

СЕДИМЕНТОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ

УДК [551.761:552.54]+[550.42:546.21:546.26](470.6)+(571.63)

ТРИАСОВЫЕ КАРБОНАТЫ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА И ПРИМОРЬЯ:  
СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА, Ca-Mg ОТНОШЕНИЯ,  
КОРРЕЛЯЦИЯ\*)

Ю.Д. Захаров\*, Н.Г. Борискина\*, А.В. Игнатьев\*, Т.Б. Афанасьева\*,  
Г.И. Бурый\* , В.Я. Вукс\*\*, Г.В. Котляр\*\*, Е.С. Панасенко\*, А.М. Попов\*, Т.А.  
Пунина\*, А.К. Чербаджи\*

\*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

\*\*Всероссийский научно-исследовательский геологический институт, г. Санкт-Петербург

Некоторые события раннедорашамского, среднеоленекского, раннеанзизийского, позднеладинско-?раннекарнийского, позднекарнийского, ранненорийского и раннерэтского времени, фиксируемые по аномально высокому значению  $\delta^{13}\text{C}$  (2,5-6,9‰) и более или менее выраженному понижению Ca-Mg отношения в органических карбонатах Тетической области, могут быть объяснены высокой биологической продуктивностью морей в условиях трансгрессий и теплого климата. Наиболее заметная для триасового периода аномалия тяжелого изотопа углерода, зафиксированная в известняках бассейнов рек Малая Лаба ( $\delta^{13}\text{C}=6,9\text{‰}$ ) и Сахрай (4,2‰) Северного Кавказа и на о-ве Русском (4,9‰) в Южном Приморье, приходится на середину оленекского яруса - зону *Tirolites-Amphistephanites* и ее эквиваленты. Результаты изотопно-кислородного анализа хорошо сохранившихся раковин брахиопод никитинской и уруштенской свит свидетельствуют о колебаниях температуры воды морских бассейнов Северного Кавказа в начале дорашамского времени в пределах 23,8-24,2°C, что сопоставимо с нашими предыдущими данными по палеотемпературе зоны *Paratirolites kittli* в Закавказье (22,0-24,2°C). Предполагается, что в сходных температурных условиях происходило накопление по крайней мере и среднеоленекских известняков Северного Кавказа и Южного Приморья.

**Ключевые слова:** Приморье Дальнего Востока, Кавказ, карбонатные отложения, триас, изотопия углерода, кислорода.

Триасовые отложения Альпийской области представлены преимущественно карбонатными породами, и в связи с этим разрезы Альп, Кавказа и соседних с ними регионов приобретают важное значение при выборе объектов для геохимических исследований. Однако до недавнего времени геохимическое изучение карбонатов этого уровня в Альпийской области проводилось лишь в связи с изотопными исследованиями рубежей систем [11, 16, 17].

В Южном Приморье разрезы триаса сложены преимущественно терригенными отложениями. Известняки встречаются здесь ограниченно. Вместе с тем, в Дальнегорском районе Сихотэ-Алиня присутствуют крупные массивы триасовых известняков (до

3500 м в поперечнике), представляющие собой олистолиты в составе раннемеловой олистостромовой толщи [18, 19]. Предварительные данные по стабильным изотопам этих карбонатных толщ приведены в одной из наших последних публикаций [3].

Настоящая статья, являющаяся продолжением упомянутой выше публикации, посвящена изложению оригинальных данных об изотопном составе позднепермских (раннедорашамских) и триасовых органических карбонатов Северного Кавказа и Приморья, корреляции триасовых отложений Тетической области на основе оригинальных данных геохимии и палеонтологии, реконструкции условий среды геологического прошлого.

---

\*) Печатается в дискуссионном порядке.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Степень диагенетических изменений раковин брахиопод и аммоноидей до проведения изотопных исследований оценивалась путем визуального контроля их структуры микроскопическим способом и с помощью рентгено-структурного анализа по методике, предложенной ранее [1]. Изотопные анализы были выполнены в лаборатории геохимии изотопов Дальневосточного геологического института ДВО РАН с помощью автоматизированного комплекса, включающего стандартную аппаратуру ЭВМ ИСКРА-1256 и ПРМ-2, модернизированный масс-спектрометр МИ-1201В и систему напуска изотопов в газовой фазе. Используемый нами в повседневных определениях стандарт "Гребешок Приморский (*Radinorpeten yessoensis*)", отградуированный относительно стандарта NBS19, составляет для кислорода относительно VPDB  $+3,98 \pm 0,10\%$ , для углерода относительно VPDB  $-0,75 \pm 0,10\%$ . Для определения содержания кальция в образцах известняков использовался химико-аналитический метод комплексно-метрического титрования (ошибка определения не превышала 1%), содержания магния - атомно-абсорбционный метод на анализаторе АА-610S (ошибка определения не превышала 5%).

### СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ И Ca-Mg ОТНОШЕНИЯ КАРБОНАТОВ ДОРАШАМСКОГО ЯРУСА (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА)

До последнего времени существовали расхождения в оценке возраста верхних частей разреза перми (уруштенский горизонт) Северного Кавказа [4, 5, 20]. Недавно в верхах алевролитов уруштенской свиты бассейна р. Малой Лабы нами был обнаружен цератит *Dushanoceras* sp. nov. (рис. 1). Находка подтверждает присутствие верхних слоев перми (верхов дорашамского яруса) на Северном Кавказе, поскольку представители рода *Dushanoceras* в Южном Китае встречаются только в верхней зоне перми (слои с *Rotodiscoceras*) [22]. В связи с этим становится очевидным, что подстилающие их отложения никитинской свиты имеют раннедорашамский возраст, что согласуется с данными по фузулинидам [4, 5].

Геохимические исследования проводились на материале (серебристого цвета раковины брахиопод с хорошо сохранившейся микроструктурой, известняки без признаков метаморфизма), происходящем из балок Никитина, Северной и Безымянной на правом берегу р. Малой Лабы, вблизи бывшего пос. Кировского.

Ниже приведена литолого-палеонтологическая характеристика кутанской, никитинской и уруштенской свит балок Северной и Неизвестной, располагающихся параллельно в 70-100 м друг от друга (снизу вверх); в скобках здесь и далее указаны номера и места отбора проб:

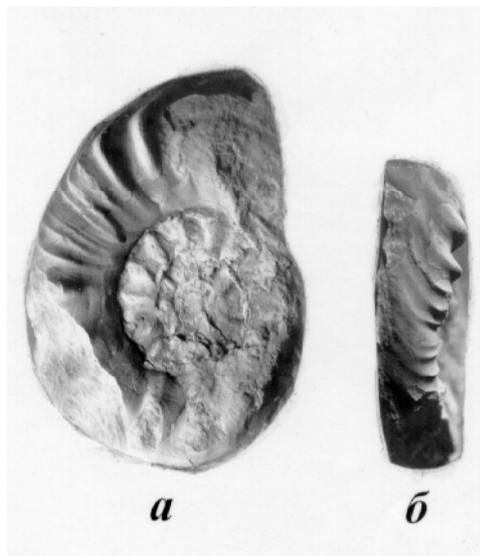


Рис. 1. *Dushanoceras* sp. nov., № 20/820, х 1: а - вид сбоку, б - вид с вентральной стороны; Северный Кавказ, левобережье р. Малой Лабы у пос. Кировского; верхняя пермь, дорашамский ярус (верхи).

### Кутанская свита (верхи)

1. Песчаники серые, мелкозернистые, слюдистые и конгломераты мелкогалечные. Мощность около 30 м.

### Никитинская свита

2. Известняки темно-серые, органогенные, среднеплитчатые, с маломощными прослоями известковистых аргиллитов (572-1 - в 3 м, 572-2 - в 7 м, 572-3 - в 35 м, 572-4 - в 38 м, 572-5 - в 43 м выше подошвы свиты). Мощность 50-55 м.

Фораминиферы - *Reichelina*, *Palaeofusulina*, *Codonofusiella*, *Colaniella* и др. [4, 5].

### Уруштенская свита

3. Аргиллиты темно-серые, с редкими маломощными прослоями глинисто-известковистых пород (671-1, 571-1а - из раковин брахиопод, собранных в подошве свиты). Мощность 10-15 м.

Аммоноидеи - *Xenodiscus koczirkeviczi* Zakharov.

Брахиоподы - *Linoproductus* sp. и др.

4. Известняк темно-серый, губковый (572-6). Мощность 0,2 м.

Губки - *Inozoa* sp. (определение Г.В. Беляевой). Сфинктозоа (неопределимые остатки).

5. Аргиллиты темно-серые, с редкими маломощными прослоями глинисто-известковых пород. Мощность 15-20 м.

Аммоноидеи - *Propinacoceras* sp., *Neogeoceras* sp., *Xenodiscus koczirkeviczi* Zakharov.

6. Известняк темно-серый, рифогенный, с остатками брахиопод (572-7). Мощность 0,3 м.

7. Аргиллиты темно-серые, с редкими прослоями глинисто-известковых пород. Мощность 20 м.

Двустворки - "*Claraia*" *caucasica* Kulikov et Tkachuk.

Наутилоидеи - *Pseudorthoceras?* sp.

Аммоноидеи - *Propinacoceras* sp., *Neocrimites* sp., *Vidrioceratidae* gen. et sp. indet., *Popanoceratidae*(?) gen. et sp. indet. (= "*Cyclolobus*" sp.), *Xenodiscus koczirkeviczi* Zakharov, *Dushanoceras* sp. nov. (=?"*Pseudotemnocheilus*" sp.).

Выше залегают песчаники и конгломераты нижнего триаса.

Аномально высокие значения  $\delta^{13}\text{C}$  (+4,7‰) зафиксированы в известняках средней части никитинской свиты (табл., рис. 2). В известняках нижней части свиты они колеблются от +3,7 до 4,3‰ (в раковинах брахиопод балки Никитина примерно этого же уровня значения  $\delta^{13}\text{C}$  составляют не более +2,9‰).

Значительно более низкие значения  $\delta^{13}\text{C}$  (от +1,0 до 2,2‰) установлены как в известняках уруштенской свиты, так и в серебристых раковинах брахиопод.

Значения  $\delta^{18}\text{O}$  в раковинах раннедорашамских и позднедорашамских брахиопод (от -2,8 до -2,9‰), отражающие температурные условия их образования, представляются близкими к оригинальным.

Ca-Mg отношения в известняках никитинской свиты колеблются от 188,3 до 192,6; магнезиаль-

ность уруштенских известняков несколько выше (Ca/Mg=178-184,6).

### СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ И Ca-Mg ОТНОШЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ ИНДСКОГО И ОЛЕНЕКСКОГО ЯРУСОВ

#### Капустина падь

Нижний триас пади Капустина (правобережье р. Малой Лабы) представлен следующими отложениями ятыргвартинской свиты (снизу вверх):

1. Тонкое переслаивание черных аргиллитов, мергелей и глинистых известняков (569-20 - в средней части). Мощность 5-6 м (в цоколе террасы).

Двустворки - *Claraia aurita* (Hauer).

Задернованный интервал (терраса). Не менее 20-30 м по мощности.

2. Известняки серые, массивные (569-19 - в подошве пачки). Мощность 5-6 м.

Радиолярии - сферические *Spumellaria*.

Конодонты (остатки плохой сохранности).

3. Известняки серые, тонкоплитчатые (569-18 - в 35-45 м, 569-17 - в 60-75 м, 569-16 - в 85-105 м, 569-15 - в 105-135 м выше подошвы пачки). Мощность 107-137 м.

Радиолярии - сферические *Spumellaria*.

Выше согласно залегают массивные известняки малотхачской свиты (нижний анизий). Точное положение границы индского и оленекского ярусов не определено (приходится на задернованный участок).

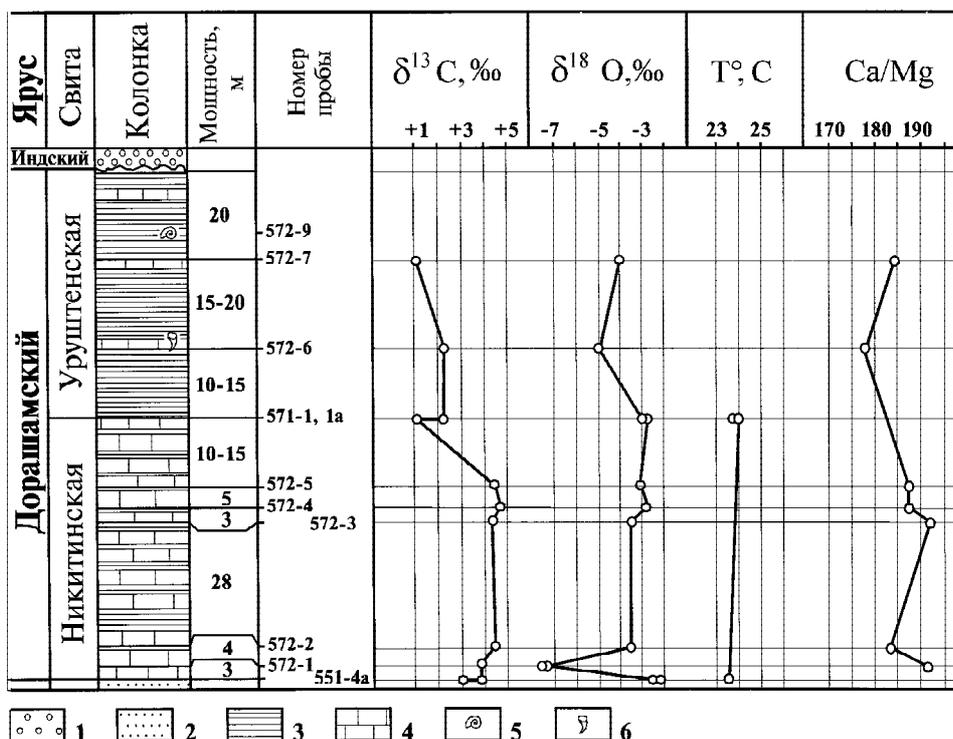


Рис. 2.  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  и Ca-Mg отношения органогенных карбонатов (известняки, раковины брахиопод) дорашамского яруса левобережья р. Малой Лабы, Северный Кавказ.

1 - конгломераты, 2 - песчаники мелкозернистые, 3 - аргиллиты, 4 - известняки, 5 - новые находки аммоноидей (слой 572-9 - *Dushanoceras* sp. nov.), 6 - новые находки губок (*Inozoa* sp.) и сфинктозоа.

**Таблица. Соотношение изотопов углерода и кислорода в раковинах брахиопод и известняках дорашамского яруса верхней перми Северного Кавказа (бассейны рек Малой Лабы и Белой).**

Проба	Материал	Район	Свита, слои	$\delta^{13}\text{C}(\text{PDB})$ ‰	$\delta^{18}\text{O}(\text{PDB})$ ‰	T°C
551-4a	Кальцит (раковина <i>Linoproductus</i> серебристого цвета)	Балка Никитина	Никитинская (низы)	+2,9	-2,8	23,8
551-4	Известняк темно-серый	"-	"-	+3,8	-2,3	-
572-1	"-	Балка Северная	"- (в 2-3 м выше подошвы свиты)	+3,7	-7,4	-
572-2	Известняк серый	"-	"- (в 4 м выше слоя 572-1)	+4,3	-3,5	-
572-3	Известняк темно-серый	"-	"- (в 28 м выше слоя 572-2)	+4,3	-3,5	-
572-4	"-	"-	"- в 3 м выше слоя 572-3)	+4,7	-2,8	-
572-5	"-	"-	"- (в 5 м выше слоя 572-4)	+4,4	-3,1	-
571-1	Кальцит (раковина продуктид серебристого цвета)	Балка	Уруштенский горизонт, глинистая фация (низы)	+1,0	-2,9	24,2
571-1a	"-	"-	"-	+2,2	-2,8	23,8
572-6	Известняк темно-серый, с остатками губок ( <i>Inozoa</i> ) и сфинктозоа	Балка Северная	"- (в 10-15 м выше подошвы горизонта)	+2,2	-4,9	-
572-7	Известняк темно-серый, рифогенный	"-	"- (в 15-20 м выше слоя 572-6)	+1,0	-4,0	-

Уникально высокое значение  $\delta^{13}\text{C}$  (6,9‰) и сравнительно высокое значение  $\delta^{18}\text{O}$  (-3,2‰) соответствуют средней части оленекского яруса (рис. 3). Известняки этой части разреза оленекского яруса отличаются относительно более высокой магнизиальностью ( $\text{Ca/Mg}=172,5$ ).

#### Свинячья падь

Оленекский ярус Свинячьей пади (бассейн р. Сахрай) на Северном Кавказе сложен следующими отложениями ятыргвартинской свиты (снизу вверх):

1. Известняки серые, пелитоморфные, тонкоплитчатые (564-16 - в основании обнажающейся части пачки, 564-17 - в 0,3 м, 564-18 - в 0,6 м, 564-19 - в 1,8 м, 564-20 - в 2,5 м, 564-21 - в 4,5 м выше подошвы обнажающейся части пачки). Примыкают по тектоническому контакту к известнякам верхнего триаса. Мощность 4,5-5,0 м.

Задернованный интервал (до 20 м по мощности).

2. Известняки глинистые, тонкоплитчатые (564-22 в 25-30 м выше слоя 564-21). Мощность 6,0 м.

Радиолярии - *Spumellaria*.

3. Известняки темно-серые, битуминозные, тонкоплитчатые (564-23 - в 6 м выше слоя 564-22). Мощность 25-35 м.

4. Тонкое переслаивание зеленовато-серых известняков, мергелей и темно-серых аргиллитов (564-24 - в средней части). Мощность 5 м.

Двустворки - *Pectinidae*.

5. Аргиллиты темно-серые, с редкими маломощными прослоями глинистых известняков. Мощность около 25-40 м.

Аммоноидеи - *Meekoceras caucasicum* Shevyrev, *Preflorianites toulai* (Smith), *Inyoites?* sp.

6. Тонкое переслаивание темно-серых, зеленовато-серых известняков и темно-серых аргиллитов. Мощность 16 м.

Радиолярии - сферические *Spumellaria* и *Pylentonema?* sp. в ассоциации с остатками неопределимых образований губчатого строения.

Аммоноидеи (плохой сохранности) - *Prosphingitoides?* sp., *Preflorianites* sp.

7. Известняки темно-серые, тонкоплитчатые, с маломощными прослоями темно-серых аргиллитов (564-27 - в подошве пачки). Мощность 40-60 м.

Точное положение границы с перекрывающими их отложениями малотхачской свиты раннеанизийского возраста не определено. За основание малотхачской свиты условно приняты известняки (слой 564-28), содержащие остатки крупных *Leiophyllites?*

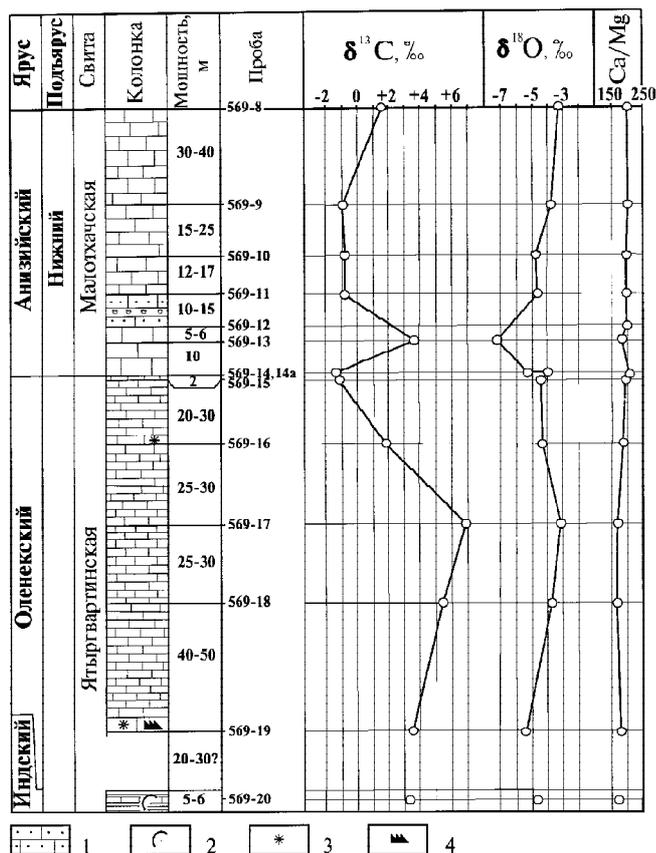


Рис. 3.  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  и Ca-Mg отношения известняков нижнего и среднего триаса пади Капустина (бассейн р. Малая Лаба), Северный Кавказ.

1 - известняк песчанистый, 2 - первые находки двустворок (*Claraia aurita*), 3 - первые находки радиолярий (*Spumellaria*), 4 - первые находки конодонтов. Прочие обозначения как на рис. 2.

sp. В аллювии встречаются среднеанизийские *Paradanubites palmus* Shevurev.

Максимальные значения  $\delta^{13}\text{C}$  (+4,2‰) и  $\delta^{18}\text{O}$  (-3,1‰) приходятся на известняки средней части оленекского яруса (слой 564-27); относительно повышенная магнезиальность (Ca/Mg=163,8-170,1) отмечается в пределах всей толщи оленекских отложений (за исключением ее низов) и в основании слоев с *Leiophyllites?* sp. (рис. 4).

### Мамрюк

В разрезе по руч. Мамрюк (бассейн р. Сахарай на Северном Кавказе) наиболее полно обнажены низы ятыргвартинской свиты. На размытой поверхности амфибол-биотитовых гранитов здесь залегают:

1. Конгломераты среднегалечные с большим количеством кварцевого материала в гальке. Мощность около 15-20 м по делювию.

2. Песчаники грубозернистые, светло-серые, постепенно замещающиеся выше по разрезу мелкозернистыми разностями. Мощность около 10 м.

3. Известняки светло-серые, массивные, с примесью песчаного материала в основании (565-1 - примерно в 5 м выше подошвы пачки). Мощность 15-20 м.

Радиолярии - сферические *Spumellaria*.

4. Известняки серые, тонко- и среднеплитчатые с редкими радиоляриями (565-2 - в подошве слоя). Мощность 1 м.

5. Известняки светло-серые, среднеплитчатые (565-3 - в подошве пачки). Мощность 20 м.

6. Известняки темно-серые, среднеплитчатые, с редкими радиоляриями. Мощность 15-20 м.

Точное положение границы между индским и оленекским ярусами не определено.

Значения  $\delta^{13}\text{C}$  известняков низов ятыргвартинской свиты колеблются от -1,2 до +2,2‰ (рис. 5). Известняки пограничных слоев индского и оленекского ярусов отличаются крайне пониженной магнезиальностью и содержат лишь следы Mg.

### Белая - Руфабго

На правом борту р. Белой в районе оврага Руфабго на амфибол-биотитовых гранитах залегают следующие отложения ятыргвартинской свиты:

1. Базальные брекчии. Мощность 0,7 м.

2. Известняки серые и светло-серые, массивные. Мощность 30-40 м.

3. Известняки песчанистые. Мощность 30-40 м.

4. Известняки серые, пелитоморфные, тонкоплитчатые (564-6 - из средней части пачки, 564-10 - в 2,2 м выше слоя 564-6). Мощность 150-200 м.

Спикулы губок и радиолярии - сферические *Spumellaria* (из слоев 564-6, 10).

Конодонты (из слоя 564-2 - в 1,6 м ниже слоя 564-6) - *Neospathodus triangularis* (Bender) и стержневидные элементы.

Пелитоморфные известняки с размывом перекрыты юрскими отложениями. В слое 564-10 отмечается аномально высокое содержание тяжелого изотопа углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ =+3,6‰). Ca-Mg отношение достигает 180,11.

### Три Камня

На Западном побережье Уссурийского залива в районе мыса Три Камня (скала Орел) в Южном Приморье хорошо обнажены пограничные слои индского и оленекского ярусов. Они представлены здесь следующими отложениями (снизу вверх):

#### Индский ярус (зона *Gyronites subdharmus*)

1. Песчаники мелкозернистые, зеленовато-серые, с линзами известковистых песчаников-ракушечников. Мощность 4,5 м.

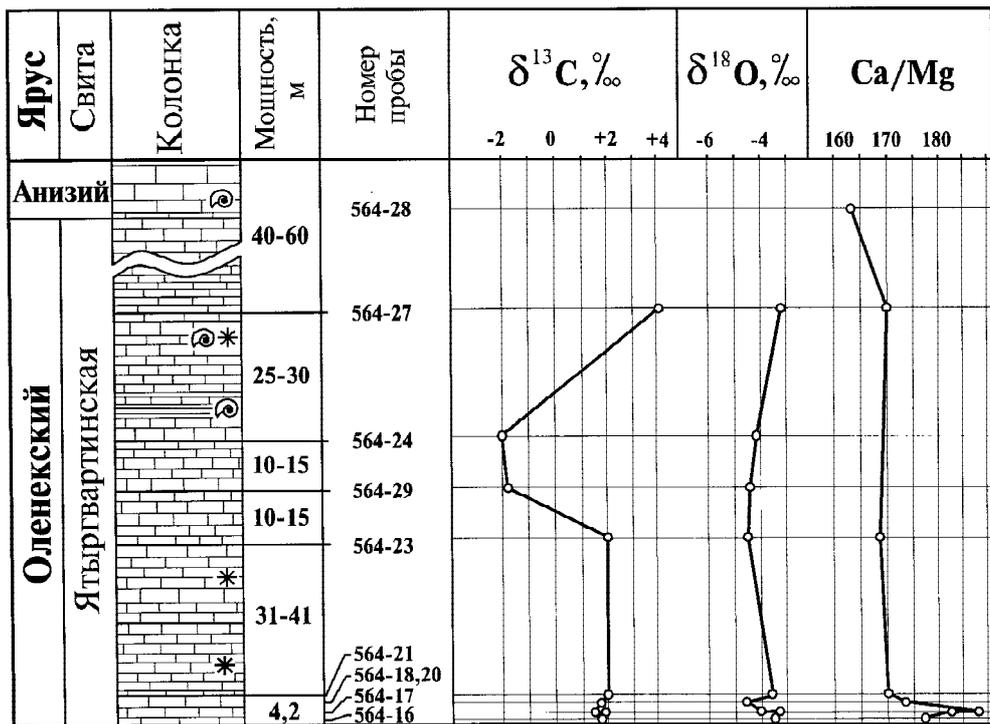


Рис. 4.  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  и Ca-Mg отношения известняков нижнего триаса пади Свиначей (бассейн р. Сахрай), Северный Кавказ. Обозначения как на рис. 2, 3.

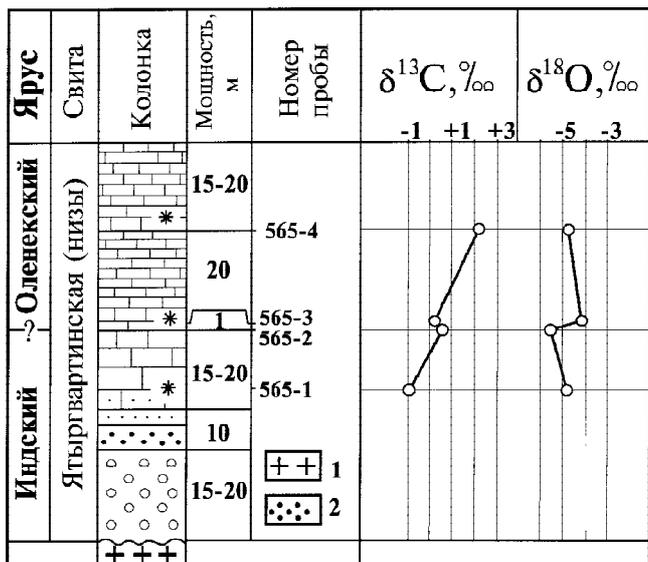


Рис. 5.  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  известняков нижнего триаса руч. Мамрюк (бассейн р. Сахрай), Северный Кавказ.

1 - граниты, 2 - песчаники грубозернистые. Прочие обозначения как на рис. 2, 3.

Двустворки - *Promyalina shamarae* (Bittner).

2. Песчаники мелкозернистые, зеленовато-серые, с линзами песчаных известняков-ракушечников (133-4 - в подошве слоя). Мощность 1,5 м.

Аммоноидеи - *Gyronites subdharmus* Kiparisova.

**Оленекский ярус (зона *Hedenstroemia bosphorensis*, слой с *Gyronites separatus*)**

3. Песчаники зеленовато-серые, с линзами и желваками песчаных известняков-ракушечников (133-3 - в подошве пачки, 401-8 - в 0,1 м, 133-2 - в 1,85 м, 94-14а - в 2,85 м, 94-14 - в 3,35 м выше подошвы пачки). Мощность 3,35 м.

Аммоноидеи - *Meekoceras subcristatum* Kiparisova, *Gyronites separatus* Kiparisova.

Значение  $\delta^{13}\text{C}$  в верхах индского яруса достигает +1,2‰, в основании оленекского яруса оно снижается до +0,3‰, в низах оленекского яруса - не превышает +0,8‰, содержание тяжелого изотопа кислорода в пограничных слоях низкое (рис. 6). Отмечается понижение магнезиальности известняков в основании оленекского яруса (Ca/Mg=192,8).

**Парис**

Как отмечалось ранее [3], аномально высокое значение  $\delta^{13}\text{C}$  (до 4,9‰) было установлено нами в известняках зоны *Tirolites -Amphistephanites* средней части оленекского яруса [21], обнажающихся в бухте Парис на о-ве Русском в Южном Приморье.

**СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ И Ca-Mg ОТНОШЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ СРЕДНЕГО ТРИАСА**

**Капустина падь**

Средний триас представлен в разрезе по пади Капустина (бассейн р. Малой Лабы) следующими отложениями малотхачской свиты (нижний анизий):

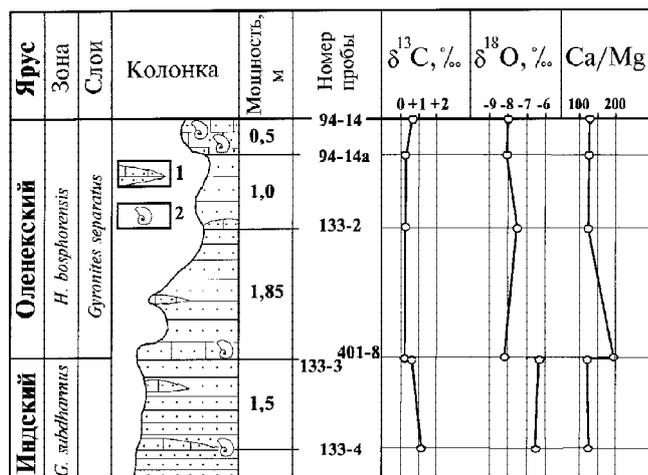


Рис. 6.  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  и Ca-Mg отношения песчаных известняков-ракушечников пограничных слоев индского и оленекского ярусов нижнего триаса на западном побережье Уссурийского залива в районе мыса Три Камня (скала Орел), Южное Приморье.

Обозначения как на рис. 2, 3.

1. Известняки серые, массивные (569-13 - в 10 м, 569-12 - в 15-16 м выше подошвы пачки). Мощность 20 м.

2. Песчаники серые, известковистые и известняки серые, массивные, с прослоями конгломератов. Мощность 10-15 м.

3. Известняки серые, массивные, местами песчаные (569-11 - в подошве толщи, 569-10 - в 12-17 м выше подошвы толщи, 569-9 - в кровле пачки). Мощность около 70-90 м. В бассейне р. Тхач свита охарактеризована аммоноидеями *Stenoporanoceras*, *Megaphyllites*, *Longobarditoides*, *Laboceras* и *Leiophyllites* (слои со *Stenoporanoceras*) [9].

4. Известняки розовато-серые, массивные (569-8 - в 30-40 м выше подошвы пачки). Мощность 30-40 м.

Выше располагаются, судя по отдельным обнажениям, плитчатые известняки, аргиллиты с железисто-карбонатными конкрециями и конгломераты ачешбокской свиты (средний анизий) и базальные конгломераты карния с брахиоподами *Costirhynchia*.

Наиболее высокие значения  $\delta^{13}\text{C}$  (+3,5‰) и наиболее низкие значения  $\delta^{18}\text{O}$  (-7,2‰) установлены в низах анизийского яруса. В целом для известняков анизийского яруса характерна сравнительно пониженная магнезиальность (Ca/Mg=190,3-202,9).

### Гора Больничная

Как отмечалось ранее [3], достаточно высокое содержание тяжелого изотопа углерода ( $\delta^{13}\text{C}=2,6‰$ ) обнаружено в известняках верхнеладинского-нижнекарнийского интервала на юго-западном склоне горы Больничной Дальнегорского района Сихотэ-Алиня.

## СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ И Ca-Mg ОТНОШЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ ВЕРХНЕГО ТРИАСА

### Зальцкаммергут - Кендельбах

Аномально высокие значения  $\delta^{13}\text{C}$  установлены в верхнем карнии Зальцкаммергута, Альпы (+3,5‰) [3]. Повышенными значениями  $\delta^{13}\text{C}$  характеризуются известняки нижнего нория (+2,2‰) [3]. Согласно новой публикации [17], в известняках низов в Кессенской формации рэтского возраста, обнажающихся в грабене Кендельбах, отмечаются также высокие содержания тяжелого изотопа углерода ( $\delta^{13}\text{C}=+2,79‰$ ); в известняках ее верхней части  $\delta^{13}\text{C}$  снижается до 1,72‰.

### Ручей Больничный

Аномально высокое значение  $\delta^{13}\text{C}$ , как отмечалось нами ранее [3], было открыто в нижненорийских известняках Сихотэ-Алиня.

### Куна

Нижне-средненорийские отложения низов шапкинской свиты по р. Куна (бассейн р. Сахрай на Северном Кавказе) представлены гравелитами, песчаниками и известняками с многочисленными брахиоподами [9].

$\delta^{13}\text{C}$  нижненорийских красных известняков, обнажающихся по р. Куна (К-12), составляет +2,6‰; известняки отличаются высокой магнезиальностью (Ca/Mg=155,5) (рис. 7).

### Сахрай

В красных известняках позднеорийского возраста шапкинской свиты верховьев р. Сахрай Северного Кавказа (К-7, К-22) значения  $\delta^{13}\text{C}$  изменяются от +2,5 до +2,8‰, в аналогичных по облику известняках рэтского возраста (К-9)  $\delta^{13}\text{C}$  составляет только 2,2‰ (рис. 7). Все исследованные известняки отличаются высокой магнезиальностью (Ca/Mg = 146,18).

### Тхач-Бах

В красных известняках пограничных слоев нория и рэта карьера АОЗТ "Мрамор", расположенного на водоразделе рек Тхач и Бах Северного Кавказа (5412-5416), значения  $\delta^{13}\text{C}$  колеблются от 2,0 до 2,5‰; известняки отличаются повышенной магнезиальностью, особенно в нижней части исследованного интервала (Ca/Mg=169,7) (рис. 7).

## СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ АРАГОНИТОВЫХ РАКОВИН АММОНОИДЕЙ НИЖНЕГО АПТА

В сравнительных целях были исследованы раковины раннемеловых аммоноидей Северного Кавказа, сохранившие в той или иной степени первичный арагонитовый материал. Материал происходит из двух различных стратиграфических уровней афибской свиты (нижний апт).

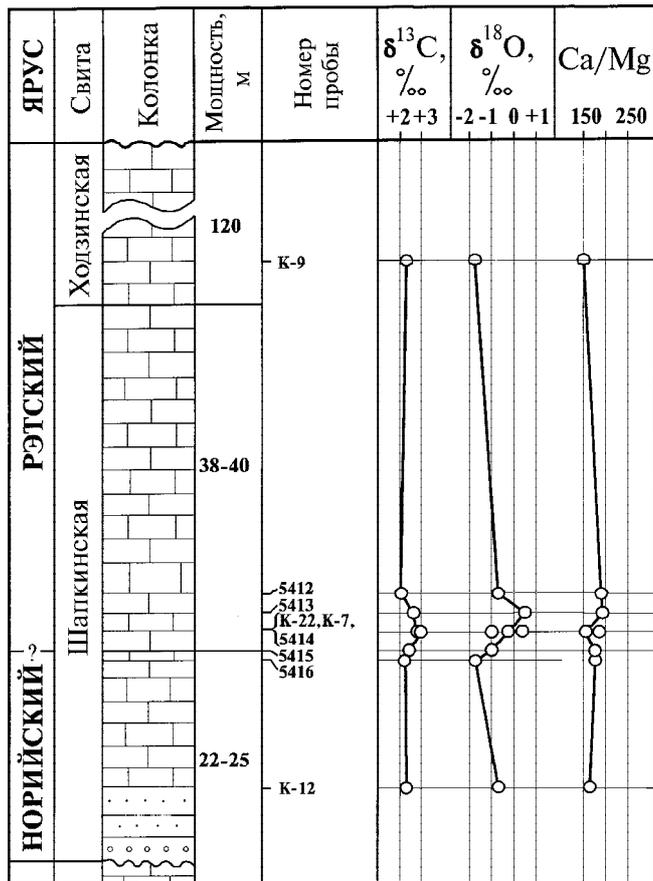


Рис. 7.  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  и Ca-Mg отношения известняков верхнего триаса бассейнов рек Сахрай и Тхач, Северный Кавказ.

Обозначения как на рис. 2.

Из нижнего стратиграфического уровня были отобраны гигантская раковина неопределенного аммонита с содержанием арагонита до 42% ( $\delta^{13}\text{C}=-9,2\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O}=-1,5\text{‰}$ ) и мелкая раковина *Tetragonites* sp. с содержанием арагонита только до 21% ( $\delta^{13}\text{C}=-11,8\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O}=-2,8\text{‰}$ ). Судя по сравнительно высокому содержанию вторичного кальция в раковинах и некоторым примесям в одной из них, они претерпели несколько стадий диагенетических изменений, существенно искаживших изотопный состав углерода. Вместе с тем, их изотопный состав кислорода представляется близким к оригинальному и, по-видимому, может быть использован для палеотемпературных определений.

Из верхнего стратиграфического уровня афибской свиты (верхи нижнего апта) происходят две другие раковины аммоноидей - *Chelonicer* sp. (37% арагонита;  $\delta^{13}\text{C}=-11,7\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O}=-2,6\text{‰}$ ) и *Hypophylloceras* sp. (68% арагонита;  $\delta^{13}\text{C}=-6,4\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O}=-0,3\text{‰}$ ). Подобно раковинам нижнего стратиграфического уровня, они, по-видимому, сохранили изотопный состав кислорода, близкий к оригиналь-

ному. Данные по изотопному составу кислорода по крайней мере некоторых из исследованных раковин, по-видимому, могут быть использованы для палеотемпературных определений.

### Корреляция позднепермских (дорашамских) и триасовых отложений Тетической области

Недавно нами [2] были установлены повышенные значения  $\delta^{13}\text{C}$  (до +2,8‰) в хорошо сохранившихся раковинах брахиопод *Araxathyris ogbiensis* Grunt из зоны *Paratirolites kittli* средней части дорашамского яруса ахуринской свиты в районе пос. Ахура в Закавказье. Открытие аномально высоких содержаний тяжелого изотопа углерода в дорашамских отложениях никитинской свиты Северного Кавказа, ниже аргиллитов уруштенской свиты, охарактеризованных позднедорашамскими *Dushanoceras*, позволяет коррелировать никитинскую свиту с зоной *Paratirolites kittli*, соответствующей концу раннего дорашама (рис. 8). Уруштенской свите верхов дорашамского яруса соответствуют, вероятно, слои с *Rotodiscoceras* формации Чансин в Юго-Восточном Китае и зоны *Pleuronodoceras occidentalis* Закавказья и *Huananoceras qianjiangense* Южного Приморья.

Аномалию  $\delta^{13}\text{C}$ , установленную впервые в зоне *Tirolites-Amphistephanites* шмидтской свиты Южного Приморья, соответствующей средней части оленекского яруса Южного Приморья (4,9‰), удается проследить на том же стратиграфическом уровне в ряде разрезов Северного Кавказа: (1) в среднеоленекских известняках ятыргвартинской свиты по р. Белой, в районе оврага Руфабго (3,6‰), охарактеризованных, как показали наши исследования, конodontами *Neospathodus triangularis* (Bender), их первое появление характерно для зоны с *Tirolites cassianus*; (2) в среднеоленекских известняках той же свиты Свинячьей пади (4,2‰), перекрывающих глинисто-карбонатные отложения, охарактеризованные раннеоленекским комплексом аммоноидей; (3) в известняках той же свиты пади Капустина (6,9‰), соответствующих, судя по их положению в разрезе, средней части оленекского яруса.

Аномалии  $\delta^{13}\text{C}$ , обнаруженные в нижнем анизии Северного Кавказа (3,5‰), на границе ладинского и карнийского ярусов в Сихотэ-Алине (2,6‰) и в верхнем карнии Альп (3,5‰), пока еще не прослежены пространственно и требуют дополнительных исследований.

Аномально высокие значения  $\delta^{13}\text{C}$  для нижнего нория установлены в двух регионах - Сихотэ-Алине (3,1‰) и Северном Кавказе (2,8‰); в Альпах обнаружено лишь повышенное содержание тяжелого изотопа углерода ( $\delta^{13}\text{C}=2,2\text{‰}$ ) на этом стратиграфическом уровне.



прямую связанной прежде всего с трансгрессиями и потеплением климата (1) в начале дорашамского века (зональный момент *Tirolites kittli*), (2) середине оленекского (зональный момент *Tirolites - Amphistephanites*), (3) начале анизийского, (4) конце ладинского - начале карнийского, (5) конце карнийского, (6) начале норийского и (7) начале рэтского времени. Наибольшая биологическая продуктивность для триасового периода приходилась на середину оленекского века.

Существование климатических оптимумов в дорашамском, оленекском, анизийском и норийском веках подтверждается, как нам представляется, некоторыми событиями в развитии радиоляриевых фаун Сихотэ-Алиня. Высокая численность и таксономическое разнообразие *Albaillellaria* в кремнях раннедорашамской зоны *Imotoella exelsa* верхней перми руч. Пантового, горы Амба и речки Скалистой и флишоидах г. Орел является возможным следствием оптимальных условий. Образование значительной массы органогенных радиоляриевых кремней в Сихотэ-Алине в оленекском веке могло происходить в аналогичных условиях. С анизийским потеплением может быть связано появление *Nassellaria*, преимущественно многосегментных, с карнийским и норийским потеплениями - резкие повышения таксономического разнообразия *Nassellaria* и *Spumellaria*, установленные в ряде разрезов Сихотэ-Алиня (Скалистая, Дальнегорск, Бревка и др.) и развитие планктонных известняков в составе джаурской свиты и ее аналогов.

Судя по данным изотопно-кислородного анализа, температура придонных вод мелководных бассейнов Северного Кавказа и Закавказья в раннедорашамское время достигала 23,8°C (табл. 1) [2]. В начале уруштенского времени, соответствующего, очевидно, началу второй половины дорашамского века, температура придонных вод морей Северного Кавказа существенно не изменилась и достигала 24,2°C. Примерно в сходных температурных условиях тропиков и субтропиков происходило образование и, по крайней мере, среднеоленекских органогенных карбонатов Тетической области, учитывая существенное потепление в оленекском веке (с крайними значениями температур от 10,0 до 22,8°) даже в высоких широтах Арктической Сибири [2, 6-8]. Климатические условия среднеоленекского времени сопоставимы, вероятно, и с раннеаптским климатическим оптимумом, когда температура вод мелководных морских бассейнов Северного Кавказа колебалась от 13,7-17,9 до 23,9°.

В заключение следует упомянуть, что недавно в печати появились сведения результатов кислородно-изотопного анализа известняков Кессенской формации Альп [17], позволяющие, по мнению

этих авторов, реконструировать тропические условия их формирования в начале рэтского века.

Для реконструкции условий среды позднего палеозоя и раннего мезозоя важное значение имеют, по-видимому, данные по распространению рифов как чувствительных индикаторов изменений морской среды. Примером процветающих рифов дорашамского века являются рифогенные образования уруштенского горизонта на Северном Кавказе. В конце дорашамского века рифы исчезли с лица Земли, рифообразование не возобновилось ни в одном из районов мира ни в условиях климатического оптимума (трансгрессии) середины оленекского века, ни при сходных (а может быть, и более теплых) условиях, наметившихся в начале среднего триаса. Широкое развитие рифов в приэкваториальных районах имело место лишь в поздне триасовую эпоху.

Отсутствие рифов в низких широтах в начале триаса логичнее связывать с косвенным воздействием кислородного режима (более или менее низким содержанием кислорода в атмосфере и океане этого времени) вследствие резкого дефицита кислорода на рубеже перми и триаса [12-15]. Этим же может объясняться и отсутствие заметных следов кремненакопления органогенной природы непосредственно в пограничных слоях перми и триаса, а также низкие темпы восстановления таксономического разнообразия радиолярий в индском и оленекском веках (радиолярии по крайней мере этого времени представлены преимущественно сферическими формами отряда *Spumellaria*).

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Г.В. Беляевой (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток) за палеонтологические определения дорашамских губок и Т.Н. Пинчук (Научно-технический центр предприятия "Кубаньгазпром", Краснодар) за организацию полевых работ в Республике Адыгея и Краснодарском крае в июле 1997 г.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант 97-05-65832).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров Ю.Д., Найдин Д.П., Тейс Р.В. Изотопный состав кислорода раковин раннетриасовых головоногих Арктической Сибири и соленость бореальных бассейнов в начале мезозоя // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1975. № 4. С. 101-113.
2. Захаров Ю.Д., Уханева Н.Г., Игнатьев А.В., Афанасьева Т.Б., Вавилов М.Н., Котляр Г.В., Попов А.В., Попов А.М. Изотопный состав кислорода и углерода органогенных карбонатов верхнего палеозоя и мезозоя Евразии // Тихоокеан. геология. 1997. Т. 16, № 1. С. 45-58.
3. Захаров Ю.Д., Уханева Н.Г., Игнатьев А.В., Попов

- А.М., Пунина Т.А. Предварительные данные по изотопному составу углерода и кислорода триасовых органических карбонатов Тетического пояса // Тихоокеан. геология. 1999. Т.18, № 3. С.47-53.
4. Позднепермский этап эволюции органического мира. Джульфинский и дорашамский ярусы СССР. Л.: Наука, 1983. 198 с.
  5. Позднепермский этап эволюции органического мира. Мидийский ярус СССР. Л.: Наука, 1989. 184 с.
  6. Курушин Н.И. Триасовые двусторчатые моллюски северо-восточной Азии (морфология, система, биоэкология, палеоэкология и палеобиогеография): Автореф. дис... д-ра геол.-минер. наук. Новосибирск, 1998. 45 с.
  7. Курушин Н.И., Захаров В.А. Климат Северной Сибири в триасовом периоде // Бюл. МОИП, отд. геол. 1995. Т. 70, № 3. С. 55-60.
  8. Тейс Р.В. Использование изотопного состава кислорода раковин и скелетов морских организмов для решения некоторых вопросов геохимии // Разделение элементов и изотопов в геохимических процессах. М.: Наука, 1979. С. 155-161.
  9. Шевырев А.А. Триасовые аммониты Северо-Западного Кавказа. М.: Наука, 1995. 174 с. (Тр. ПИН РАН; Т. 264).
  10. Alcalá-Herrera J.A., Grossman E.L., Gartner S. Nannofossils diversity and equistability and fine-fractions  $\delta^{13}\text{C}$  across the Cretaceous/Tertiary boundary at Walvis Ridge Leg 74, South Atlantic // Marine Micropaleontology. 1992. V. 20, № 1. P. 77-88.
  11. Baud A.M., Magaritz M., Holser W.T. Permian-Triassic of the Tethys: carbon isotope studies // Geol. Rundschau. 1989. V. 78. P.649-677.
  12. Berner R.A. Drying,  $\text{O}_2$  and mass-extinction // Nature. 1989. V. 340, № 6235. P. 603-604.
  13. Gruszczynski M., Halas S., Hoffman A., Malkowski K. A brachiopod calcite record of the oceanic carbon and oxygen isotope shifts at the Permian/Triassic transition // Nature. 1989. V. 337, № 6202. P. 64-68.
  14. Hallam A. The earliest Triassic as an anoxic event, and its relationship to the end-Palaeozoic mass extinction // Canad. Soc. Petrol. Geol. 1994. Mem. 17. P. 797-804.
  15. Holser W.T., Schoenlaub H.-P., Attrep M. et al. A unique geochemical record at the Permian/Triassic boundary // Nature. 1989. V. 337, N 6202. P. 39-44.
  16. Holser W.T., Schoenlaub H.P., Boeckelmann K., Magaritz M. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 core: synthesis and conclusions // Abhandl. Geol. Bundesanstalt. 1991. V. 45. P. 213-232.
  17. Morante R., Hallam A. Organic carbon isotopic record across the Triassic-Jurassic boundary in Austria and its bearing on the cause of the mass extinction // Geology. 1996. V. 24, N 5. P. 391-394.
  18. Punina T.A. Classification and correlation of Triassic limestones in Sikhote-Alin on the basis of corals // Late Palaeozoic and Early Mesozoic circum-Pacific events and their global correlation. World and Regional Geology 10. Cambridge University Press, 1997. P. 186-192.
  19. Punina T.A. Stages of the development of Triassic biogenic buildups in Sikhote-Alin // Mem. Geologie (Lausanne). 1997. N 30. P. 151-167.
  20. Zakharov Y.D. Type and hypotype of the Permian-Triassic boundary // Mem. Soc. Geol. It. 1988. V. 34 (1986). C. 277-289.
  21. Zakharov Yu.D. Ammonoid evolution and the problem of the stage and substage division of the Lower Triassic // Mem. Geologie (Lausanne). 1997. N 30. P. 121-136.
  22. Zhao J., Liang X., Zheng Z. The Late Permian cephalopoda of South China // Palaeontol. Sinica, new ser. B. 1978. N 12. P. 1-194.

Поступила в редакцию 9 октября 1998 г.

Рекомендована к печати Л.И. Попеко

**Yu.D. Zakharov, N.G. Boriskina, A.V. Ignatyev, T.B. Afanasyeva, G.I. Buryi, V.Y. Vuks, G.V. Kotlyar, E.S. Panasenko, A.M. Popov, T.A. Punina, A.K. Cherbadzhy**

### **Triassic carbonates in North Caucasus and Primorye: stable oxygen and carbon isotopes, Ca/Mg ratio, and correlation**

Some Early Dorashamian, Middle Olenekian, Early Anisian, Late Ladinian-?Early Carnian, Late Carnian, Early Norian, and Early Rhaetian events marked by an anomalously high value of  $\delta^{13}\text{C}$  (2.5-6.9‰) and more or less expressed decline in Ca/Mg ratio in organogenic carbonates of the Tethyan Realm might be explained by high bioproductivity of the marine basins in the conditions of transgressions and warm climate. The highest  $\delta^{13}\text{C}$  values identified in the Triassic limestones of Malaya Laba (6.9‰) and Sakhray (4.2‰) River basins in North Caucasus and Russian Island (4.9‰) in Primorye region fall on the Middle Olenekian Tirolites-Amphistephanites Zone and its equivalents. Oxygen isotope analyses of brachiopod shells (with good preserved microstructure) from Nikitin and Urushten Formations show that the temperatures of the shallow water in marine basins in North Caucasus fluctuated during the Early Dorashamian from 23.8° to 24.2°C which is in accordance with our previous paleotemperature data for the *Paratirolites kittli* Zone of Transcaucasia (22.0-24.2°C). Similar conditions appear to have occurred in North Caucasus and South Primorye at least during the Middle Olenekian.