

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОБИОГЕОГРАФИИ РАДИОЛЯРИЙ
В СРЕДНЕ-ВЫСОКОШИРОТНЫХ ПАЛЕОГЕНОВЫХ МОРСКИХ БАСЕЙНАХ
(ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ, НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ)**

Э.О. Амон*, К.Дж. Холлис**

**Институт геологии и геохимии УрО РАН*

620151, г. Екатеринбург, пер. Почтовый, 7

E-mail: amon@igg.uran.ru

***Институт геологических и ядерных наук*

Веллингтон, Новая Зеландия

E-mail: c.hollis@gns.cri.nz

Поступила в редакцию 10 сентября 2007 г.

В статье приводятся результаты исследования, которое было ориентировано на сравнение особенностей биогеографического распространения радиоларий в палеогеновых морских палеобассейнах двух регионов – Западной Сибири и Новой Зеландии. Главная задача состояла в выявлении видов радиоларий, общих для названных регионов, но отсутствующих в экваториальном поясе – т.е. в установлении явления биполярности в географическом распространении радиоларий в палеогене. Сравнение проведено на трех временных интервалах: 1) поздний палеоцен, танет, 2) ранний эоцен, ранний ипр, 3) ранний эоцен, поздний ипр. В танете только 5 видов найдены в обоих регионах, в позднем ипре – 10, тогда как в раннем ипре 22 общих таксона задокументированы в Сибири и Новой Зеландии. Эти виды классифицируются как две группы: космополиты и биполярные виды. Установлены только два строго биполярных вида – населяющие *Lophophaena mugaica* Kozlova и *Lithostrobilus longus* Grigorjeva. Эти виды распространены на Русской платформе, в Западной Сибири, Тургае и Новой Зеландии. Остальные виды широко распространены, в дополнение к рассматриваемым высокоширотным регионам, в центральной и северной Атлантике, центральной и восточной Пацифике, в Индийском океане. В раннем ипре наблюдалось максимальное фаунистическое сходство между регионами Мексиканского залива, Калифорнии, Западной Сибири и Новой Зеландии. Поскольку в палеогене эти регионы далеко отстояли друг от друга, они могли быть связаны системой океанских течений.

Вероятно, виды радиоларий, в биогеографическом распространении которых обнаруживаются биполярные ареалы, обладали повышенным биотическим потенциалом. Последний позволял таким таксонам преодолевать гигантские расстояния и разнообразные физико-географические барьеры на пути расселения биполярных форм.

Ключевые слова: *палеоген, радиоларии, палеогеография, Западная Сибирь, Новая Зеландия.*

**SOME FEATURES OF RADIOLARIAN PALEOBIOGEOGRAPHY
IN PALEOGENE MID-HIGH-LATITUDINAL MARINE BASINS
(WESTERN SIBERIA AND NEW ZEALAND)**

E.O. Amon*, C.J. Hollis**

**Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS*

***Institute of Geological and Nuclear Sciences, Wellington, New Zealand*

The data of research, which has been focused on comparison of radiolarian biogeographical distribution feature in Paleogene marine basins of Western Siberia and New Zealand, are resulted in the paper. The main task consisted in the recognizing radiolarian species, which are common for both regions, but absent in equatorial belt, i.e. in an ascertaining of bipolarity phenomenon in radiolarians geographical distribution during Paleogene. Records were grouped into three time intervals: 1) Late Paleocene, Thanetian; 2) Earliest Eocene, Early Ypresian; 3) Early Eocene, Late Ypresian. In Thanetian only 5 species were occurred in both regions, in Late Ypresian – 10, whereas in Early Ypresian 22 common

species were documented in Siberia and New Zealand. These species are classified into two groups: cosmopolitan and bipolar species. Only two bipolar species have been identified: the nassellarians *Lophophæna mugaica* Kozlova and *Lithostrobis longus* Grigorjeva. These species have spread over the Russian Platform, Western Siberia, Turgay and New Zealand. All remaining species are cosmopolitan with records throughout the central and northern Atlantic, central and eastern Pacific (California), and central Indian Oceans in addition to high-latitude regions examined here. At least for the Early Ypresian, the greatest general faunal similarity is observed between the Gulf of Mexico, California, Western Siberia and New Zealand. As far as these regions were away at long distance from each other during Paleogene, they were connected by oceanic seaways.

Probably, radiolarian species with bipolar biogeographical distribution had increased biotic potential, which allowed such taxa to overcome huge distances and various physical-geographical barriers on a way of their moving.

Key words: *Paleogene, radiolarians, paleogeography, Western Siberia, New Zealand.*

Введение

В работах, посвященных палеобиогеографии и биогеографии ископаемых и современных видов радиолярий, мало или недостаточно освещен такой важный аспект, как явление биполярности. Так, М.Г. Петрушевская [1981, с. 34-35], суммируя данные о распространении радиолярий-насселлярий в четвертичное время, пришла к следующим заключениям: 1) наибольшее число видов насселлярий обитает в поверхностных, субповерхностных и промежуточных тропических водах; 2) вероятно, космополитным видам были присущи биотопы обитания в более глубоких водах; 3) некоторым видам (всего 4 вида) было свойственно амфибореальное *биполярное* распространение; 4) в Арктике обитает один вид эндемик; 5) значительно большая группа эндемиков обитает в Антарктике и Субантарктике; 6) не всем видам насселлярий было свойственно собственно океаническое распространение, часть видов можно отнести к дальненеритическим.

В другой известной своей работе М.Г. Петрушевская [1986, с. 76-85] отметила следующие различия между океаническими и неритическими видами радиолярий. Океанические виды включают: 1) циркумтропические, т.е. тропические или широко тропические виды, а также экваториальные и тропико-бореальные; 2) группу умеренной зоны (биполярные, нотально-бореальные); 3) космополитные, или виды, ограниченные в распространении центральными зонами океана, отсутствующие на шельфе, могущие обитать на сравнительно больших глубинах в тропиках и в холодноводных областях, редко приближающиеся к побережью; 4) антарктические. Относительно неритических видов отмечено, что они редко встречаются, и состав их комплексов отличается от таковых из океанских областей. Согласно М.Г. Петрушевской, строгий эндемизм среди рецентных радиолярий распознать трудно из-за недостатка точных данных относительно географического распределения видов радиолярий и сомнительной таксономии многих групп. С этой точки зрения, зонирование океана на основе эндемизма радиолярий, населяющих его различные области, достаточно затруднительно. Единственное, в чем можно быть уверенным – это в том, что в направлении от тропиков к полюсам уменьшается биоразнообразие радиолярий [Петрушевская, 1981, 1986]. Это уменьшение, однако, часто акцентируется пиком в субтропической транзитной (переходной) области, где многие холодноводные и тепловодные таксоны сосуществуют, особенно в донных отложениях [Boltovskoy, 1986].

М.Г. Петрушевская [1986] полагала, что всего лишь несколько видов среди рецентных радиолярий показывают бимодальное или биполярное распределение, и это явление очень редкое как в настоящем времени, так и в геологическом прошлом. Между тем, новые данные показывают, что бимодальное и биполярное распределение радиолярий было более распространено и играло более существенную роль в расселении радиоляриевых фаун геологического прошлого.

Так, С.Д. Степаньянц с коллегами привели данные, что существует, по меньшей мере, 32 биполярных вида радиолярий в современных океанах [Степаньянц и др., 2004]. Д. Лазарус сообщил, что имеется много постмиоценовых видов радиолярий с биполярным распределением в Норвежском и южном Атлантическом океанах [Lazarus, 1998].

Так, С.Д. Степаньянц с коллегами привели данные, что существует, по меньшей мере, 32 биполярных вида радиолярий в современных океанах [Степаньянц и др., 2004]. Д. Лазарус сообщил, что имеется много постмиоценовых видов радиолярий с биполярным распределением в Норвежском и южном Атлантическом океанах [Lazarus, 1998].

ком бассейнах [Lasarus, 2002]. Существует сходство между раннепалеогеновыми ассоциациями, описанными из Новой Зеландии [Hollis, 2002] и Русской платформы [Козлова, 1999]. Отчетливо выраженное биполярное распределение видов поздне мелового рода *Prunobrachium* отмечено Э.О. Амоном [2000, 2003]. Возможная биполярность некоторых юрских, меловых и мел-палеоценовых видов северо-восточных территорий России предполагалась В.С. Вишневской [Богданов и др., 1987; Басов, Вишневская, 1991; Вишневская, 2001, 2008]. Й. Аита, Н.Ю. Брагин сообщили о подобии триасовых ассоциаций радиоларий Восточной Сибири (Омолонский массив) и Новой Зеландии (террейн Waipara) [Aita, Bragin, 1999].

Примечательно, что бимодальность характерна для теплолюбивых видов и ограничена тропическими зонами океана [Johnson, Nigini, 1982], в то время как биполярность – экологическое и географическое явление, которое охватывает Мировой океан в целом [Степаньянц и др., 2004; Stepanjants et al., 2006]. Биполярность видов главным образом определена температурой: разновидности, найденные в холодных арктических водах, могут быть найдены в тропиках на больших глубинах, где температура низка.

С.Б. Кругликова, К. Бьёрклунд и Дж. Кортезе [Степаньянц и др., 2004, с. 147; Stepanjants et al., 2006] резюмировали, что биполярное распределение рецентных радиоларий может быть охарактеризовано следующими особенностями: 1) из 32 видов феодарий, сферелларий и населларий, ареалы которых могут быть определены как биполярные, почти все относятся к современной фауне и не имеют аналогов среди ископаемой фауны радиоларий; 2) только два вида населларий – реликты древних родов палеогеновой или меловой фауны; 3) возникновение биполярных ареалов некоторых видов радиоларий следует объяснять их глубинным распространением с холодными меридиональными течениями; 4) значительная часть биполярных видов должна рассматриваться как пример экологической биполярности; 5) биполярных родов и, тем более, таксонов более высокого ранга среди радиоларий пока не отмечено. Цитируемые авторы, заканчивая рассмотрение явления биполярности, обратились к другим специалистам с призывом продолжить изучение данного феномена [Степаньянц и др., 2004, с. 159-160].

В настоящей статье приводятся результаты исследования, которое было ориентировано на сравнение особенностей биогеографического распространения радиоларий в палеогене в морских палеобассейнах двух регионов, значительно удаленных друг от друга – Западной Сибири и Новой Зеландии (рис. 1, 2). Регионы расположены в средних и высоких широтах Северного и Южного полушарий (Западная Сибирь – 51-68° с.ш.; Новая Зеландия – 34-49° ю.ш., в палеогене – 50-65° ю.ш., рис. 2). В настоящее время они принадлежат субтропической, умеренной и субарктической климатическим провинциям, разделены широким экваториальным тропическим поясом; в палеогене относились к области субтропиков. Главная задача исследования состояла в выявлении видов радиоларий, общих для названных регионов, но отсутствующих в экваториальном поясе – т.е. в установлении явления биполярности в географическом распространении радиоларий в палеогене.

Биполярность мы понимаем, вслед за [Степаньянц и др., 2004, с. 133; Stepanjants et al., 2006], как прерванное распространение тождественных или близких видов (или таксонов более высокого ранга) флоры и фауны в полярных, умеренных и субтропических зонах северного и южного полушарий при их отсутствии в тропиках.

Материал, методы и результаты

Фактологической основой для выполненного исследования послужили результаты изучения стратиграфического и географического распространения радиоларий в палеогеновых отложениях Западной Сибири и Новой Зеландии [Hollis, 1993-2002; Амон, 1998; Козлова, 1999; Ахметьев и др., 2001; Hollis et al., 2005; Амон, Hollis, 2006]. Диспозиция регионов изучения показана на рис. 1 и 2.

Стратиграфические интервалы распространения радиолариевых зон в палеогеновых отложениях обоих регионов приведены в табл. 1. Каждая из радиолариевых зон снабжена своим именным кодом ({RP9}, {WS5} и т.д., коды маркированы фигурными скобками), которые далее использовались в математических преобразованиях и вычислениях. Для региона Новой Зеландии были взяты данные о распространении радиоларий в радиолариевых зонах {RP6}, {RP7}, {RP8}, {RP9}; для региона Западной Сибири – о распространении радиоларий в зо-

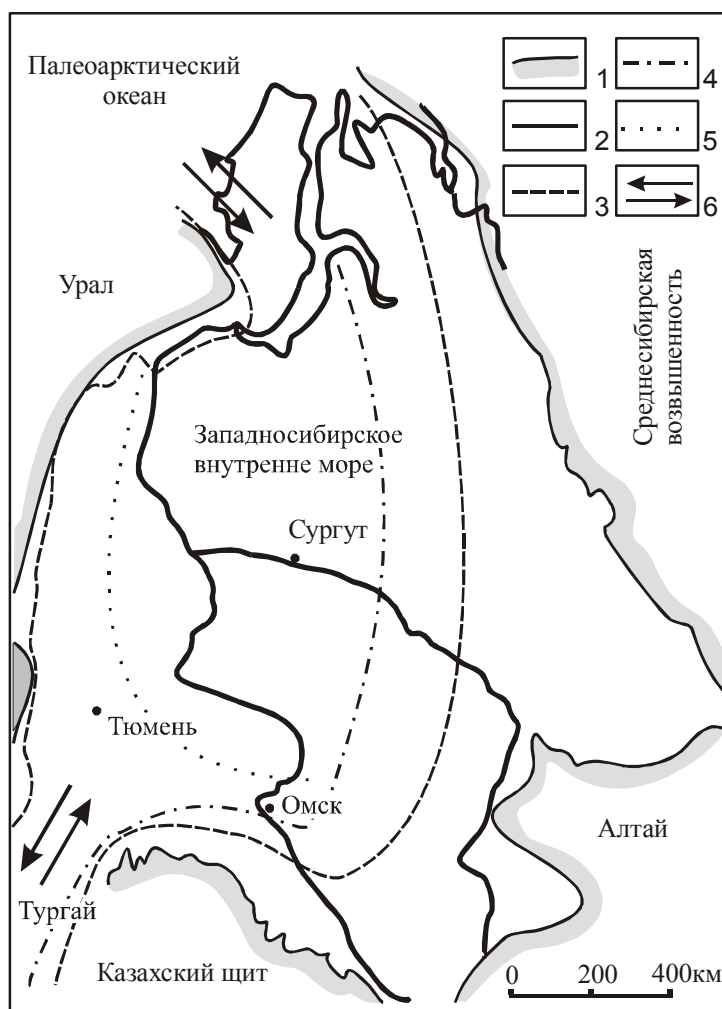


Рис. 1. Конфигурация Западносибирского моря в палеоцен-эоценовое время.

1 – границы кайнозойского седиментационного чехла Западной Сибири; 2 – реки и другие элементы современного рельефа; 3 – границы морского бассейна; 4 – восточная граница области распространения радиолярий; 5 – восточная граница области распространения палеопопуляций радиолярий с максимально высокой плотностью и биопродуктивностью; 6 – направления обмена элементами фауны.

сравнивались видовые списки новозеландской зоны {RP9} и западносибирской зоны {WS5B}.

Сравнение проводилось по трем основным направлениям.

Первое направление состояло в качественном сравнении видовых списков регионов на каждом из трех вышеперечисленных временных срезов. Здесь выявлялись общие виды, которые затем классифицировались в соответствии с их географическим распространением.

Второе направление заключалось в количественном сравнении

нах {WS1}, {WS2}, {WS3}, {WS4}, {WS5}, {WS5A}, {WS5B}.

Материал из Новой Зеландии представлен 100 видовыми таксонами радиолярий, материал из Западной Сибири представлен 161 таксоном. Учитывались также частота встречаемости и степень обильности видов в пробах.

Сравнение велось на трех временных срезах. Первый временной срез проведен по кровле зоны {RP7} *Bekoma campechensis*–*Bekoma bidartensis* (поздний палеоцен, танет, *танет*). На этом уровне сравнивались видовые списки новозеландских зон {RP6, RP7} и западносибирской зоны {WS1}. Второй временной срез проведен по кровле зоны {RP8} *Bekoma divaricata* (ранний эоцен, ранний ипр, *ипр₁*). На этом уровне сравнивались видовые списки новозеландской зоны {RP8} и западносибирских зон {WS1, WS2, WS3, WS4, WS5A}. Третий временной срез проведен по кровле зоны {RP9} *Bekoma divaricata*–*Dictyoprora mongolfieri* (ранний эоцен, поздний ипр, *ипр₂*). На этом уровне

видовых списков на каждом из временных срезов. Здесь использовались данные по общим видам, полученные на предыдущем этапе, а количественное сравнение велось по традиционной схеме, с использованием коэффициента сходства Жаккара, и по нетрадиционной схеме, с использованием мер включения Симпсона.

Наконец, *третье направление* состояло в проверке (тестировании) на степень интегрированности видового пространства в каждом из регионов. Здесь методами кластерного и факторного анализов выявлялось, насколько видовое пространство каждой из зон в каждом регионе обособлено от общего видового пространства региона.

Были получены следующие результаты.

1. Результаты первого направления сравнений (качественное сравнение)

1.1. Сравнение на временном срезе *танет*: {WS1} и {RP6, RP7}.

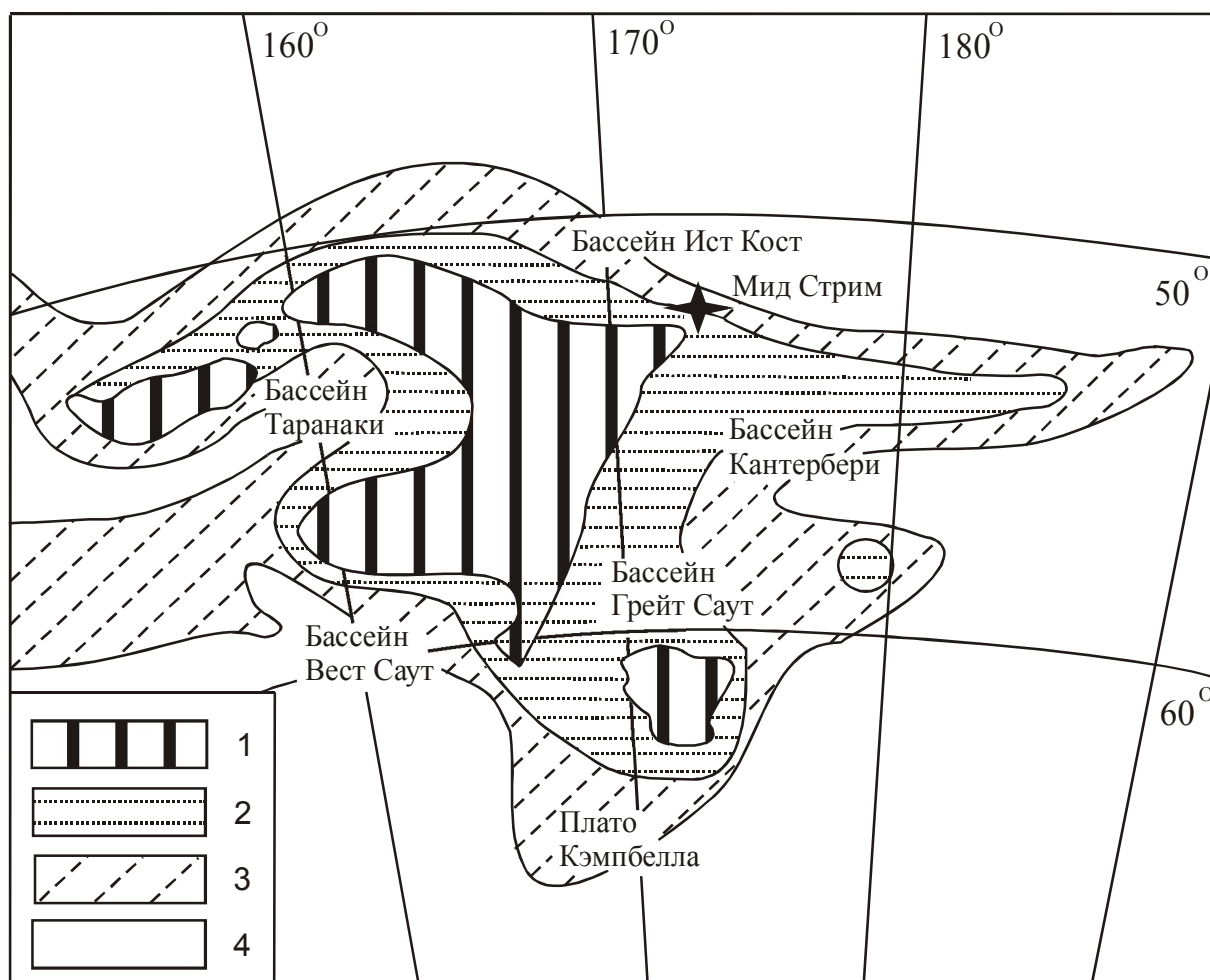


Рис. 2. Палеогеографическая реконструкция на палинспастической основе Новозеландского региона для позднего палеоцена (56 млн. лет) (по [Hollis et al., 2005], с упрощением).

1 – суша; 2 – шельф; 3 – батияль; 4 – абиссаль. Звездочкой показано местоположение опорного разреза Мид Стрим (верхний мел-палеоген) в районе Кларенс Велли округа Мальборо [King et al., 1999; Crampton et al., 2003; Hollis et al., 2005].

{WS1} – 25 таксонов.

{RP6, RP7} – 81 таксон.

Общих таксонов – 5 (табл. 2)

Коэффициент Жаккара – 0,04.

{WS1} составляет 14,1 % от общего числа всех западносибирских видов.

{RP6, RP7} составляет 81,0 % от общего числа всех новозеландских видов.

Общие виды в {WS1} составляют 16,7 % от числа видов в зоне.

Общие виды в {RP6, RP7} составляют 4,9 % от числа видов в зоне.

Только один вид – *Lithostrobos longus* Grigorjeva из общих таксонов можно классифицировать как биполярный в соответствии с тем определением термина «биполярность», кото-

рое было дано выше. Остальные следует отнести к группе космополитных таксонов.

1.2. Сравнение на временном срезе *unpr*₁:

{WS2, WS3, WS4, WS5A} и {RP8}.

{WS2, WS3, WS4, WS5A} – 149 таксонов.

{RP8} – 73 таксона.

Общих таксонов – 22 (табл. 3).

Коэффициент Жаккара – 0,11.

{WS2, WS3, WS4, WS5A} составляет 92,5 % от общего числа всех западносибирских видов.

{RP8} составляет 73,0 % от общего числа новозеландских видов.

Общие виды в {WS2, WS3, WS4, WS5A} составляют 14,8 % от числа видов в зоне.

Таблица 1

Палеоцен-эоценовая биостратиграфическая зональность Южной Пацифики (Новая Зеландия) и Западной Сибири. Шкала геологического времени, зональность нанопланктона по [Berggren et al., 1995]

Возраст, по нижней границе, млн. лет	Эпоха	Ярус	Зоны нанопланктона (NP-zones)	Новая Зеландия (по [Hollis, 1997, 2002, Hollis et al., 2005])	Западная Сибирь (по [Амон, 1998; Козлова, 1999; Ахметьев и др., 2001])	
50,6	Ранний эоцен	Ипрский	NP13	RP9 <i>Bekoma divaricata</i> – <i>Dictyopropa mongolfieri</i>		
52,8			NP12		WS5 <i>Heliodiscus lentis</i>	WS5B <i>Heliodiscus inca</i>
53,6			NP11	RP8 <i>Bekoma divaricata</i>		WS5A <i>Heliodiscus lentis s.s.</i>
55,0			NP10		WS4 <i>Podocyrteis aphorma</i>	
56,2			NP9		WS3 <i>Petalospyris fiscella</i>	
57,3	Поздний палеоцен	Танетский	NP8	RP7 <i>Bekoma campechensis</i> – <i>Bekoma bidartensis</i>	WS1 <i>Tripodiscinus sengilensis</i>	
57,5			NP7	RP6 <i>Buryella pentadica</i>		
58,4			NP6			
59,7			Зеландский	NP5	RP5 <i>Buryella tetradica</i>	

Общие виды в {RP8} составляют 30,1 % от числа видов в зоне.

На временном срезе *unp₁* находится наибольшее число видов, общих для Западной Сибири и Новой Зеландии (22 таксона). Среди них один – *Lophorphaena tugaica* Kozlova – является биполярным видом, распространенным только на Русской платформе, в Западной Сибири, Тургае и Новой Зеландии. Остальные квалифицируются как космополитные.

1.3. Сравнение на временном срезе *unp₂*: {WS5B} и {RP9}

{WS5B} – 35 таксонов.

{RP9} – 47 таксонов.

Общих таксонов – 10 (табл. 4).

Коэффициент Жаккара – 0,14.

{WS5B} составляет 21,7 % от общего числа всех западносибирских видов.

{RP9} составляет 47,0 % от общего числа всех новозеландских видов.

Общие виды в {WS5B} составляют 28,6 % от числа видов в зоне.

Общие виды в {RP9} составляют 21,3 % от числа видов в зоне.

Таблица 2

Общие таксоны на временном срезе танет

Группа	Семейство	Общие таксоны	Географическое распространение
Spumellaria	Actinommidae	<i>Stylosphaera minor</i> Clark et Camp.	США Калифорния, Русская платформа, Приаралье, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Spongodiscidae	<i>Spongodiscus</i> spp.	Всесветно, включая тропики, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Spongotrochus</i> spp.	
Nassellaria	Sethophormididae	<i>Clathrocyclas</i> spp.	Русская платформа, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Eucyrtidiidae	<i>Lithostrobis longus</i> Grig.	

Общие таксоны на временном срезе ипр₁

Группа	Семейство	Общие таксоны	Географическое распространение
Spumellaria	Saturnaliidae	<i>Amphisphaera coronata</i> Sanf. et Riedel	Мексиканский залив, С. Атлантика, Средиземноморье, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Xiphostylidae	<i>Stylosphaera minor</i> Clark et Camp.	Калифорния, Русская платформа, Приаралье, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Actinommidae	<i>Carpospaera magnaporulosa</i> Clark et Camp.	Калифорния, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Spongodiscidae	<i>Spongodiscus</i> spp.	Всесветно, включая тропики, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Spongotrochus</i> spp.	
	Porodiscidae	<i>Plectodiscus circularis</i> (Clark et Camp.)	Калифорния, С. Атлантика, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Sponguridae	<i>Amphicraspedium prolixum</i> Sanf. et Riedel	Калифорния, Мексиканский залив, С. Атлантика, Средиземноморье, Кипр, Русская платформа, Прикаспий, Приаралье, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Amphicraspedium gracilis</i> Lipm.	Мексиканский залив, Предкавказье, Прикаспий, Приаралье, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Amphymentium splendiarmatum</i> Clark et Camp.	Калифорния, С. Атлантика, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Spongurus bilobatus</i> Clark et Camp.	Калифорния, С. Атлантика, Русская платформа, Прикаспий, Приаралье, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
Nassellaria	Plagiacanthidae	<i>Lophophaena mugaica</i> Kozl.	Русская платформа, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Lychnocaniidae	<i>Bekoma divaricata</i> Forem.	Тропическая и С. Атлантика, Русская платформа, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Lychnocanium bellum</i> Clark et Camp.	Тропический пояс Атлантики, Пацифики, Индийского океана, Калифорния, Куба, Барбадос, С. Атлантика, Русская платформа, Прикаспий, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Lychnocanoma babylonis</i> (Clark et Camp.)	Калифорния, Мексиканский залив, С. Атлантика, Русская платформа, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Artostrobidae	<i>Buryella tetradica</i> Forem.	Среднеширотный пояс Атлантики, Пацифики, Индийского океана, Средиземноморье, Русская платформа, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Sethophormididae	<i>Clathrocyclas</i> spp.	Всесветно, включая тропики, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Pterocoryidae	<i>Podocyrtis papalis</i> Ehrenb.	Тропический пояс Атлантики, Пацифики, Индийского океана, Мексиканский залив, Барбадос, Тринидад, С. Атлантика, Средиземноморье, Русская платформа, Прикаспий, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Phormocyrtis cubensis</i> (Riedel et Sanf.)	Мексиканский залив, С. Атлантика, центральная тропическая Пацифика, Центральная Азия, Прикаспий, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Phormocyrtis exquisita</i> (Kozl.)	С. Атлантика, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Phormocyrtis striata</i> Brandt	С. Атлантика, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Phormocyrtis turgida</i> (Krashen.)	Мексиканский залив, Предкавказье, Центральная Азия, Прикаспий, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Triospyrididae	<i>Petalospyris foveolata</i> (Ehrenb.)	США Калифорния, Мексиканский залив, Барбадос, С. Атлантика, Русская платформа, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия

Общие таксоны на временном срезе ипр₂

Группа	Семейство	Общие таксоны	Географическое распространение
Spumellaria	Actinommidae	<i>Amphisphaera coronata</i> Sanf. et Riedel	Мексиканский залив, С. Атлантика, Средиземноморье, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Spongodiscidae	<i>Spongotrochus</i> spp.	Всесветно, включая тропики, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Sponguridae	<i>Amphicraspedium prolixum</i> Sanf. et Riedel	Калифорния, Мексиканский залив, С. Атлантика, Средиземноморье, Кипр, Русская платформа, Прикаспий, Приаралье, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Amphicraspedium gracilis</i> (Lipm.)	Мексиканский залив, Предкавказье, Прикаспий, Приаралье, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
Nassellaria	Lychnocaniidae	<i>Lychnocanium bellum</i> Clark et Camp.	Тропический пояс Атлантики, Пацифики, Индийского океана, Калифорния, Куба, Барбадос, С. Атлантика, Русская платформа, Прикаспий, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Lychnocanoma babylonis</i> (Clark et Camp.)	Калифорния, Мексиканский залив, С. Атлантика, Русская платформа, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Pterocorydae	<i>Podocyrtis papalis</i> Ehrenb.	Тропический пояс Атлантики, Пацифики, Индийского океана, Мексиканский залив, Барбадос, Тринидад, С. Атлантика, Средиземноморье, Русская платформа, Прикаспий, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
		<i>Phormocyrtis striata</i> Brandt	С. Атлантика, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Eucyrtidiidae	<i>Lamptonium fabaeforme</i> (Kraschen.)	Предкавказье, Центральная Азия, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия
	Triospyrididae	<i>Petalospyris foveolata</i> (Ehrenb.)	Калифорния, Мексиканский залив, Барбадос, С. Атлантика, Русская платформа, Тургай, З. Сибирь, Н. Зеландия

На временном срезе ипр₂ среди 10 общих таксонов нет биполярных видов. Все являются космополитными.

2. Результаты второго направления сравнений (количественное сравнение)

2.1. Количественное сравнение с использованием симметричного коэффициента сходства Жаккара для попарного сравнения видовых списков зон проводилось по традиционной методике (изложение методики в [Андреев, 1980; Петрушевская, 1986; Амон, 1988; Лебедева и др., 2004]). Коэффициент Жаккара (Jaccard Coefficient, *JC*) рассчитывается по формуле:

$$JC = \frac{c}{n_1 + n_2 - c}$$

где *c* – число общих видов, *n*₁, *n*₂ – количество видов в сравниваемых двух видовых списках.

Полученные цифровые результаты вычислений графически интерпретированы на рис. 3.

Максимальные значения коэффициента сходства в парах сравниваемых видовых списков присущи новозеландской палеогеновой фауне радиолярий, что отражает высокую степень ее внутренней интегрированности. Вместе с тем, степень интегрированности данной провинциальной фауны снижается во времени: танетский комплекс более близок к раннеипрскому и более далек от позднеипрского. Последнее может быть объяснено уменьшением в позднем ипре общего числа видов между зональными комплексами и уменьшением общего числа видов. Иными словами, наблюдается прогрессирующее уменьшение видового разнообразия в данном районе.

В Западной Сибири картина иная. Степень интегрированности провинциальной палеогеновой радиоляриевой фауны здесь намного ниже, чем в новозеландском регионе. При этом танетская ассоциация радиолярий связана с ипрскими крайне слабо. Ипрские ассоциации показывают сходство между собой, однако на намного меньшем уровне, чем это было свойственно новозеландским ассоциациям.

Наконец, на сравнительно невысоком уровне сходства обнаруживается связь между двумя регионами. На уровне позднего ипра она самая сильная, слабее на уровне раннего ипра и практически отсутствует на уровне танета.

2.2. Количественное попарное сравнение видовых списков зон с использованием мер включения Симпсона по нетрадиционной технологии [Андреев, 1980; Амон, 1988].

Несимметричный коэффициент Симпсона (Simpson Coefficient, SC) вычислялся по формуле [Simpson et al., 1960; Андреев, 1980; Амон, 1988; Лебедева и др., 2004]:

$$SC_{1-2} = \frac{c}{n_2} \times 100\%, \quad SC_{2-1} = \frac{c}{n_1} \times 100\%;$$

где c – число общих видов, n_1 , n_2 – количество видов в сравниваемых видовых списках.

Полученные цифровые результаты вычислений графически интерпретированы на рис. 4.

В целом, информация, полученная с использованием коэффициента Симпсона, повторяет те результаты, которые были получены

при сравнении с использованием коэффициента Жаккара. Но, сверх того, коэффициенты включения Симпсона позволяют оценить направление влияния региональных фаун друг на друга. Иными словами, математическая природа мер включения Симпсона такова, что если при сравнении двух видовых списков первый список более включен во второй список, а второй список менее включен в первый, то второй список содержит больше специфических черт и оказывает большее влияние на формирование первого списка, чем наоборот [Андреев, 1980; Амон, 1988].

На графике (рис. 4) стрелками обозначены направления влияния региональных фаун друг на друга. Мы выделили три уровня силы взаимного влияния региональных фаун друг на друга: а) **очень сильный** ($SC > 85\%$), б) **сильный** ($SC > 50\%$) и в) **средний** ($SC > 25\%$). Необходимо отметить, что данный график представляет собой фигуру, которая на математическом языке имеет название «ориентированный

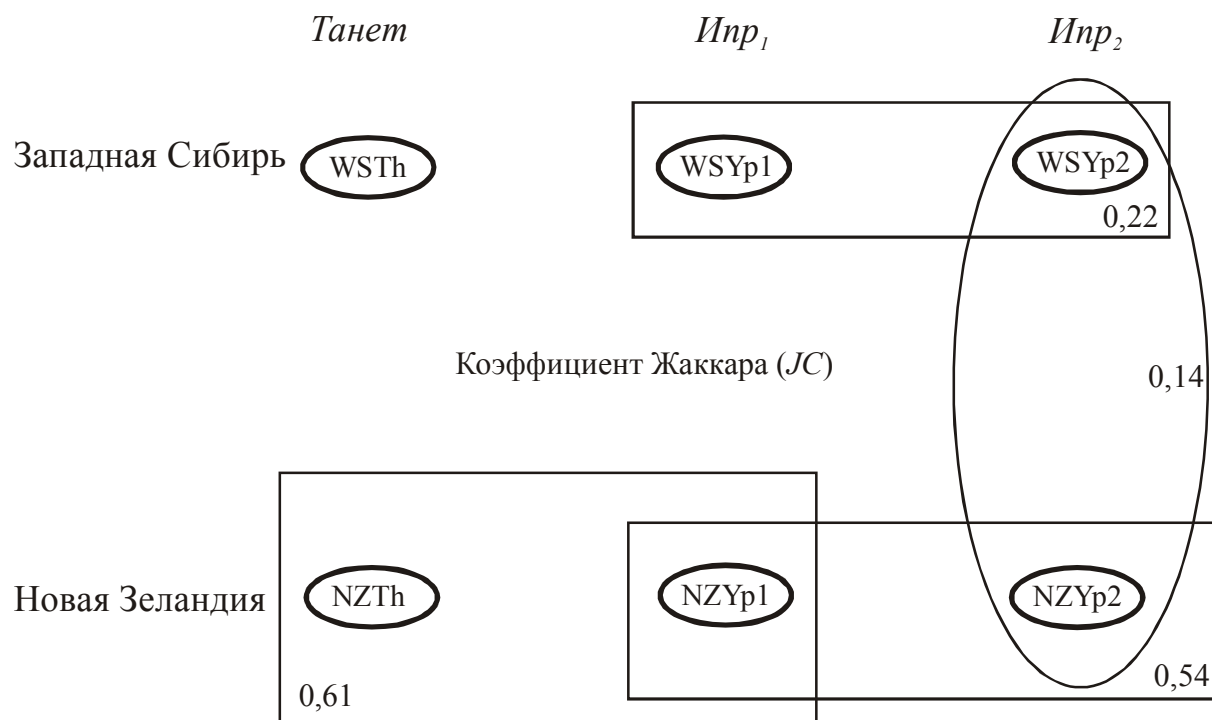


Рис. 3. Результаты попарных сравнений видовых списков радиоляриевых зон Западной Сибири и Новой Зеландии на различных временных срезах с использованием коэффициента Жаккара.

Радиоляриевые комплексы: WSTh – Западная Сибирь, *танет*; WSYp1 – Западная Сибирь, *инпр₁*; WSYp2 – Западная Сибирь, *инпр₂*; NZTh – Новая Зеландия, *танет*; NZYp1 – Новая Зеландия, *инпр₁*; NZYp2 – Новая Зеландия, *инпр₂*. Прямоугольные блоки объединяют комплексы в пределах региона, эллипсом отмечено объединение комплексов между регионами. Цифры в блоках и эллипсе – максимальные значения коэффициента Жаккара.

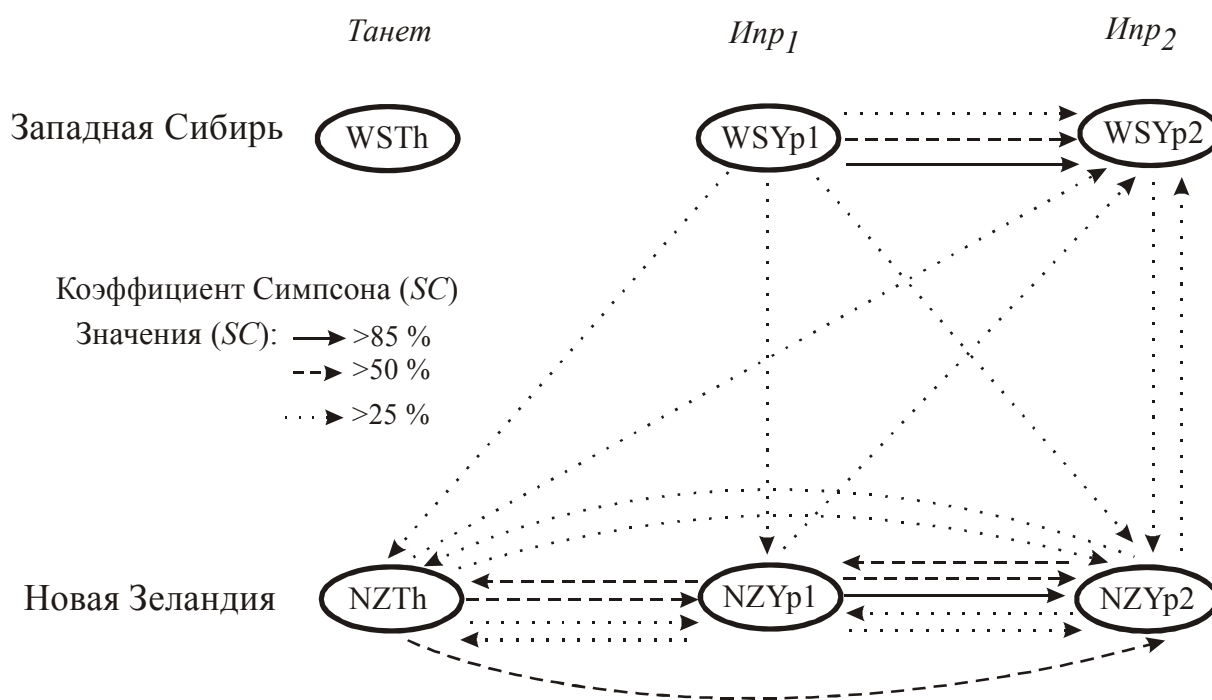


Рис. 4. Результаты попарных сравнений видовых списков радиоляриевых зон Западной Сибири и Новой Зеландии на различных временных срезах с использованием несимметричных мер включения Симпсона.

Обозначения радиоляриевых комплексов те же, что на рис. 3. Линии со стрелками показывают доминирующие направления влияний комплексов друг на друга при превышении пороговых значений коэффициента Симпсона.

граф или оргграф». Оргграф на рис. 4 несвязный: вершина WSTh не связана никакими ребрами ни с одной из вершин. Это означает, что танетская западносибирская ассоциация имеет очень слабые взаимодействия с другими ассоциациями и фактически выпадает из поля сравнений.

На уровне очень сильной связи обнаруживается взаимное влияние четырех региональных фаун внутри провинций: новозеландская раннеипрская ассоциация преимущественно влияет на позднеипрскую, формируя последнюю; аналогичная ситуация наблюдается для Западной Сибири – раннеипрская ассоциация преимущественно влияет на позднеипрскую, формируя последнюю. Новозеландская и западносибирская провинциальные фауны на уровне очень сильной связи не связаны друг с другом, разобщены.

На уровне сильной связи картина несколько меняется. В Новой Зеландии все три разновозрастные ассоциации связаны друг с другом, равномерно обмениваясь элементами между собой. В Западной Сибири продолжает доминирование раннеипрской ассоциации

над позднеипрской. Новозеландская и западносибирская провинции на уровне сильной связи все еще не взаимодействуют друг с другом, разобщены.

На уровне связи средней силы картина усложняется, и здесь появляется связь между новозеландской и западносибирской провинциями. Для позднего ипра характерна двусторонняя ненаправленная связь между новозеландской и западносибирской региональными фаунами с равномерным обменом элементами друг с другом. В раннем ипре обнаруживается направленная связь, при этом доминирует направление обмена элементами от Западной Сибири к Новой Зеландии. Кроме того, по-прежнему, как и в случае сильного уровня связи, в Новой Зеландии разновозрастные ассоциации равномерно связаны друг с другом.

Можно прийти к заключению, что свободному обмену элементами между провинциальными фаунами радиолярий препятствовал барьер, это отчетливо проявляется на уровне сильной и очень сильной связи. Вместе с тем, данный барьер не был полностью непроница-

ем – в ипрское время фауны взаимодействовали друг с другом. В раннем ипре ощущалось превалирование западносибирской биоты, в позднем ипре обмен был равноценным и равнонаправленным.

3. Результаты третьего направления сравнения (тест на степень интегрированности)

В предыдущем попарном сравнении выявилась разная степень целостности, интегрированности провинциальных радиоляриевых фаун. Поэтому дополнительно был проведен тест на степень интегрированности, для чего использовались методы факторного и кластерного анализов, проведенных по традиционным технологиям.

Результаты факторного анализа показали высокую внутреннюю однородность новозеландского материала, удалось выявить действие только одного фактора (Number of variables: 5; Method: Principal components; $\log(10)$ determinant of correlation matrix: $-0,77523$; Number of factors extracted: 1; Eigenvalues: 2,75406).

В Западной Сибири результаты факторного анализа показали внутреннюю неоднородность западносибирского материала, особенно

сти распределения видов по зонам обусловлены действием двух факторов (Number of variables: 6; Method: Principal components; $\log(10)$ determinant of correlation matrix: $-0,46335$; Number of factors extracted: 2; Eigenvalues: 1,81524; 1,72118) (рис. 5).

Нет необходимости в настоящей статье внимательно рассматривать и анализировать природу факторов, отметим лишь следующее: если новозеландская радиоляриевая фауна развивалась во времени сравнительно равномерно, то в развитии западносибирской радиоляриевой биоты существовал некий рубеж между зонами WS3 и WS4 (приблизительно несколько выше границы танета и ипра). Зоны WS1, WS2, WS3 образуют поле, сформированное под доминирующим воздействием фактора 2, зоны WS4, WS5A, WS5B образуют поле, сформированное под доминирующим воздействием фактора 1. До этого рубежа развитие западносибирской фауны радиолярий характеризовалось одними признаками, после – другими. В качестве такого рубежа может выступать общее планетарное стремительное потепление климата, произошедшее в самом начале раннего эоцена (см. ниже), на которое западносибирская фауна ответила изменениями состава почти мгновенно, практически без задержки.

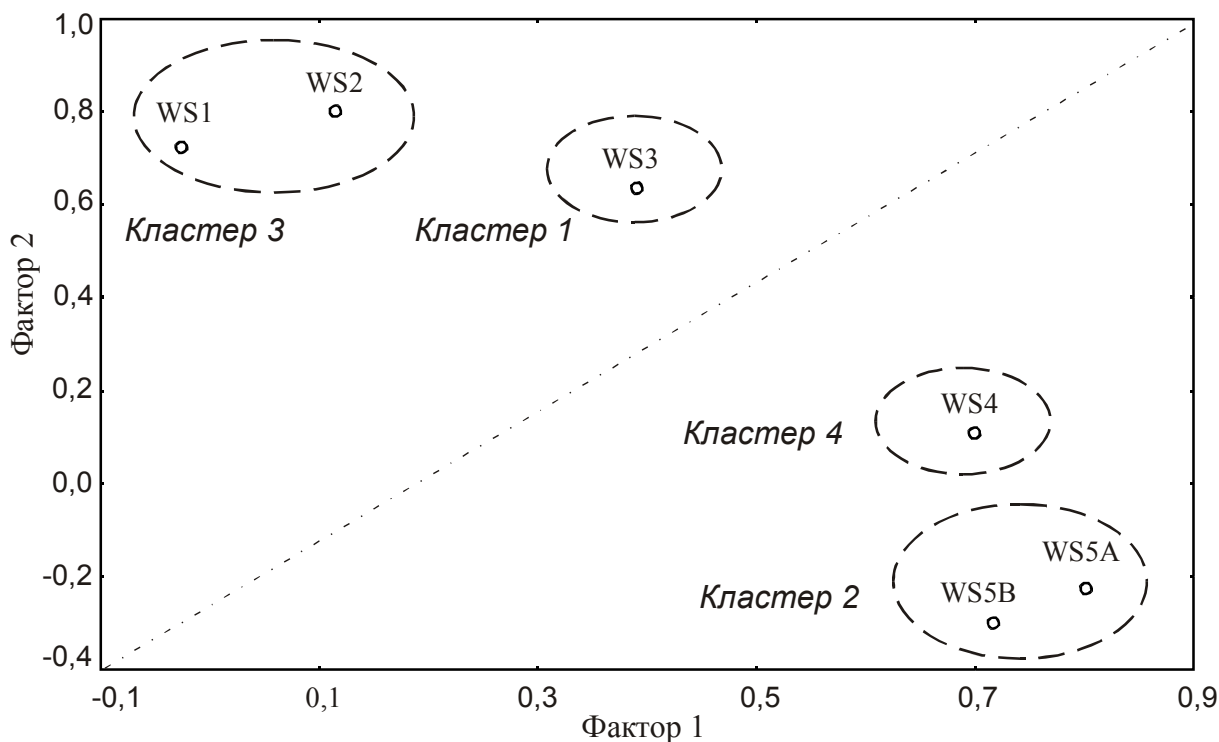


Рис. 5. Факторные нагрузки для материала по Западной Сибири.

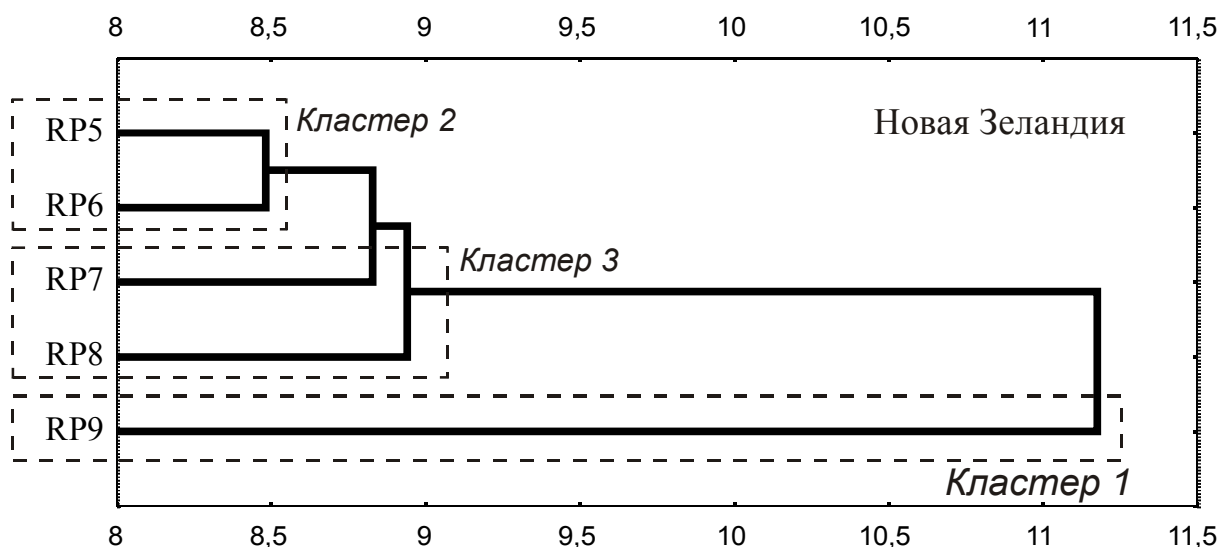


Рис. 6. Результаты кластерного анализа для новозеландского материала.

Для новозеландской провинциальной фауны кластерный анализ по традиционной схеме выявил 3 кластера: Cluster 1 {RP9}; Cluster 2 {RP5-RP6}; Cluster 3 {RP7-RP8} (рис. 6). Такая картина кластеризации свидетельствует о том, что, несмотря на внутреннюю целостность в распределении фауны радиоларий по зонам в Новой Зеландии, позднеипрская зона отстоит от танетской и раннеипрской. Следовательно, на рубеже раннего и позднего ипра произошло событие, изменившее общий тренд в развитии фауны радиоларий. Для новозеландской фауны в роли такого события могут быть рассмотрены и глобальное потепление в самом начале раннего эоцена, на которое она, кстати, ответила с запозданием, и климатический оптимум, установившийся в раннем эоцене (см. ниже).

Для западносибирской провинциальной фауны кластерный анализ по традиционной схеме выявил 4 кластера: Cluster 1 {WS3}, Cluster 2 {WS5A-WS5B}, Cluster 3 {WS1-WS2}, Cluster 4 {WS4} (рис. 7). Для Западной Сибири картина кластеризации несколько сложнее. Здесь выделяются несколько сравнительно мелких критических рубежей. Первый рубеж отделяет Cluster 3 {WS1-WS2} и приурочен к границе танета и раннего ипра. Второй рубеж разделяет Cluster 1 {WS3} от Cluster 4 {WS4}, он проходит несколько выше границы танета и ипра и совпадает с тем результатом, который был получен факторным анализом. Наконец, третий рубеж отделяет Cluster 2 {WS5A-WS5B}, и он приблизительно совмещается с границей между ранним и поздним ипром.

Заключая сказанное, отметим, что, судя по результатам проведенных сравнений и тестов, в Западносибирском палеогеновом морском бассейне природные обстановки были более беспокойны и нестабильны, чем в Новозеландском. В Западной Сибири чаще осуществлялись некоторые события, приводившие к перестройкам в таксономических составах радиолариевых ассоциаций. Перестройки начались раньше, чем в Новой Зеландии – первая серьезная перестройка произошла примерно на границе танета и ипра, тогда как в Новой Зеландии это случилось позднее – на границе раннего и позднего ипра.

Обсуждение

Западносибирский палеогеновый морской бассейн унаследовал от мелового времени свою площадь и конфигурацию [Амон, 2001]. Максимальная площадь распространения моря в Западной Сибири в палеогене, в конце ипра, достигала примерно 60 % от площади Западносибирской плиты [Шатский, 1978]; море начало осушаться и покидать Западносибирскую чашу на рубеже эоцена и олигоцена (приабон/риупель).

Западносибирский палеогеновый бассейн, площадь зеркала которого превышала 2 млн. кв. км, был одним из крупнейших на Земном шаре внутренним эпиконтинентальным морем. Длительное время этот бассейн вместе с Тургайским проливом выступал связующим звеном, соединявшим холодноводные и тепло-

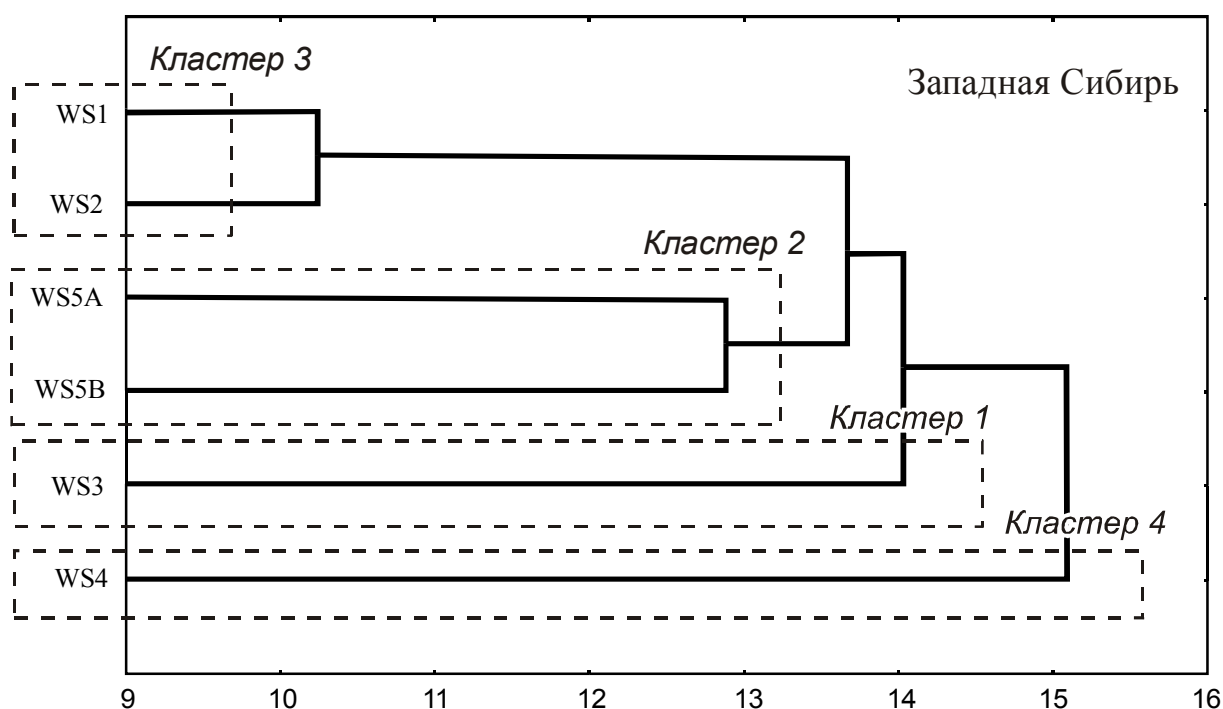


Рис. 7. Результаты кластерного анализа для западносибирского материала.

водные области Северного полушария, служил регулятором климата, обеспечивая тепло- и влагоперенос из низких в высокие широты [Беньямовский и др., 1995, 2002; Ахметьев и др., 2001, 2004а,б; Ахметьев, 2004].

На всем протяжении своей палеогеновой истории Западносибирский бассейн был широко открыт на севере и через Северный пролив был связан с акваториями Арктического океана и Северной Атлантикой. Через юго-западный Тургайский пролив Западносибирское море было связано с акваториями северной окраины палеоокеана Тетис – Туранским и Прикаспийским окраинными морями. Помимо этого, через упомянутые проливы осуществлялась связь с Восточно-Европейским эпиконтинентальным морем, которое, в свою очередь, имело связь и с Северной Атлантикой, и с океаном Тетис.

В геологической истории палеогена Западной Сибири выделяются три крупных этапа морской седиментации (литоцикла). Первый этап (талицкий региональный горизонт, даний-зеландий-ранний танет) характеризуется доминированием терригенно-глинистых фаций; второй (люлинворский горизонт, поздний танет-ипр-лютет) – доминированием глинисто-кремнистых фаций, третий (тавдинский горизонт, бартон-приабон) – доминированием глинисто-песчаных фаций [Унифицированная..., 2001] (рис. 8). За-

падносибирское море населяла довольно разнообразная, но не слишком богатая морская биота – микроводоросли (диатомеи, динофлагелляты), фораминиферы, радиоларии, силикофлагелляты, остракоды, пелециподы, гастроподы, костистые рыбы, акулы и скаты. Практически вся морская биота была сформирована пришельцами – мигрантами из Северной Атлантики, Восточно-Европейского моря и из палеоокеана Тетис. Собственные эндемики редки.

Западносибирское палеогеновое море было мелководным (его глубина вряд ли превышала 200-300 м в самой глубокой части), со спокойным гидродинамическим режимом. В бассейне существовала система круговых течений, обусловленная силами Кориолиса и другими причинами. Трансгрессивная ритмика в основном соответствует названным выше седиментационным этапам, при этом максимальная трансгрессия приходится на ипр-лютетское время (рис. 8). В Западносибирский бассейн с севера поступали прохладные воды, с юга – теплые. На рубеже маастрихта-дания в регионе наблюдался перерыв в осадконакоплении, сопровождавшийся местами размывом подстилающих меловых отложений. Многие группы меловой региональной биоты вымерли на границе мела и палеогена (семейства двустворчатых моллюсков, головоногие моллюски, брахи-

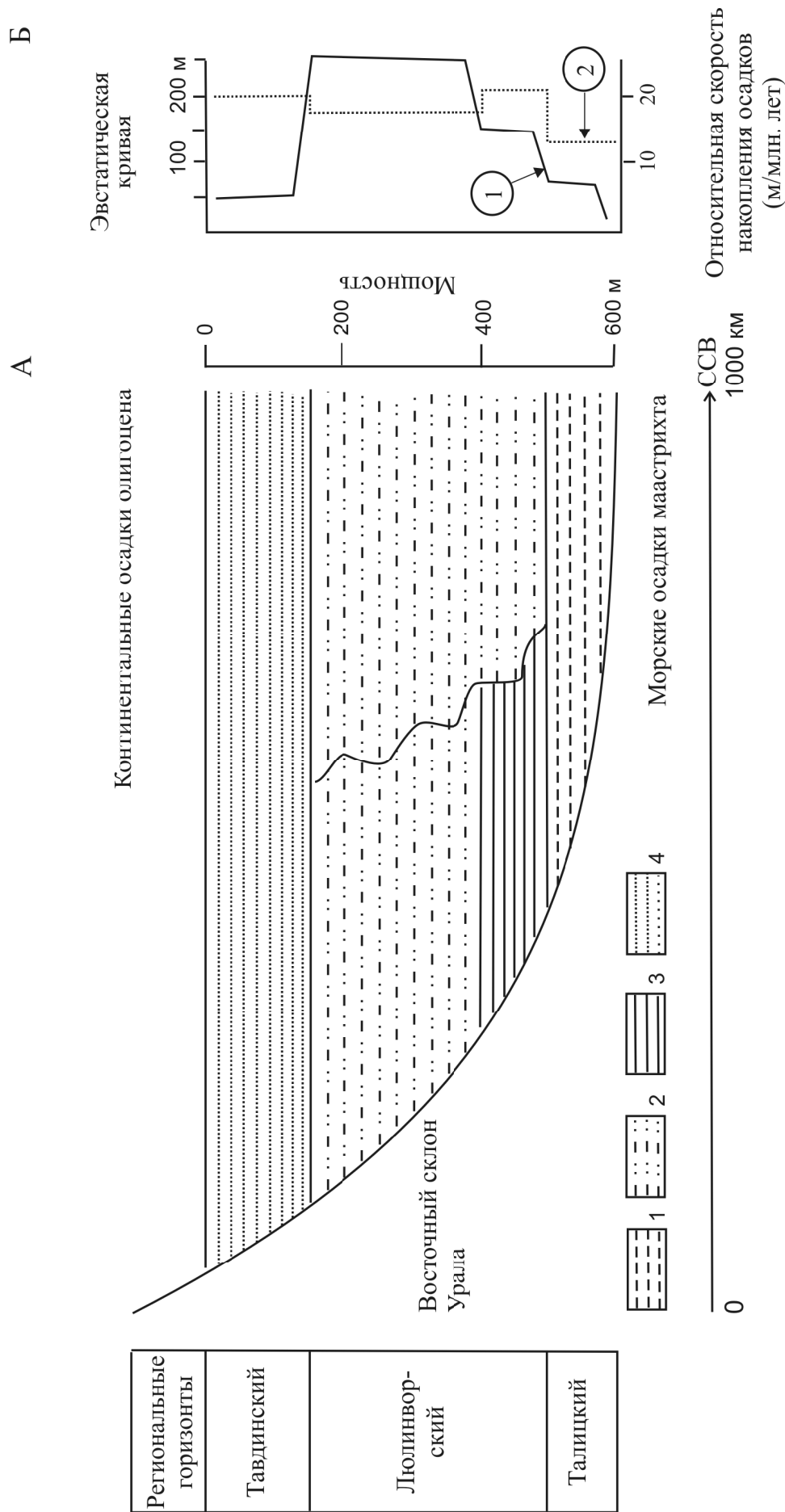


Рис. 8. Схема строения обобщенного разреза палеогена юго-запада Западной Сибири (А) и эвстатическая кривая (Б).

А: 1 – темнокрасные песчаные глины талицкой свиты; 2 – светлые трепела, диатомиты, глинистые диатомиты ирбитской свиты; 3 – серые опоки и кремнистые глины серовской свиты; 4 – зеленоватые алевролитовые глины тавдинской свиты.

Б: 1 – эвстатическая кривая; 2 – кривая относительной скорости накопления осадков.

оподы и др.); в палеогене в Западной Сибири полностью обновился таксономический состав радиоляриевой фауны. Ранний палеоцен характеризовался неблагоприятными условиями обитания для радиолярий и диатомей, они улучшились в позднем палеоцене и были максимальными благоприятными в ипрское время.

В Западной Сибири в палеоцене и раннем эоцене в основном наследуются ландшафты и климатическая зональность, свойственные этой территории в позднем мелу [Ясаманов, 1976; Ушаков, Ясаманов, 1984; Ахметьев, 2004]. Температура морского бассейна не превышала 20°C. На значительной части Западной Сибири климат был гумидным и лишь на юго-востоке (Алтай, Саян) был семиаридным. В гумидной области выделялись: умеренная зона; умеренно-теплая зона; зона, переходная от умеренно-теплой к субтропической; субтропическая зона (рис. 1). Значительная часть континентального побережья Западносибирского моря на восточном склоне Уральской суши и юга Среднесибирской возвышенности была покрыта хвойно-широколиственными лесами, большой процент которых составляли теплолюбивые субтропические породы деревьев (платаны, нисса, мирт, сандал). Однако наряду с теплолюбивыми формами здесь произрастали относительно холодолюбивые листопадные [Ясаманов, 1976]. Роль субтропических покрытосеменных растений возрастала в южном направлении, так что самое южное побережье Западносибирского моря (Северный Казахстан) можно считать субтропиками; здесь росли вечнозеленые субтропические леса с примесью хвойных пород.

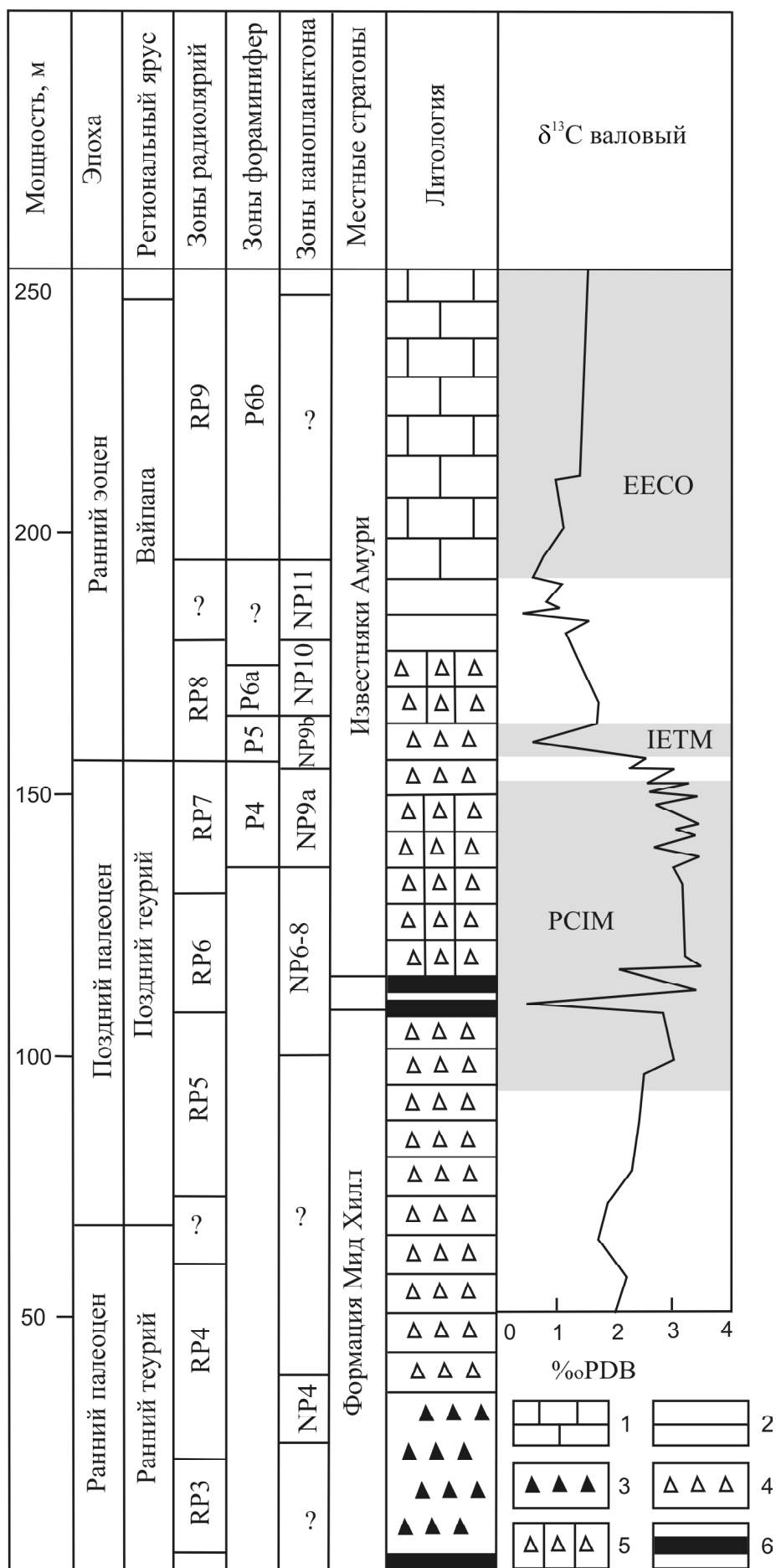
По акватории Западносибирского моря радиоляриевая фауна расселялась неравномерно и не повсеместно. Наиболее высокие плотности палеопопуляций радиолярий отмечены в западной и юго-западной частях бассейна, вблизи побережий Уральской горной суши и Казахского щита. Как уже говорилось выше, ранний палеоцен был временем, неблагоприятным для существования радиолярий, в позднем палеоцене плотности популяций радиолярий возрастают, и в ипре они достигают максимально высоких значений. В лютете-бартоне вновь наступили неблагоприятные условия, и в приабоне радиолярии навсегда исчезают из геологической летописи Западной Сибири.

Импульсы в развитии радиоляриевой фауны, выявленные кластерным и факторным анализами, не вполне совпадают с тремя эпохами осад-

конакопления, о которых было сказано выше. Импульсы в развитии радиолярий несколько запаздывают по отношению к времени начала трансгрессивных циклов – примерно на треть длительности яруса. По-видимому, это объясняется тем, что радиоляриям, приходившим в бассейн Западной Сибири из Тетической, Бореальной и Бореально-Атлантической областей, было необходимо время на освоение новой акватории и формирование жизнеспособных популяций.

Иная палеогеографическая ситуация наблюдалась в Новозеландском регионе, где радиолярии обитали в средне- и высокоширотных водах Южно-Тихоокеанского океанического бассейна и где глубины были значительными, но не максимальными (вероятно до 0,5-1,5 км). Новозеландский материал происходит главным образом из опорного разреза Мид Стрим (Mead Stream) в долине р. Кларенс (Clarence Valley), в округе Мальборо (Marlborough), на северо-востоке Южного острова Новой Зеландии, вскрывающего верхи верхнего мела, палеоцен, нижний и средний эоцен. Этот естественный разрез экспонирует уникальную стратиграфическую последовательность мощностью 650 м пелагических и гемипелагических слоистых микритовых известняков, кремней и мергелей, которая формировалась на внешнем шельфе Южно-Тихоокеанского бассейна. Палеоцен-эоценовая часть опорного разреза мощностью ~ 200 м, содержащая радиолярии, была исследована на литологию, валовые изотопы углерода карбонатов, здесь также изучались радиолярии, известковый наннопланктон и фораминиферы [Hollis et al., 2005].

Детальное комплексное изучение литологии, геохимии и палеонтологии осадков, обнаженных в разрезе Мид Стрим, показало, что здесь осадконакопление происходило практически непрерывно и под воздействием трех основных факторов: скоростей биогенного накопления карбонатов, биогенного накопления силицитов и поступления терригенных взвесей. Отмечены три климатических события, имевших ранг глобальных: палеоценовый изотопный максимум (PCIM – Late Paleocene carbon isotope maximum); инициальный эоценовый термальный максимум (IETM – Initial Eocene thermal maximum); раннеэоценовый климатический оптимум (EECO – Early Eocene climatic optimum), а также ряд местных климатических событий, влиявших и на накопление осадков и на жизнедеятельность биоты, населявшей воды Новозеландского региона (рис. 9).



Начало позднепалеоценового события PCIM (соответствует радиоляриевым зонам RP6, RP7, рис. 9) отмечено появлением обогащенных органикой кремнистых илов, что может быть интерпретировано как конденсированное отложение осадка, сопровождавшегося расширением зоны минимума кислорода. Увеличение захороненной в морском осадке органической массы связывается либо с увеличением первичной биопродуктивности океана [Thompson, Schmitz, 1997], либо с увеличением биомассы на континентах [Kurtz et al., 2003]. С другой стороны, палеоцен был временем относительно прохладных морских условий в юго-западной Пацифике [Hollis, 2003]. Это обстоятельство, видимо, послужило причиной задержки, запаздывания появления здесь низкоширотных таксонов радиолярий и фораминифер, которое было отсрочено до климатической оптимизации в конце позднего палеоцена и в начале раннего эоцена [Nelson, Cooke, 2001; Hollis et al., 2005].

Краткосрочное событие резкого потепления IETM (соответствует радиоляриевой зоне RP8 в ее нижней части, рис. 9) в начале раннего эоцена продолжалось ~ 220 тыс. лет и ознаменовалось повышением температуры земной поверхности более чем на 4°C. [Kennett, Stott, 1991; Zachos et al., 2001, 2003]. Повышение температуры было связано с двух-трехкратным отрицательным экскурсом ^{13}C и в морских и в наземных карбонатных бассейнах [Kennett, Stott, 1991]; величина и глобальная степень этого экскурса стабильного изотопа углерода указывают, вероятно, на то, что это была массовая инъекция ^{13}C в систему океанской атмосферы, возможно через выпуск метана от ложа океана [Dickens, 2000].

Многочисленные наблюдения выявили глобальные изменения в известковой микробиоте (планктонные фораминиферы, наннопланктон), произошедшие в этот короткий отрезок времени. В изучаемом районе Новой Зеландии это, к примеру, вспышка обилия морозовеллид среди планктонных фораминифер или кратков-

ременное появление *Discoaster araneus*. Напротив, у радиолярий эти изменения почти не выражены: происходит некоторое сокращение видового разнообразия; крупные гладкостенные спумеллярии становятся более обильными, но маленькие иглистые формы (например *Amphisphaera* spp.) снижаются в степени обилия, также отмечается снижение обилия последних палеоценовых *Buryella tetradica*.

Сразу же после события IETM, но в рамках интервала радиоляриевой зоны RP8, происходило снижение температур, что могло отражать сверхкомпенсацию земной системы после массивного вброса углерода [Zachos et al., 2001]. В разрезе Мид Стрим это выразилось, в частности, в максимальном обилии кремнистых биогенных пород в этом интервале. Сходство литофаций и степени обилия радиолярий с подстилающими отложениями палеоцена позволяют предполагать возврат к более прохладным океанографическим условиям, которые были свойственны палеоцену в этом регионе [Hollis et al., 2003].

Раннеэоценовое событие климатического оптимума EECO (соответствует радиоляриевой зоне RP9, рис. 9) – это длительный эпизод явного глобального потепления, которое началось ~ 53 и закончилось ~ 50 млн. лет назад [Zachos et al., 2001]. Этот интервал разреза представлен в Мид Стрим высококарбонатными породами (известковистые глины, мергели) и является литологическим ответом на общее повышение температур. Важно, что известковистые глины имеют отчетливо выраженное уменьшение кремнистости как на макроскопическом (кремни), так и на микроскопическом (кремнистые микроорганизмы) уровне. В целом, органогенные кремнистые отложения распространены в областях с относительно прохладными и высокопродуктивными поверхностными водами в современном океане [Baldauf, Barron, 1990], поэтому интервалы известковистых глин могут отражать времена преобладания теплых олигот-

Рис. 9. Стратиграфия палеогеновых отложений в разрезе Мид Стрим, Новая Зеландия (по [Hollis et al., 2005] с изменениями и упрощением).

Показаны региональные новозеландские ярусы, литология и литостратиграфические единицы, биостратиграфические зоны, профиль валового карбоната ^{13}C . Три события распознаны в разрезе: палеоценовый изотопный максимум (PCIM – Paleocene carbon isotope maximum); инициальный эоценовый термальный максимум (IETM – Initial Eocene thermal maximum); раннеэоценовый климатический оптимум (EECO – Early Eocene climatic optimum) [Zachos et al., 2001]

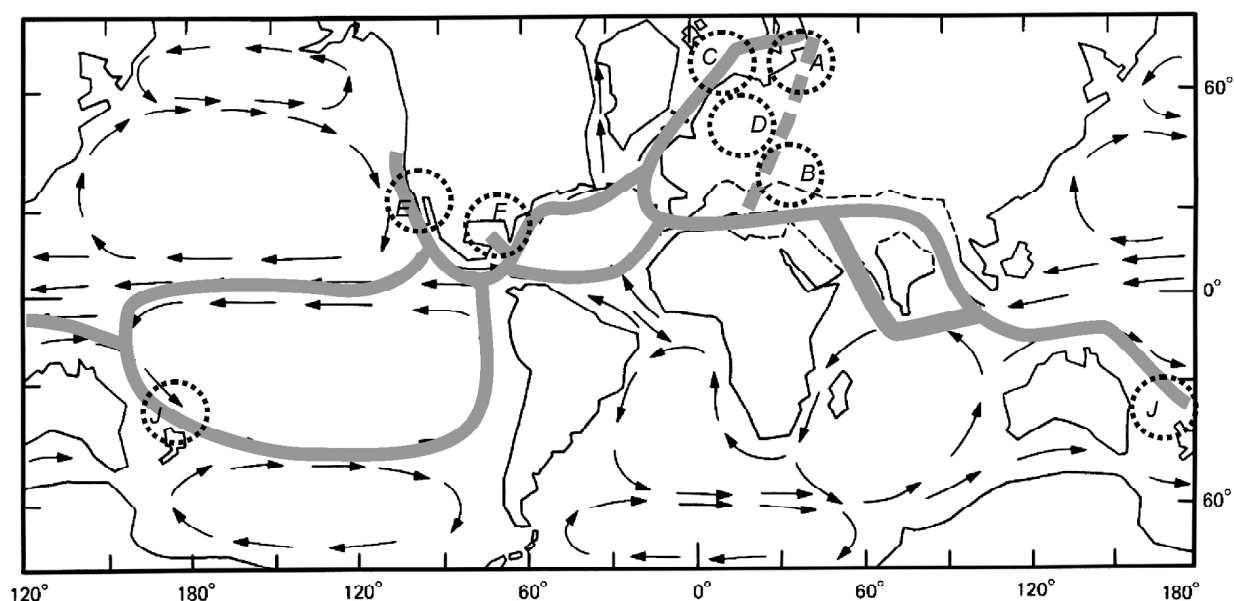


Рис. 10. Поверхностная циркуляция в Мировом океане в середине эоцена (45 млн. лет) (черные стрелки – течения) и предполагаемые маршруты миграций радиолярий (светло-серая линия) (схема циркуляции по [Кеннетт, 1987]).

Регионы: *A* – Западная Сибирь; *B* – Северный Казахстан и Средняя Азия; *C* – Северная Атлантика; *D* – Восточно-Европейская платформа; *E* – Калифорния (США); *F* – Мексиканский залив, *J* – Новая Зеландия.

рофных вод, тогда как кремнистые известняки представляют времена преобладания прохладных эвтрофных вод. Не исключено, что известковистые глины теплого климата обозначают периоды и времена увеличенного валового осадконакопления с высокой терригенной разгрузкой и уменьшенным биогенным накоплением, тогда как более прохладный климат (кремнистые известняки) обозначает времена уменьшенного осадконакопления, низкий терригенный вклад и повышенную кремнистую продуктивность [Hollis et al., 2005].

В отличие от прохладных океанических условий палеоэоцена, два события раннеэоценовых потеплений, вне зависимости от их длительности (короткое IETM и более длительное EECO), имели два преобладающих эффекта влияния на седименто-биогенную систему осадконакопления юго-запада Тихого океана. Во-первых, уменьшение биогенного компонента осадка, особенно производимого кремнистым планктоном, показывает сокращение площади прохладноводных акваторий с эвтрофными условиями и расширение по направлению к южному полюсу зоны олиготрофных субтропических вод [Bralower, 2002]. Это подчеркивается внезапным появлением или увеличением обилия типично тепловодных видов радио-

лярий, планктонных фораминифер и известкового наннопланктона в пределах события IETM. В принципе, это первое существенное вторжение субтропических вод в Новозеландский регион в кайнозое, и оно имеет большое значение для понимания глобальной океанской циркуляции и глобальных систем течений. Глобальное потепление, связанное с событием IETM, ориентировало на юг расширение тепловодного антициклонического кольца за счет южной Тихоокеанской циклонической системы, что вело к существенному сокращению Антарктического глубоководного пояса [Huber, Caballero, 2003].

Во-вторых, увеличение пропорции терригенных глин в высококарбонатных породах интервалов IETM и EECO показывает, что в периоды потеплений в системе осадконакопления увеличивается терригенный вклад. Это обстоятельство находит оклик в планктоне: неритический планктон типа динофлагеллят *Apectodinium* достигает пика своего обилия, а океанический или батипелагический планктон (радиолярии, планктонные фораминиферы, известковый наннопланктон) сокращает свое обилие [Hollis et al., 2005].

В палеоэоцене и эоцене главными трассами межокеанской циркуляции [Кеннетт, 1987]

были экваториальные и низкие широты с неограниченными связями между Индийским и Тихим океанами севернее Австралии и между Атлантическим и Тихим океанами через Центральноамериканский водный путь. Водообмен между Индийским и Атлантическим океанами в средних широтах проходил к югу от Африки и в Северном полушарии – через Тетис. Поворот Южной Америки в сторону Азии изолировал Арктический бассейн от Тихого океана [Кеннет, 1987].

В течение палеоцена Антарктида располагалась в полярной области, но на ней не было крупного ледового щита: Австралия и Антарктида составляли единый материк. Температуры поверхностных вод в Субантарктике были довольно высокими (18°C), а глубинные воды (на глубине 1000 м) были также довольно теплыми (16°C) [Кеннет, 1987]. В среднем эоцене предполагаемая циркуляция вод приведена на рис. 10. В северной части Индийского океана циркуляция в это время была ограниченной, поскольку Индия приблизилась к Азии. Однако тропическое течение в океане Тетис продолжало проникать на запад через мелководный северный пролив и треугольный проход к западу от Индии. Между Северной Атлантикой и Арктикой начался водообмен, и относительно теплые воды могли проникать в Арктический бассейн через Лабрадор.

В конце раннего эоцена Австралия начала отодвигаться от Антарктиды на север, между двумя континентами возник океан, который начал расширяться. Это событие оказало глубокое воздействие на глобальную океанскую циркуляцию, климаты и эволюцию биоты [Кеннет, 1987].

Маршруты связей между региональными западносибирской и новозеландской радиоляриевыми биотами могли быть основаны на существовавшей то время системе поверхностных течений. Западносибирская фауна через Тургайский пролив, бассейны Западного Казахстана, Центральной Азии, Предкавказья, Русской платформы имела непосредственную связь с фаунами океана Тетис и Северной Атлантики.

Таким образом, с физической точки зрения, могли быть вполне реальны маршруты связей между региональными западносибирской и новозеландской радиоляриевыми биотами, находящимися на гигантском удалении друг от друга. Западносибирская фауна через Тургайский пролив, бассейны Западного Ка-

захстана, Центральной Азии, Предкавказья, Русской платформы имела непосредственную связь с океаном Тетис и Северной Атлантикой (рис. 10). Далее маршрут мог распадаться на две ветви. Одна из них – западная – вела в Центральную Атлантику и далее через Центрально-Американский водный проход в Тихий океан, где этот маршрут включался в глобальный круговорот течений южной части Пацифики и оттуда достигал акваторий Южной Пацифики, в том числе региона Новой Зеландии. Другая ветвь – восточная – вела в океан Тетис и далее, в обход Индии с севера и юга, в Индийский океан. Далее, маршрут мог пролегать в обход Австралии с севера или юга и достигать Южной Пацифики, в том числе региона Новой Зеландии.

Заключение

В геологическом прошлом биполярность как феномен в биогеографии радиолярий оказывается не слишком редким событием, хотя и не очень распространенным. Среди современных радиолярий и феолярий, число видов которых, по приближенным оценкам, составляет не более 1000, биполярные формы представлены 32 таксонами. Приблизительно такой же порядок и соотношение цифр наблюдались в палеогеновое и более древнее время.

Вслед за нашими коллегами [Степаньянц и др., 2004], мы принимаем миграционную модель возникновения феномена биполярности, т.е. биполярность возникает как результат миграционных потоков, имевших разное направление в разные отрезки геологического времени. Физическим носителем таких потоков, как нам представляется, были системы течений, образовывавшие глобальную океанскую циркуляцию.

Вероятно, виды радиолярий, в биогеографическом распространении которых обнаруживаются биполярные ареалы, обладали повышенным биотическим потенциалом. Последний позволял таким таксонам преодолевать гигантские расстояния и разнообразные физико-географические барьеры на пути расселения биполярных форм.

В Западносибирском палеогеновом морском бассейне природные обстановки были более беспокойны и нестабильны, чем в Новозеландском. В Западной Сибири чаще осуществлялись биотические события, приводившие к перестройкам в таксономических составах радиоляриевых ассоциаций. Перестройки начались раньше, чем в Новой Зеландии – первая

серьезная перестройка произошла примерно на границе танета и ипра, тогда как в Новой Зеландии это случилось позднее, на границе раннего и позднего ипра.

Авторы выражают искреннюю признательность С.Б. Кругликовой (Институт океанологии РАН, Москва) за консультации по поводу изучения распространенности феномена биполярности.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проекты 06-05-64780, 07-04-00649.

Список литературы

- Амон Э.О. Непараметрические методики анализа сходства–различия комплексов микрофауны в количественной палеобиогеографии // Ред. ж. Геология и геофизика Новосибирск: СО АН СССР, 1988. 35 с. Деп. в ВИНТИ № 5392-B88.
- Амон Э.О. Радиоларии Урала и их стратиграфическое значение. Автореф. докт. дис. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 35 с.
- Амон Э.О. Верхнемеловые радиоларии Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 209 с.
- Амон Э.О. Морские акватории Уральского региона в средне- и поздне меловое время // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 3. С. 471-483.
- Амон Э.О. Некоторые закономерности глобального географического распространения поздне меловых радиоларий рода *Prunobrachium* // Литосфера. 2003. № 4. С. 78-83.
- Андреев В.Л. Классификационные построения в экологии и систематике. М.: Наука, 1980. 140 с.
- Ахметьев М.А. Климат Земного шара в палеоцене и эоцене по данным палеоботаники // Климат в эпохи крупных биосферных перестроек. М.: Наука, 2004. С. 10-43.
- Ахметьев М.А., Александрова Г.И., Амон Э.О. и др. Биостратиграфия морского палеогена Западно-Сибирской плиты // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2001. Т. 9. № 2. С. 30-57.
- Ахметьев М.А., Александрова Г.И., Беньямовский В.Н. и др. Новые данные по морскому палеогену юга Западно-Сибирской плиты. Статья 1 // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2004а. Т. 12. № 1. С. 67-93.
- Ахметьев М.А., Александрова Г.И., Беньямовский В.Н. и др. Новые данные по морскому палеогену юга Западно-Сибирской плиты. Статья 2 // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2004б. Т. 12. № 5. С. 65-86.
- Басов И.А., Вишневская В.С. Стратиграфия верхнего мезозоя Тихого океана. М.: Наука, 1991. 200 с.
- Беньямовский В.Н., Ахметьев М.А., Алексеев А.С. и др. Морской терминальный мел и палеоген южной части Западной Сибири // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2002. Т. 77. Вып. 5. С. 28-48.
- Беньямовский В.Н., Васильева О.Н., Левина А.П., Пронин В.Г. Палеоген Южного Зауралья. Статья II. Палеоген в центральной, северной частях Тургайского прогиба и Курганском Зауралье // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 1995. № 2. С. 3-15.
- Богданов Н.А., Вишневская В.С., Кебезинская П.К. и др. Геология юга Корякского нагорья. М.: Наука, 1987. 169 с.
- Вишневская В.С. Радиолариевая биостратиграфия юры и мела России. М.: Геос, 2001. 376 с.
- Вишневская В.С. Возможные миграции некоторых мел-палеоценовых радиоларий биполярного распространения // ПАЛЕОСТРАТ-2008. М.: ПИН РАН, 2008. С. 15-17.
- Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Кривоуцкий Д.А. Биологическое разнообразие. М.: ВЛАДОС, 2004. 432 с.
- Кеннет Дж.П. Морская геология. М.: Мир, 1987. Т. 1. 397 с.; Т. 2. 384 с.
- Козлова Г.Э. Радиоларии палеогена бореальной области России. (Практическое руководство по микрофауне России. Т. 9.). СПб.: ВНИГРИ, 1999. 323 с.
- Петрушевская М.Г. Радиоларии отряда Nassellaria Мирового океана. Л.: Наука, 1981. 406 с.
- Петрушевская М.Г. Радиолариевый анализ. Л.: Наука, 1986. 200 с.
- Степаньянц С.Д., Кругликова С.Б., Бьёрклунд К.Р., Кортезе Дж. Биполярное распространение морских организмов на примере радиоларий и книдарий. Новый этап изучения проблемы // Общие вопросы морской биогеографии: Памяти акад. О.Г. Кусакина. Владивосток: Дальнаука, 2004. С. 132-181.
- Унифицированная региональная стратиграфическая схема палеогеновых и неогеновых отложений Западно-Сибирской равнины. Новосибирск, 2001.
- Ушаков С.А., Ясаманов Н.А. Дрейф материков и климат. М.: Мысль, 1984. 206 с.
- Шатский С.Б. Основные вопросы стратиграфии и палеогеографии палеогена Сибири // Палеоген и неоген Сибири (палеонтология и стратиграфия). Новосибирск: Наука, 1978. С. 3-21.
- Ясаманов Н.А. Климаты и ландшафты мезозоя и кайнозоя Западной и Средней Сибири. М.: Недра, 1976. 141 с.
- Aita Y., Bragin, N.Yu. Non-Tethyan Triassic Radiolaria from New Zealand and Northeastern Siberia // Geodiversitas. 1999. V. 21. № 4. P. 503-526.
- Amon E.O., Hollis C.J. Recognizing bipolarity in high-latitude Early Paleogene Radiolaria, with an emphasis on Western Siberia and New Zealand // InterRad 11 & Triassic Stratigraphy Symposium. Abstracts. New Zealand, Wellington, 2006. P. 36.
- Baldauf J.G., Barron J.A. Evolution of biosiliceous sedimentation patterns – Eocene through Quaternary: paleoceanographic response to polar cooling // Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic. The Netherlands. Kluwer Academic Publishers, 1990. P. 575-607.

- Berggren W.A., Kent D.V., Swisher C.C., Aubry M.-P.* A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy // *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation* / W.A. Berggren D.V. Kent, M.-P. Aubry, J. Hardenbol (Eds.). SEPM (Society for Sedimentary Geology). Spec. Publ. 1995. V. 54. P. 129-212.
- Boltovskoy D.* Biogeography of the Southwestern Atlantic: Overview // *Current Problems and Prospects. UNESCO Techn. Pap. Mar. Sci.* 1986. V. 49. Pelagic Biogeography. P. 14-24.
- Bralower T.J.* Evidence of surface water oligotrophy during the Paleocene-Eocene thermal maximum: nannofossil assemblage data from Ocean Drilling Program Site 690, Maud Rise, Weddell Sea // *Paleoceanography*. 2002. V. 17. № 2. P. 1023.
- Crampton J., Laird M., Nicol A. et al.* Palinspastic reconstructions of southeastern Marlborough, New Zealand for Late Cretaceous to Eocene times // *New Zealand J. Geol. Geophys.* 2003. V. 46. P. 153-175.
- Dickens G.R.* Methane oxidation during the late Palaeocene thermal maximum // *Bull. Soc. Geol. France*. 2000. V. 171. № 1. P. 37-49.
- Hollis C.J.* Latest Cretaceous to Late Paleocene radiolarian biostratigraphy: a new zonation from the New Zealand region // *Marine Micropaleontology*. 1993. V. 21. P. 295-327.
- Hollis C.J.* Cretaceous-Paleocene Radiolaria from eastern Marlborough, New Zealand. Wellington: Institute of Geological and Nuclear Sciences, 1997. Monograph 17. P. 1-152.
- Hollis C.J.* Biostratigraphy and paleoceanographic significance of Paleocene radiolarians from offshore eastern New Zealand // *Marine Micropaleontology*. 2002. V. 46. № 3-4. P. 265-316.
- Hollis C.J.* The Cretaceous-Tertiary boundary event in New Zealand: profiling mass extinction // *New Zealand J. Geol. Geophys.* 2003. V. 46. № 2. P. 307-321.
- Hollis C.J., Dickens G.R., Field B.D. et al.* The Paleocene-Eocene transition at Mead Stream, New Zealand: a southern Pacific record of Early Cenozoic global change // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2005. V. 215. P. 313-343.
- Huber M., Caballero R.* Eocene El Niño: evidence for robust tropical dynamics in the «hothouse» // *Science*. 2003. V. 299. № 5608. P. 877-881.
- Johnson D.A., Nigrini C.* Radiolarian biogeography in surface sediments of the western Indian Ocean // *Marine Micropaleontology*. 1982. V. 5. P. 111-152.
- Kennett J.P., Stott L.D.* Abrupt deep-sea warming, palaeoceanographic changes and benthic extinctions at the end of the Palaeocene // *Nature (London)*. 1991. V. 353. № 6341. P. 225-229.
- King P.R., Naish T.R., Browne G.H. et al.* Cretaceous to Recent sedimentary patterns in New Zealand // *Institute of Geological and Nuclear Sciences. Folio Series*. 1999. V. 1. P. 1-35.
- Kurtz A., Kump L.R., Arthur M. et al.* Early Cenozoic decoupling of the global carbon and sulfur cycles // *Paleoceanography*. 2003. V. 18. № 4. P. 1090.
- Lazarus D.B.* Environmental control of diversity, evolutionary rates and taxa Longevities in Antarctic Neogene Radiolaria // *Palaeontologia Electronica*. 2002. V. 5. Is. 1. Art. 2. 32 p.
- Nelson C.S., Cooke P.J.* History of oceanic front development in the New Zealand sector of the Southern Ocean during the Cenozoic: a synthesis // *New Zealand J. Geol. Geophys.* 2001. V. 44. № 4. P. 535-553.
- Simpson G.G., Roe A., Lewontin R.C.* Quantitative zoology, revised. New-York: Harcourt, Brace & World, 1960. 440 p.
- Stepanjants S.D., Cortese G., Kruglikova S.B., Bjorklund K.R.* A review of bipolarity concepts: History and examples from Radiolaria and Medusozoa (Cnidaria) // *Marine Biology Research*. 2006. № 2. P. 200-241.
- Thompson E.I., Schmitz B.* Barium and the Late Paleocene ¹³C maximum: evidence of increased marine surface productivity // *Paleoceanography*. 1997. V. 12. № 2. P. 239-254.
- Zachos J., Pagani M., Sloan L. et al.* Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present // *Science*. 2001. V. 292. № 5517. P. 686-693.
- Zachos J.C., Wara M.W., Bohaty S. et al.* A transient rise in tropical sea surface temperature during the Paleocene-Eocene thermal maximum // *Science*. 2003. V. 302. № 5650. P. 1551-1554.

Рецензент доктор геол.-мин. наук В.С. Вишневская