) совпадает с границей перми и триаса (с нижней границей зоны *Hindeodus parvus*), верхний (около -2.5 ‰) располагается, видимо, в пределах раннеиндской зоны *Isarcicella isarcica*.

Разрез Гартнеркофель, Австрия (рис. 4). По аналогии с разрезом Пьюфелз, граница перми и триаса в скважине Гартнеркофель устанавливается в нижней части подразделения Маззин [25]. При такой интерпретации нижний из трех установленных здесь негативных изотопно-углеродных экскурсов (значение $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ около +1 ‰) приходится на позднечансинское подразделение Тезеро, средний (около -1.6 ‰), установленный примерно в 4.5 м выше нижней границы подразделения Маззин, совпадает, по-видимому, с границей перми и триаса, а верхний (около -1.5 ‰) располагается примерно в 5 м выше этой границы [25, 29].

Бореальная надобласть

Гренландия

Пермо-триасовые отложения в Восточной Гренландии представлены формацией Уордэ Крик, в нижней части которой выделены следующие аммонитовые зоны (снизу вверх): *Hypophiceras triviale*, *H. martini*, *Metophiceras subdemissum* и *Ophiceras commune* [16]. Остатки аммоноидей *Otoceras* sp. ind. [38], некоторые из которых принадлежат, возможно, *O. concavum* Tozer [16], встречены здесь в зонах *Hypophiceras triviale* (верхняя часть) и *H. martini* (нижняя часть). Хорошо сохранившиеся *Otoceras boreale* Spath обнаружены в зонах *Metophiceras subdemissum* и *Ophiceras commune* (нижняя часть), а *Tomphiceras pascoei* известны в пределах всего интервала двух последних зон.

Сведения по первому появлению конодонтов *Hindeodus parvus* в индских отложениях Восточной Гренландии противоречивы. По данным Х. Коцура [27], *H. parvus* впервые появляется здесь в основании зоны *Metophiceras subdemissum* (в ассоциации с *Tomphiceras pascoei*). В подтверждение такого вывода приводятся сведения о находке вида *Clarkina hauschkei* в подстилающих отложениях (в нижней части слоев с *Otoceras boreale* [27, 28], встречающегося в Закавказье и Центральном Иране в чансинской зоне *Paratirolites kittli* [28, 47]). Но этому противоречат сведения о находке *Hindeodus parvus* вблизи границы зон *Hypophiceras triviale* и *H. martini*, т.е. в пределах слоев с *Otoceras* sp. ind. [16]. Р. Твитчет с соавторами [40] приводят данные о находке *H. parvus* (определение М. Орчарда) в 23.5 м выше основания формации Уордэ Крик. Они предполагают более низкое положение границы перми и триаса, учитывая 8-метровый про-

пуск в сборе образцов непосредственно ниже слоя, где был обнаружен *Hindeodus parvus*, и появление *Claraia* с плохо сохранившимися *Hindeodus* в 10 м ниже этого слоя.

Значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ в отложениях, подстилающих формацию Уордэ Крик, колеблются от -23.8 до -22.1 ‰; они начинают резко снижаться в базальных слоях формации Уордэ Крик (рис. 5). В пограничных слоях перми и триаса Восточной Гренландии выявлено три изотопно-углеродных минимума, значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ которых не выше -32 ‰ [39, 41]. Согласно изотопно-углеродным данным, граница перми и триаса в Восточной Гренландии, скорее всего, совпадает со вторым минимумом, по аналогии с мейшанским разрезом Южного Китая [31], располагаясь в основании зоны *Hypophiceras martini*.

Канада

Пограничные слои перми и триаса в Арктической Канаде исследовались в основном на материале по формации Блайнд Фиорд [20, 35, 40], залегающей без видимого несогласия на кремнистых сланцах и алевролитах недостаточно полно исследованной, пока не названной формации (интервал LP-RST - LP-TST средне-позднепермского возраста, частично охарактеризованной поздневордскими-раннекептенскими конодонтами *M. rosenkrantzi* (Bender et Stoppel) [19]. Положение границы перми и триаса по конодонтам здесь точно не определено (*Hindeodus parvus* был найден выше зоны *Otoceras boreale*, в понимании Э.Т. Тозера [40], в 32 м выше основания формации Блайнд Фиорд [18, 19], но место его первого появления этого вида в разрезе не определено).

Верхняя часть интервала LP-TST характеризуется стабильно высокими (около -27 ‰) значениями $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$; в нижних же слоях формации Блайнд Фиорд (около 15 м) они постепенно снижаются, образуя три минимума со значениями, колеблющимися примерно от -29.4 до -29.8 ‰ [19] (рис. 5). Судя по положению второго из них, граница перми и триаса в разрезе, возможно, располагается в пределах слоев с *Otoceras concavum*, в 5 м выше основания формации Блайнд Фиорд.

Норвегия

Позднепермские и раннеиндские отложения Норвегии в изотопном отношении наиболее детально исследованы на платформах Тренделог (скв. 6611/09-U-01 и 6611/09-U-02) и Финмарк (скв. 7128/12-U-01, 7129/10-U-01), где они охарактеризованы палинологически [21]. В связи с присутствием растительных остатков в норвежских разрезах, последние приобретают важное значение для решения вопросов, связанных с изменением растительных сообществ в экс-

ТЕТИЧЕСКАЯ НАДОБЛАСТЬ				БОРЕАЛЬНАЯ НАДОБЛАСТЬ				δ ¹³ C интервал														
Южный Китай [43, 48]		Кашмир [26]		Гренландия [16]		Верхоянье																
СИСТЕМА	Ярус	Зона	Формация	Зона	Формация	Зона	СЛОИ	Формация	Зона	СЛОИ	Свита	δ ¹³ C интервал										
													Пачка	Пачка	Пачка	СЛОИ	СЛОИ					
ТРИАСОВАЯ	Индский	<i>Clarkina carinata-C.planata</i>	30	<i>Hindeodus postparvus</i>	4	E-3	-	-	? <i>Wordieoceras decipiens</i>	-	-	-										
													<i>Isarcicella isarcica</i>	29b 29a 28	<i>Isarcicella isarcica</i>	3	E-2	-	-	-	-	-
		<i>Hindeodus parvus</i>	27d 27c	<i>Hindeodus parvus</i>	3																	
	Чансинский					<i>Clarkina changxingensis</i>	27b 27a 26	-	-	E-1	-	-	-	-	-	-						
		Чансин	25	-	-												D	-	-	-	-	-
Чансин	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
											-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												-

Рис. 6. Схема глобальной корреляции пограничных слоев перми и триаса по изотопно-углеродным и палеонтологическим данным.

Аммонитовые зоны: 1 – *Xenodiscus* (= *Xenaspis*), 2 – *Hypophiceras*?, 3 – *Otoceras woodwardi*, 4 – *Ophiceras tibeticum*. Звездочкой показано положение известной находки конодонта *Hindeodus parvus* в ассоциации с *Tompophiceras* [41] в разрезе нижнеиндских отложений Гренландии (уровень, соответствующий, вероятно, верхней части зоны *Isarcicella isarcica* Тетической надобласти).

ряде опорных разрезов Тетической и Бореальной надобластей (рис. 6).

Интервал I, характеризующийся устойчиво повышенными значениями как δ¹³C_{carb}, так и δ¹³C_{org} в верхней части подзоны *Intomodesma postevenicum* имтачанской свиты Верхоянья, легко различим в изотопно-углеродных кривых, построенных на материале из пограничных слоев перми и триаса глобального стратотипа этой границы (Мейшань, Южный Китай) [31, 48], а также опорных разрезов Кашмира [30], Центрального Ирана [26], Закавказья [47], Альп [27], Гренландии [41], Арктической Канады [19] и Норвегии [20] (рис. 3–5).

Это позволяет предполагать, что возраст интервала I соответствует позднему вучапину-среднему чансиню поздней перми. Установленный фрагмент этого интервала в Верхоянье (верхняя часть подзоны *Intomodesma postevenicum* имтачанской свиты) соответствует, по-видимому, среднему чансиню, представленному конодонтовой зоной *Clarkina subcarinata* и аммонитовыми зонами *Iranites transcaucasius* и *Shevyrevites shevyrevi* в Центральном Иране и Закав-

казье, а также аммонитовой зоной *Paramexicoceras-Changhsingoceras* Восточной Гренландии.

Вслед за Э. Германом с соавторами [21] мы связываем интервал I со временем стабильных климатических, а также геотектонических и гидрологических обстановок, благоприятствующих устойчивому развитию голосеменных растений в Бореальной надобласти и, судя по высоким значениям δ¹³C_{carb} и δ¹³C_{org} в морских органогенных карбонатах и глинистых породах, высокой биопродуктивности морей Мирового океана.

Корреляция интервала II, выделяющегося последовательным снижением значений δ¹³C в глинистых отложениях Верхоянья, а также глинистых и карбонатных породах ряда опорных разрезов других регионов (рис. 3–6), позволяет сопоставлять нижнюю часть ранговой зоны *Otoceras concavum* Верхоянья с позднечансинским интервалом конодонтовых зон *Clarkina bachmanni-C. iranica* Центрального Ирана [25], соответствующим позднечансинской аммонитовой зоне *Paratirolites kittli*, базальным слоям (25 и 26) формации Инькэн Южного Китая (слои с *Hindeodus latidentatus-Clarkina meishanensis* [31, 48], верхней

части чансинской пачки D формации Зеван Кашмира [26], нижней части позднечансинской аммонитовой зоны *Hypophiceras triviale* Гренландии, содержащей *Otoceras* sp. ind. [16, 41] и верхней части кремнисто-глинистой формации Арктической Канады, подстилающей формацию Блайнд Фиорд [19].

Соглашаясь с интерпретацией Э. Германа с соавторами [21], нужно признать, что снижение значений $\delta^{13}\text{C}$ в интервале II, отражающее прежде всего снижение биопродуктивности морей, хорошо увязывается с процессом постепенного сокращения численности и разнообразия позднепермских голосеменных, вызванного, возможно, некоторой активизацией вулканической деятельности.

Результаты корреляции двух первых изотопно-углеродных минимумов (интервалы III и IV) свидетельствуют, по-видимому, о соответствии верхней части ранговой зоны *Otoceras concavum* Верхоянья позднечансинским конодонтовыми зонам *Clarkina hauschkei*, *C. meishanensis-Hindeodus praeparvus* и *Merrillina ultima-Stepanovites? mostleri* Центрального Ирана [27] и Закавказья [47], соответствующим аммонитовой зоне *Pleuronodoceras occidentale-Xenodiscus jubilaearis* [47] этих регионов, а также позднечансинским слоям с *Hindeodus typicalis* (слои 27a-27b) Южного Китая [31, 48], позднечансинскому интервалу *Clarkina meishanensis-Hindeodus praeparvus* в Кашмире [26] (рис. 6), верхней части позднечансинской аммонитовой зоны *Hypophiceras triviale* Гренландии [15, 41], а также нижней части зоны *Otoceras concavum* Арктической Канады [19, 40].

Э. Герман с соавторами [21], основываясь на данных по существенному изменению структуры позднепермских растительных сообществ в Бореальной надобласти, приходящемуся на первый изотопно-углеродный минимум интервала III (почти полное угасание голосеменных и вымирание глоссоптерид), логично связывает резкое сокращение значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ в интервалах III и IV с высвобождением большого объема CO_2 , вызванного двумя первыми крупными фазами излияния Сибирских траппов, а также возможным подогревом морских осадков, богатых органическим веществом [36].

Сведения по интервалу V, следующему непосредственно за 2-м изотопно-углеродным минимумом, позволяют сопоставлять нижнюю часть зоны *Tomophipiceras pascoei* Верхоянья, в обилии содержащую представителей рода *Otoceras*, с раннеиндскими конодонтовыми зонами *Hindeodus parvus* и *Isarcicella isarcica* Центрального Ирана [25], Южного Китая [31] и Кашмира [26], также со средней и верхней частями зоны *Otoceras concavum* Арктической Канады [19, 40].

Уместно отметить некоторую условность в проводимом сопоставлении изотопно-углеродных кривых разрезов Суол (Верхоянье) и Мейшань (Южный Китай), связанную с ограниченной мощностью пограничных слоев перми и триаса последнего.

Изотопные данные по интервалу V свидетельствуют, вероятно, о крайне нестабильной гидрологической обстановке начала индского века, связанной, возможно, с продолжающейся вулканической активностью на севере Сибири. В определенной степени это подтверждается усилением гидродинамики среды, выразившейся в образовании интракластов аргиллита в кровле песчаников пачки 28 сеторымского разреза.

Глобальная корреляция интервала VI с относительно стабильными и достаточно высокими значениями $\delta^{13}\text{C}$ приводит к выводу о соответствии по крайней мере средней части зоны *Tomophipiceras pascoei* Верхоянья раннеиндской конодонтовой зоне *Ellisonia aequabilis* Альп [26] и значительной части зоны *Otoceras boreale* Арктической Канады [19, 40].

Изотопно-углеродные данные по интервалу VI можно связывать, очевидно, с затуханием вулканической активности в раннеиндское время и стабилизацией обстановок, благоприятных для восстановления биот после массового вымирания в конце перми.

ВЫВОДЫ

1. Изотопно-углеродные интервалы II, III, IV и V пограничных слоев перми и триаса соответствуют, очевидно, ряду последовательных событий: некоторому усилению вулканической активности в зональный момент *Paratirolites kittli* чансинского века и основным максимумам излияния Сибирских траппов в конце чансинского и в начале индского веков. Предлагаемая версия косвенно подтверждается литологическими данными по пограничным слоям перми и триаса бассейна р. Сеторым (отмечается появление туфового материала в песчаниках пачки 25 некучанской свиты и увеличение его роли в составе вышележащих песчаников пачки 28).

2. На основе изотопно-углеродных данных по разрезу Суол становится очевидным, что Р-Т граница в Верхоянье, как и в гренландских [16], а возможно, и канадских разрезах, располагается в пределах интервала распространения *O. concavum*, ранее целиком относимого к триасу [6, 7, 18, 46]. В средней части этого интервала в Верхоянье (интервал IV) установлено первое появление раннеиндского *Tomophipiceras pascoei* [46], получившего наибольшее развитие в верхней части интервала VI. В Гренландии этот вид обнаружен существенно выше слоев с *O. concavum* [16], в ассоциации с *H. parvus*, встречающимся в надобласти Тетис как в одноименной зоне, так и в пере-

		Дагис и др. [4], Дагис, Дагис [5]				Дагис, Ермакова [18]				Стратиграфическая схема, принятая в данной работе							
СИСТЕМА		Зона		Свита		Зона		Свита		Зона		Слои					
Ярус				Пачка				Пачка				Пачка					
ПЕРМ. Каза́нск	ТРИАСОВАЯ Индский	Слои с <i>Kolymia</i> sp.		Имтачан.	Некучанская	Слои с <i>Kolymia</i> sp.	Имтачан.	Некучанская			ПЕРМСКАЯ Чанойнский	Отоцеры	Слои	Имтачан.			
															1	1	24
															2	2	25
															3	3	26
															4	4	27
															5	5	28
															6	6	29
															7	7	30
															8	8	31-34
															9	9	35
10	10																
11	11																
12	12																

Рис. 7. Сопоставление схем зонального расчленения пограничных слоев перми и триаса бассейна р. Сеторым. Сокращения: перм. – пермская, имтачан. – имтачанская, *Intomod. posteven.* – *Intomodesma posteverticum*.

крывающих ее зонах [26, 47]. Судя по данным изотопно-углеродной стратиграфии [19, 41], все известные находки *H. parvus* в Бореальной области (Гренландия, Арктическая Канада) сделаны, соответственно, в пределах изотопно-углеродных интервалов V (верхняя часть) и VI, соответствующих тетическим зонам *I. isarcica* и *H. postparvus* и, возможно, выше (т.е. выше зоны *H. parvus*). Характерной особенностью этого стратиграфического интервала в Гренландии, как и в Сибири, является широкое развитие *Tomtophicerias* (*T. pascoei*) и др. Судя по полученным изотопно-углеродным данным, конодонтовой зоне *Hindeodus parvus* в Бореальной надобласти соответствует, скорее всего, нижняя часть зоны *Tomtophicerias pascoei*, характеризующаяся низкой численностью зонального вида. Предположение о диахронности первого появления *H. parvus*, препятствующей использованию этого таксона в качестве зонального вида-индекса [37], новыми данными по корреляции пограничных слоев перми и триаса не подтверждается.

3. В свете новых данных верхнюю часть чанойнского яруса Сибири предлагается рассматривать в объеме ранговой зоны *Otoceras concavum*, соот-

ветствующей нижней части интервала распространения ее вида-индекса, а нижний подъярус индского яруса – в объеме зон *T. pascoei* и *Wordieoceras decipiens*. Соответствие зоны *O. concavum* Верхоянья в новом понимании (рис. 7) позднечанойнской зоне *Hypophicerias triviale* Гренландии [16] требует дополнительного подтверждения.

4. Глобальная корреляция пограничных слоев перми и триаса по палеонтологическим и изотопно-углеродным данным свидетельствует о возможности выживания видов аммоноидей надсемейства *Otoceratoidea* после массового вымирания в конце перми. К числу таксонов аммоноидей, пересекших рубеж перми и триаса в пределах Бореальной надобласти, можно отнести, по-видимому, два вида рода *Otoceras*: *O. concavum* и *O. boreale*. В случае подтверждения версии о половом диморфизме *O. boreale* [7, 46] можно предполагать выживание лишь одного вида этого рода (*O. boreale*) в высоких широтах Северного полушария.

Авторы благодарны М.И. Тучковой за описание некоторых шлифов осадочных пород имтачанской и некучанской свит бассейна р. Сеторым, а также

Ю.Ю. Иванову и Е.В. Колесову – за помощь при проведении полевых исследований. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты № 11-05-00053, 11-05-98538 и 11-05-00785.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архипов Ю.В. Стратиграфия триасовых отложений Восточной Якутии. Якутск: Якут. кн. изд-во, 1974. 309 с.
- Бяков А.С., Иванов Ю.Ю., Колесов Е.В., Михалицына Т.И. Разрез терминальной перми Южного Верхоянья (новые данные) // Вестн. Северного междунар. ун-та. 2005. Вып. 4. С. 42–47.
- Бяков А.С. Новая зональная схема пермских отложений Северо-Востока Азии. Статья 1. Зональное расчленение // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 5. С. 13–40.
- Дагис А.С., Архипов Ю.В., Трущелев А.М. Пермские и триасовые отложения Якутии // Якутская АССР, Сибирская платформа / 27-й Междунар. геол. конгр. Сводный путеводитель экскурсий, экскурсия 054. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1984. С. 68–88.
- Дагис А.С., Дагис А.А. Биостратиграфия древнейших отложений триаса и граница палеозоя и мезозоя // Геология и геофизика. 1987. № 1. С. 19–29.
- Домохотов С.В. Индский ярус и зона *Otoceras* Восточного Верхоянья // Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР. Якутск: Якут. геол. упр. 1960. С. 111–120.
- Захаров Ю.Д. *Otoceras* Бореальной провинции // Палеонтолог. журн. 1971. № 3. С. 50–59.
- Захаров Ю.Д., Сокарев А.Н. Биостратиграфия и палеомагнетизм перми и триаса Евразии. М.: Наука, 1991. 135 с.
- Коростелев В.И. Триасовые отложения Восточного Верхоянья. Якутск: Якут. кн. изд-во, 1972. 176 с.
- Попов Ю.Н. *Otoceras* из нижнего триаса Восточного Верхоянья // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. 1956. Вып. 10. С. 152–155.
- Попов Ю.Н. Находка *Otoceras* в нижнем триасе Восточного Верхоянья // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1958. № 12. С. 105–109.
- Попов Ю.Н. Триасовые аммоноидеи Северо-Востока СССР // Тр. НИИГА. 1961. Т. 79. С. 1–179.
- Решения Третьего межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и мезозою Северо-Востока России (Санкт-Петербург, 2002 г.) / Ред. Т.Н. Корень, Г.В. Котляр. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 268 с.
- Baud A., Altudorei V., Sharp Z. Late Permian and early Triassic evolution of the Northern Indian margin: carbon isotope and sequence stratigraphy // *Geodinamica Acta*. 1996. V. 9, N 2–3. P. 57–77.
- Broglio L.C., Neri C., Pasini M., Posenato R. Marine fossil assemblages from Upper Permian to lowermost Triassic in the Western Dolomites (Italy) // *Mem. Soc. Geol. It.* 1986. V. 34. P. 5–44.
- Bjerager M., Seidler L., Stemmerik L., Surlyk F. Ammonoid stratigraphy and sedimentary evolution across the Permian-Triassic boundary in East Greenland // *Geol. Mag.* 2006. V. 143, N 5. P. 635–656.
- Coplen T.B., Kendall C., Hopple J. Comparison of stable isotope reference samples // *Nature*. 1983. V. 302. P. 236–238.
- Dagys A., Ermakova S. Induan (Triassic) ammonoids from Northeastern Asia // *Revue de Paléobiologie*. 1996. V. 15, N 2. P. 401–447.
- Grasby S.E., Beauchamp B. Intrabasin variability of the carbon-isotope record across the Permian-Triassic transition, Sverdrup Basin, Arctic Canada // *Chem. Geol.* 2008. V. 253. P. 141–150.
- Henderson C., Baud A. Correlation of the Permian-Triassic boundary in Arctic Canada and comparison with Meishan, China / Eds. W. Naiwen, J. Remane // *Stratigraphy Proc.* 30th IGC, Beijing. VSP. Utrecht, 1997. P. 143–152.
- Hermann E., Hochuli P.A., Bucher H., Vigran J.O., Weissert H., Bernasconi M. A close-up view of the Permian-Triassic boundary based on expanded organic carbon isotope records from Norway (Trondelag and Finnmark Platform) // *Global Planet. Change*. 2010. V. 74. P. 156–167.
- Horacek M., Brandner R., Abart R. Carbon isotope record of the P/T boundary and the Lower Triassic in the Southern Alps: evidence for rapid changes in storage of organic carbon // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 2007. V. 252. P. 347–354.
- Horacek M., Biakov A.S., Richoz S., Zakharov Y.D. The Permian-Triassic boundary (PTB) succession at the Setorym River section, Siberia, Russia: investigation of the organic carbon $\delta^{13}\text{C}$ -isotope evolution // *Proc. 34th InGC.* (5–10 August 2012, Brisbane, Australia). Brisbane, 2012. P. 15–16.
- Hounslow M., Muttoni G. The geomagnetic polarity timescale for the Triassic: linkage to stage boundary definitions // *The Triassic Timescale / Ed. S.G. Lucas. Geol. Soc., London, Spec. Publ.*, 2010. V. 334. P. 61–102.
- Korte C., Kozur H.W., Montat-Agahai. Dzhulfian to lowermost Triassic $\delta^{13}\text{C}$ record at the Permian/Triassic boundary section at Shahreza, Central Iran // *Hallesches Jahrb. Geowiss. B.* 2004. V. 18. P. 73–78.
- Korte C., Pande P., Kalia P., Kozur H.W., Joachimski M.M., Oberhänsli H. Massive volcanism at the Permian-Triassic boundary and its impact on the isotopic composition of the ocean and atmosphere // *Journ. Asian Earth Sci.* 2010. V. 37. P. 93–311.
- Korte C., Kozur H.W. Carbon-isotope stratigraphy across the Permian-Triassic boundary: A review // *Journ. Asian Earth Sci.* 2010. V. 39. P. 215–235.
- Kozur H.W. Biostratigraphy and event stratigraphy in Iran around the Permian-Triassic Boundary (PTB): Implications for the causes of the PTB biotic crisis // *Global Planet. Change*. 2007. V. 55. P. 155–176.
- Magaritz M., Holser W. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 core (Carnic Alps, Austria): carbon and oxygen isotope variations // *Abhandl. Geol. Bundesanst.* 1991. Bd. 45. P. 149–163.
- Nakazawa K., Kapoor H.M., Ishi K., Bando Y., Okimura Y., Tokuoka T. The Upper Permian and Lower Triassic in Kashmir, India // *Faculty of Science, Kyoto Univ., Ser. Geol. and Mineral.* 1975. Memoir 42. N 1. P. 1–106.
- Nan J.-Y., Liu Y.-Y. Organic and inorganic carbon-isotope shift and paleoenvironment at the P-T boundary section in Meishan, Zhejiang Province // *Geochim.* 2004. V. 33. N 1. P. 9–19 (in Chinese, with English abstr.).
- Orchard M.J., Tozer E.T. Triassic conodont biochronology, its calibration with the ammonoid standard, and biostratigraphic

- summary for the western Canada Sedimentary Basin // Triassic of Western Canada Basin / Eds. T. Moslow, J. Wittenberg. Canad. Soc. Petrol. Geol. Bull. 1997. V. 45, N 4. P. 675–692.
33. Orchard M.J., Krystyn L. Conodonts of the lowermost Triassic of Spiti, and new zonation based on *Neogondolella* successions // Rev. It. Paleont. Stratigr. 1998. V. 104, N 3. P. 341–368.
 34. Orchard M.J. Conodont diversity and evolution through the latest Permian and Early Triassic upheavals // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2007. V. 252. P. 93–117.
 35. Orchard M.J. Triassic conodonts and their role in stage boundary definition // The Triassic Timescale / Ed. S.G. Lucas. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 2010. P. 139–161.
 36. Payne J.L., Kump L.R. Evidence for recurrent Early Triassic massive volcanism from quantitative interpretation of carbon isotope fluctuations // Earth Planet. Sci. Lett. 2007. V. 256. P. 264–277.
 37. Shevyrev A.A. Triassic biostratigraphy: state of the art and main problems // Stratigr. Geol. Correlation, 2006. V. 14, N 6. P. 629–641.
 38. Spath L.F. Additions to the Eo-Triassic invertebrate fauna of East Greenland // Meddel. Grønland. 1935. Bd, 98, N 2. P. 1–115.
 39. Stemmerik L., Bendix-Almgreen S.E., Piasecki S. The Permian-Triassic boundary in central East Greenland: past and present views // Bull. Geol. Soc. Denmark. V. 48. P. 159–167.
 40. Tozer E.T. Canadian Triassic ammonoid faunas // Geol. Surv. Can. Bull. 1994. 467. P. 1–663.
 41. Twitchett R.J., Looy C.V., Morante R., Visscher H., Wignall P.B. Rapid and synchronous collapse of marine and terrestrial ecosystems during the end-Permian biotic crisis // Geology. 2001. V. 29, N 4. P. 351–354.
 42. Yin H., Wu S., Ding M., Zhang K., Tong J., Yang F., Lai X. The Meishan section, candidate of the Global Stratotype Section and Point of Permian-Triassic boundary // The Palaeozoic-Mesozoic boundary candidates of the Global Stratotype Section and Point of the Permian-Triassic Boundary / Ed. H. Yin. Wuhan: China Univ. Geosci. Press, 1996. P. 31–48.
 43. Yin H., Zhang K. Eventostratigraphy of the Permian-Triassic boundary at Meishan section, South China // The Palaeozoic-Mesozoic boundary candidates of the Global Stratotype Section and Point of the Permian-Triassic Boundary / Ed. H. Yin. Wuhan: China Univ. Geosci. Press, 1996. P. 84–98.
 44. Yin H., Zhang K., Tong J., Yang Z., Wu S. The Global Stratotype Section and Point (GSSP) of the Permian-Triassic boundary // Episodes. 2001. V. 24, N 2. P. 102–114.
 45. Waagen W. Salt Range fossils. 2. Fossils from Ceratite Formation // Palaeont. Indica. 1895. Ser. 13. V. 2. P. 1–323.
 46. Zakharov Y.D. Ammonoid succession in Setorym River (Verkhoyansk area) and the problem of the Permian-Triassic boundary in Boreal realm // Journ. China Univ. Geosci. 2002. V. 13, N 2. P. 107–123.
 47. Zakharov Y.D., Biakov A.S., Baud A., Kozur H. Significance of Caucasian sections for working out carbon-isotope standard for Upper Permian and Lower Triassic (Induan) and their correlation with the Permian of north-eastern Russia // Journ. China Univ. Geosci. 2005. V. 16, N 2. P. 141–151.
 48. Zhang K., Ding M., Xulong L., Liu J. Conodont sequences of the Permian-Triassic boundary strata at Meishan section, south China // The Palaeozoic-Mesozoic boundary candidates of the Global Stratotype Section and Point of the Permian-Triassic boundary / Ed. H. Yin. Wuhan: China Univ. Geosci. Press, 1996. P. 57–64.

Рекомендована к печати Л.И. Понеко

Y.D Zakharov, A.S. Biakov, M. Horacek

Global correlation of the basal Triassic beds (in the light of the first carbon-isotopic evidence on the Permian-Triassic boundary in north-east Asia)

The paper is devoted to global correlation of the marine Permian-Triassic boundary sequences. Partly published and original data on $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ values on the Suol section (Setorym River, South Verkhoyansk area) were used in this investigation. Six carbon-isotope intervals have been determined in the section, which are easily recognized in carbon-isotope curves from the basic sections of Eurasia and North America, including paleontologically well characterised sections of Central Iran, Kashmir, and South China. This permits to assume the P-T boundary position in the Suol section closed to the minimum carbon-isotope interval IV. In the light of the new data the upper part of the Changhsingian stage of the Upper Permian in Siberia is offered to be considered in the extent of *Otoceras concavum* range zone, but the Induan lower substage of the Lower Triassic – in the volume of the *Tompophiceras pascoei* and *Wordieoceras decipiens* zones. On the basis of a new interpretation, the *Otoceras concavum* zone in the Verkhoyansk area corresponds most likely to the late Changhsingian *Hypophiceras triviale* zone in Greenland. The carbon-isotope intervals II, III, IV and V, recognised in the P-T boundary beds of the Verkhoyansk area and traced in some basic sections of Eurasia, reflect apparently some intensification of volcanic activity at the beginning of late Changhsingian and the first massive eruptive phases of the Siberian Traps at the end of the Changhsingian and the beginning of the Induan. New data are evidences of possible survival of ammonoid Otoceratoidea on the specific level after the Late Permian mass-extinction of organisms.

Key words: Upper Permian, Lower Triassic, molluscs, carbon isotopes, South Verkhoyansk area, NE Asia, global correlation.