ГИПОТЕЗЫ. ДИСКУССИИ. ПРОБЛЕМЫ.

УДК: 551.86:551.87

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРИАСА–НЕОГЕНА В СВЕТЕ НОВЕЙШИХ ДАННЫХ

© Д.А. Рубан

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону

DOI:10.24412/1997-8316-2026-121-14-26

Аннотация: геологические исследования первой четверти XXI века способствовали накоплению огромных блоков новейших данных, позволяющих охарактеризовать глобальные палеогеографические особенности периодов мезозоя и кайнозоя по одним и тем же параметрам. Обобщение и интерпретация этих данных выявляют своеобразие триаса, юры, мела, палеогена и неогена по климату, составу атмосферы, конфигурации палеопространства и т.п. Обнаружены существенные отличия вышеотмеченных периодов как друг от друга, так и от современных условий. Тенденции по сближению с последними намечаются с мела, однако даже неоген демонстрирует присущие только ему особенности. Несмотря на прогресс в геологических знаниях, неопределенность в понимании глобальных палеогеографических особенностей сохраняется, в том числе и для сравнительно недавних интервалов геологической истории.

Ключевые слова: глобальная среда, мезозой, неоген, палеоген, эволюция Земли.

E–mail: ruban-d@mail.ru

GLOBAL PALAEOGEOGRAPHICAL PECULIARITIES OF THE TRIASSIC–NEOGENE IN THE LIGHT OF THE NEWEST DATA

© D. Ruban

Southern Federal University, Rostov-on-Don

Abstract: Geological research in the first quarter of the 21st century has facilitated the accumulation of huge portions of novel data permitting to characterize global palaeogeographical peculiarities of the periods of the Mesozoic and the Cenozoic by the same parameters. A compilation and interpretation of these data reveal individuality of the Triassic, the Jurassic, the Cretaceous, the Paleogene, and the Neogene by their climate, atmosphere composition, configuration of palaeospace, etc. Significant differences of the periods from one another and from the modern environments were found. Tendencies to approach the latter were traced to the Cretaceous, but even the Neogene demonstrates individuality. Despite the progress in the geological knowledge, an uncertainty in the understanding of the global palaeogeographical peculiarities remains, also for the relatively young intervals of the geological history.

Key words: global environment, Mesozoic, Neogene, Paleogene, evolution of Earth.

ВВЕДЕНИЕ

Понимание глобальных палеогеографических особенностей крупных подразделений геологического времени, прежде всего периодов, имеет принципиальное значение в современных исследованиях. С одной стороны, оно важно для разнообразных интерпретаций новых фактов или сопоставлений крупных блоков информации. С другой, это понимание формирует концептуальную основу для организации геологических исследований, в том числе прикладного характера. Сведения о глобальных палеогеографических особенностях могут быть обнаружены в многочисленных учебниках и сводных работах. Некоторые представления стали почти догматическими. Однако прогресс в геологических знаниях, который заметно ускорился во второй половине 2010-х и первой половине 2020-х годов, сделал эти сведения в значительной степени устаревшими и, следовательно, требующими обновления в свете новейшей информации.

Настоящая работа продолжает серию аналогичных статей, рассматривающих палеозойские периоды [3, 4], и фокусируется на длительном интервале, охватывающем пять периодов с триаса по неоген включительно. Для каждого из них дается краткая характеристика глобальных палеогеографических условий. Соответствующая терминология и общие принципы изложены в вышеотмеченных статьях, а потому не дублируются в данной работе. Отличием последней является охват сразу двух эр, что важно для компактности изложения довольно быстро устаревающего материала, а также исключение четвертичного периода (антропогена). Последнее объясняется как его принципиально лучшей изученностью и наличием огромного количества информации, менее детальной для предшествующих периодов, так и значительной схожестью особенностей самого позднего периода кайнозоя с современной планетарной географией.

Рассматриваемые периоды понимаются в соответствии с наработками Межведомственного стратиграфического комитета России [6] и Международной комиссии по стратиграфии [35]. Глобальные палеогеографические характеристики даются именно в целом для каждого из них. Иными словами, в данной работе сделана попытка представить целостное видение периодов, генерализируя касающуюся их информацию.

ТРИАСОВЫЙ ПЕРИОД

Триасовый период – первый в мезозойской эре. Его длительность составила 50,5 млн л. [35]. Стратиграфия соответствующей системы разработана удовлетво-

Рис. 1. Стратиграфическая шкала триаса–неогена (версия Международной комиссии по стратиграфии [35]; отечественный вариант [6] по сути идентичен)

рительно (рис. 1), но лишь для трех ярусов из семи установлены стратотипы [35]. Продолжаются дискуссии относительно норийского яруса в связи с кажущейся избыточной длительностью соответствующего века, равно как и относительно положения рэтского яруса и в целом организации верхнетриасового отдела [5, 32]. Глобальная палеогеография триаса известна хорошо, хотя неопределенность по ряду вопросов сохраняется.

Климат периода был исключительно жарким со средними температурами 20-26°С, а в начале периода до 32°С [66]. Это намного выше современных значений. Альтернативная модель говорит о более высоких температурах в низких широтах – 25-40°С [24]. Новейшая реконструкция в целом согласуется с двумя предыдущими и указывает на температуры в интервале 20-30°С [38]. Необходимо особо отметить термальное событие в середине раннего триаса, когда температура поверхности воды в морях достигала (возможно, даже превышала) 40°С [70]. Тем не менее ледники в триасе присутствовали, хотя объем льда в середине периода сильно сократился [77]. Для триаса характерно сравнительно высокое количество осадков – 1100–1200 мм/год, что выше современных значений [11]. На этом фоне выделяется карнийское плювиальное событие [8, 82].

В триасе содержание кислорода в атмосфере существенно превышало современный уровень и составляло 25-35% [52]. Содержание углекислого газа более 1000 ppm (возможно, эпизодически даже > 2000 ppm) [48]. На протяжении периода отмечались аноксические события [71, 72], однако их пространственно-временной масштаб требует уточнения. Одно из таких событий связано с катастрофой конца триаса [30].

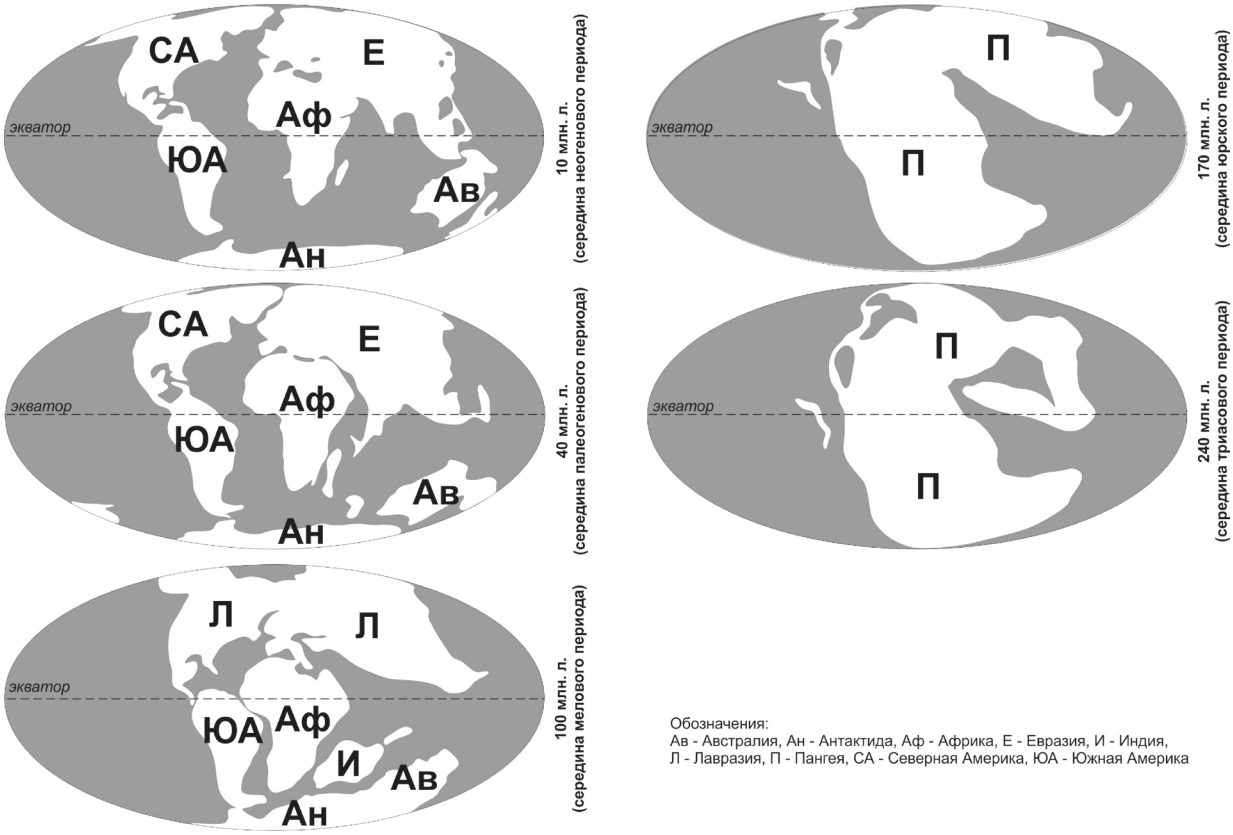

Рис. 2. Основные континентальные массы в триасе–неогене (контуры проведены по кромке шельфов [65])

В данном периоде площадь суши выросла до 130-140 млн км^2, это несколько меньше современных значений [48]. Площадь была сравнительно невысокой, средние высоты 360-400 м, что является минимумом для всего мезозоя–кайнозоя [65]. Суша занимала около четверти поверхности Земли, а суммарная длина береговой линии 80-100 тыс. км [41]. Океаны и моря формировали обширные пространства. Классическая эвстатическая кривая указывает на низкое положение уровня моря, близкое к современному уровню. Последний эпизодически превышался не более чем на 50 м, но нередко уровень моря в триасе падал до 100 м ниже современного [28]. Альтернативная реконструкция также обозначает крупный эвстатический минимум в триасе, однако показывает уровень моря более высоким (+50 м и более), чем современный [49]. Шельфы были обширнее, но занимали всего лишь ~14% общей площади планеты, что не характерно для предшествовавшего палеозоя [41, 65].

Конфигурация континентов и океанов отличалась простотой. Согласно базовой модели [65], продолжал существовать единый суперконтинент Пангея с двумя долями (лавразийской в северном полушарии и гондванской в южном) и довольно широкой «перемычкой» между ними в экваториальной области (рис. 2). Он омывался единым крупным океаном. Также океан существовал «внутри» суперконтинента, вдаваясь в него огромным «заливом». Фрагментация глобального палеопространства была ограниченной.

Триас характеризуется вулканической активностью, при этом наиболее масштабные излияния происходили в Центрально-Атлантической провинции в самом конце периода [17, 37, 40, 55]. За период сформировалось существенное число импактных структур [20]. Одна из наиболее крупных (в масштабе всего фанерозоя) располагается на северо-востоке Канады [73].

Биоразнообразие триасового периода (~6200 родов организмов), которое обеспечивалось морскими и наземными экосистемами, осталось примерно таким же, как и в перми (см. https://paleobiodb.org). Период отмечен длительным восстановлением экосистем после вымирания на его границе с пермью [10, 12, 23], а затем серией кризисов, начавшихся еще в среднюю эпоху и завершившихся массовым вымиранием и общим стрессом биоты в самом конце периода [46, 60, 79].

ЮРСКИЙ ПЕРИОД

Юрский период – второй в мезозойской эре. Его длительность составила 58,3 млн л. [35]. Стратиграфия соответствующей системы разработана очень хорошо (рис. 1), и для большей части ярусов установлены стратотипы [35]. Глобальная палеогеография юры известна довольно детально, хотя по отдельным вопросам продолжаются дискуссии.

Климат юрского периода характеризуется как относительно жаркий со средними температурами 18-24°C [66], что выше современных значений. Альтернативная модель указывает на больший интервал изменений температур в низких широтах – 18-28°C [24]. Новейшая реконструкция отмечает диапазон температур в 18-25°C [38], при этом, в отличие от предыдущих моделей, обнаруживает тенденцию к росту температур в течение периода, а не к снижению. На Земле сохранялись некоторые объемы льда, однако они сильно уменьшились в самом конце периода, когда, возможно, достигли минимальных значений для всего фанерозоя [77]. Количество осадков (порядка 1100 мм/год) меньше, чем в другие периоды мезозоя, но значения все равно больше современных [11].

В юрском периоде содержание кислорода в атмосфере приблизительно 24-26% [53], что несколько превышает современный уровень. Содержание углекислого газа в атмосфере составляло 500 ppm или чуть

выше [48], что также немного больше современных значений. Наиболее известная аноксия (или серия таковых) имела место на переходном интервале от плинсбаха к тоару [43, 61].

В юре площадь суши заметно менялась, сократившись с ~140 млн км^2 до ~100 млн км^2, т.е. она уступает современным размерам почти в 1,5 раза [48]. Суша оставалась сравнительно невысокой (средние высоты 430–440 м) [65] и занимала до трети поверхности Земли. Суммарная длина береговой линии резко увеличилась, впервые с начала фанерозоя превысив 150 тыс. км и достигнув в итоге 170 тыс. км, что сопоставимо с современными значениями [41]. Океаны и моря при этом все равно доминировали. Классическая эвстатическая кривая указывает на колебания уровня моря в интервале от –50 м до +150 м по отношению к его современному положению [27]. Альтернативная реконструкция обнаруживает столь же значительный масштаб колебаний, но в более высоком диапазоне (0–200 м) [49]. Обширность шельфов менялась от <10% до ~15% от площади планеты, на отдельных интервалах становясь близкой к современной или даже меньше. В середине юры площадь шельфовых пространств оказалась минимальной с начала фанерозоя, и столь низкие значения повторялись лишь однажды в палеогене [41, 65].

Конфигурация континентов и океанов в юрском периоде не претерпела принципиальных изменений в сравнении с поздним палеозоем–триасом и отличалась даже большей простотой. Базовая модель [65] демонстрирует единый суперконтинент Пангея с океаническими пространствами вокруг и внутри него (рис. 2). Однако этот суперконтинент в целом и «перемычка» между двумя его долями сместились в северное полушарие. Сравнительно небольшая фрагментация глобального палеопространства сохранялась.

Вулканическая деятельность в юре была значительной. Функционировала целая серия магматических провинций, самой известной из которых является Кару–Феррар [17, 37, 55, 62]. В этом периоде сформировалось много импактных структур, в том числе довольно крупных [20].

Существенно возросло биоразнообразие, составив ~ 7800 родов морских и наземных организмов (см. https://paleobiodb.org). Наиболее ярким событием можно считать массовое вымирание в самом начале тоарского века, которое реализовалось в ходе мощнейшей пертурбации палеосреды в глобальном масштабе [13, 22]. Еще один биотический кризис имел место в аалене [18, 59]. Таким образом, переход от ранней к средней юре ознаменовался нарушениями устойчивости развития биоты и палеосреды.

МЕЛОВОЙ ПЕРИОД

Меловой период завершает мезозойскую эру. Его длительность составила 77,1 млн л. [35], т.е. он оказался самым длинным в мезозое. Стратиграфия соответствующей системы разработана хорошо (рис. 1), для подавляющего большинства ярусов установлены стратотипы [35]. Тем не менее дискуссии относительно подразделений этой системы продолжаются с большей или меньшей степенью активности. В частности, они касаются «длинных» веков ранней эпохи и возможности выделения средней эпохи [5]. На первый взгляд, глобальная палеогеография мела известна исключительно хорошо, однако в действительности сохраняются разночтения относительно ряда важных особенностей этого периода.

Традиционно мел считается очень жарким периодом, что подтверждается современными реконструкциями, однако не для всего интервала. По данным исследователей [66], средние температуры менялись в интервале 18-24°C. Другая модель указывает на интервал колебаний 20-32°C (в низких широтах) [24]. Наконец, новейшая реконструкция [38] говорит о еще более жарком климате и температурах 25-35°C. Современный температурный режим превышался

на > 10°C [67]. Даже в Арктике и Субарктике температуры периодически достигали 15-20°C [1]. Объемы льда менялись в значительных пределах, большей частью оставаясь умеренными, эпизодически существенно увеличивались или уменьшались [77]. Количество осадков находилось в пределах от <1100 мм/год до >1250 мм/год, что значительно превосходит современные значения [11]. Мел стал одним из самых влажных периодов фанерозоя.

Период характеризовался содержаниями кислорода в атмосфере 24–29% [53], явно превышавшими современный уровень. Концентрация углекислого газа в атмосфере могла быть сравнительно высокой (до 1000 ppm), но к концу мела показатели снизились приблизительно до современного уровня [48]. Данный период (особенно его середина) ознаменовался серией масштабных океанических аноксий [19, 45, 47, 58, 67, 84]. В этом отношении он напоминает силур или девон. Стоит отметить, что в мелу имели место события, связанные с океанической оксигенацией, которые маркируются морскими красноцветными отложениями (в том числе карбонатными) [33, 83].

В меловом периоде площадь суши оказалась минимальной для мезозоя: она изменялась в интервале 100-120 млн км^2, а иногда становилась меньше [48]. Средние высоты суши при этом увеличились, превышая 400 м, а эпизодически и 500 м, когда приблизились к современным значениям [65]. Суша занимала приблизительно четверть поверхности Земли (в позднем мелу всего лишь пятую часть), а суммарная длина береговой линии достигла и превысила 200 тыс. км, что больше современных значений [41]. Океаны и моря были обширными. Классическая эвстатическая кривая указывает на очень высокое положение уровня моря: порядка 150-200 м выше современных отметок, а подчас и более [26]. Это вполне согласуется с альтернативной реконструкцией, которая указывает на возможность эвстатических пиков с отметками до +300 [49]. Шельфовые пространства увеличились в размере и составляли до 20% от площади планеты, т.е. почти вдвое обширнее, чем в настоящее время [41, 65].

Конфигурация континентов и океанов в меловом периоде стала сильно меняться. Базовая модель [65, 67] показывает наличие суперконтинента Лавразия в северном полушарии, а также нескольких континентальных масс (бывшие гондванские блоки) в южном полушарии (рис. 2). Но все они еще формировали группу примерно в контурах ранее существовавшей Пангеи. Вокруг нее простирался огромный океан, а между континентами появились меньшие по размеру, часто вытянутые океанические пространства. Фрагментация глобального палеопространства резко усилилась и, возможно, была большей, чем в настоящее время. Неопределенность в ее понимании связана с дефицитом знаний о геологической эволюции Тихоокеанского сектора планеты, где в меловом периоде происходили масштабные, но при этом малоизученные процессы [44].

Вулканическая деятельность в мелу резко усилилась. Из большого количества магматических провинций можно отметить три: Парана-Этендека, Онтонг-Джава-Нуи и Деккан [17, 37, 42, 52, 55]. Возможно, этот период ознаменовался наиболее массивными извержениями за весь фанерозой. Для него также характерно возникновение значительного числа импактных структур (в том числе довольно крупных) [20]. Безусловно, самой известной из них является кратер у полуострова Юкатан в Карибском регионе [25, 68].

Меловое биоразнообразие было значительным – свыше 15 тыс. родов морских и наземных организмов (см. https://paleobiodb.org). Биотические кризисы имели место на переходном интервале от юры (информация об этом событии требует дополнительного анализа) [74], во время вышеупомянутых океанических аноксий середины мела [39], а самым значительным

и известным среди них стало массовое вымирание самого конца мела, связанное с планетарными катастрофическими событиями [2, 16, 63].

ПАЛЕОГЕНОВЫЙ ПЕРИОД

Палеогеновый период открывает кайнозойскую эру. Его длительность составила ~ 43 млн л. [35], он гораздо длиннее прочих периодов кайнозоя, в том числе вместе взятых. Стратиграфия соответствующей системы разработана детально (рис. 1), почти для всех ярусов установлены стратотипы [35]. Глобальная палеогеография палеогена известна с гораздо большими подробностями, чем предшествовавших периодов, но некоторые разночтения сохраняются.

В палеогене климат был умеренно жарким со средними температурами, изменявшимися в пределах 15-25°C [66], нижняя граница этого интервала близка к современным значениям. Альтернативная модель показывает более узкий интервал изменений температур в низких широтах – 24-27°C [24]. Новейшая реконструкция указывает на колебания температур в относительно высоком диапазоне – 22-33°C [38]. Наконец, еще одна модель говорит о превышении современных температур на 2-14°C в течение палеогена [78]. Таким образом, оценки климата этого периода сохраняют противоречивость. При этом хорошо известен целый ряд климатических событий, включая термальный максимум и оптимумы в первой половине палеогена и оледенения во второй его половине [66, 78]. Объемы льда варьировались в очень широких пределах [77]. Современные геологи приходят к выводу, что именно в палеогене (предположительно, в эоценовую эпоху) инициировались тенденции к позднекайнозойскому оледенению, при этом в обоих полушариях [34, 57, 76]. Тем не менее температуры в Арктике и Субарктике составляли 5-15°C [1]. Количество осадков сократилось с ~ 1100 мм/год до < 1050 мм/год, второй раз за фанерозой приблизившись к современным значениям [11].

Содержание кислорода в атмосфере уменьшилось с 27-28% до современного уровня [53]. Содержание углекислого газа сохранялось приблизительно на нынешних отметках [48]. Однако новейшие модели показывают, что могло быть превышение до 1000 ppm (и даже 1500 ppm) на отдельных интервалах, а в целом содержание оставалось выше современного на протяжении всего периода [31, 54]. Стоит отметить большой разброс соответствующих значений, отражаемый реконструкциями содержания углекислого газа в атмосфере, т.е. представления о нем все еще носят неопределенный характер. Аноксические события известны в палеогене и, прежде всего, в связи с термальным максимумом на переходе от палеоцена к эоцену [80].

В палеогене площадь суши снова росла, превысив 140 млн км^2 и приблизившись к современным значениям [48]. Средние высоты возросли с 420 м до 580 м, сравнявшись с современными [65]. Суша занимала приблизительно от четверти до трети поверхности Земли, а суммарная длина береговой линии сначала достигла фанерозойского пика (~220 тыс. км), а затем сократилась до ~170 тыс. км, хотя и не стала короче современной [41]. Океаны и моря доминировали. Классическая эвстатическая кривая демонстрирует довольно высокое положение уровня моря: порядка 150 м выше современных отметок [29]. Альтернативные реконструкции отмечают более низкое положение этого уровня (на несколько десятков метров), предполагая его сопоставимость с современным к концу периода [49, 54]. Шельфы занимали 8-14 % от площади планеты, эпизодически даже меньше, чем в настоящее время [41, 65].

Конфигурация континентов и океанов в палеогене усложнилась. Согласно базовой модели [65], Лавразия прекратила существование, а ее значительная часть (Евразия) начала группировку с Индией и Аф-

рикой, тогда как в другом секторе планеты имело место сопряжение американских континентов в меридиональном направлении (рис. 2). В общем, континентальные массы увеличили распространение в глобальном палеопространстве, а многие океаны расширились. Фрагментация глобального палеопространства оставалась значительной.

Вулканическая деятельность в рассматриваемом периоде снизила интенсивность, но все еще была существенной, в качестве примеров стоит отметить Северо-Атлантическую и Африкано-Аравийскую (Эфиопско-Йеменскую) магматические провинции [17, 37, 55, 69]. Напротив, число возникших импактных структур осталось сравнительно большим [20]. Одна из них связана с заливом Чизапик на востоке Северной Америки [64].

Несмотря на стресс глобальных палеоэкосистем в самом начале периода, палеоген в целом характеризовался высоким биоразнообразием, составляющим около 17 тыс. родов морских и наземных организмов (см. https://paleobiodb.org). Более или менее крупные биотические кризисы имели место в связи с термальным максимумом на рубеже палеоцена/эоцена и оледенением на границе эоцена/олигоцена [7, 9, 14, 21, 36]. Однако их реальный масштаб и влияние на различные группы ископаемых организмов требуют уточнения.

НЕОГЕНОВЫЙ ПЕРИОД

Неогеновый период – второй в кайнозойской эре. Его длительность составила ~20,5 млн л. [35]. Стратиграфия соответствующей системы разработана подробно (рис. 1), и для всех ярусов (за единственным исключением) установлены стратотипы [35]. Глобальная палеогеография неогена известна в деталях. Этот период знаменует своего рода переход от геологического прошлого Земли к ее современному облику. Именно для этого временного интервала характерен выход палеогеографической информации на принципиально более высокий уровень качества и количества.

Климат неогена был относительно прохладным со средними температурами, изменявшимися в пределах 12-20°C [66], что большей частью выше современных значений, но в целом близко к ним. Альтернативная модель демонстрирует температуры в низких широтах ~24°C [24]. Новейшая реконструкция указывает на колебания температур в пределах 22-33°C [38]. Другая модель показывает, что температуры в неогене отличались от современных: от –3°C до +5°C [78]. В периоде известно несколько термальных максимумов [66, 78]. В Арктике и Субарктике температуры около 10°C и ниже [1]. Объемы льда изменялись в широких пределах и к концу периода приблизились к максимальным за весь фанерозой [77]. Количество осадков (1025–1050 мм/год) сравнялось с современным, а иногда было даже чуть меньшим. Стоит отметить, что для неогена (в частности, для плиоцена [50]) возможности палеоклиматического моделирования существенно расширяются.

Неоген отличался от настоящего времени немного большим (до ~23%) содержанием кислорода в атмосфере [53]. Что касается углекислого газа, то его содержание могло эпизодически увеличиваться до ~500 ppm, но в общем вполне сопоставимо с современными значениями [31, 48]. Аноксические явления имели место в неогене, однако носили, по всей видимости, региональный и даже локальный характер [15, 81].

В рассматриваемом периоде площадь суши достигла 150 млн км^2, сравнявшись с современной [48]. Средние высоты при этом составляли 570-580 м, что также соответствует нынешним значениям [65]. Суша занимала чуть менее трети поверхности Земли, а суммарная длина береговой линии примерно 175 тыс. км, т.е. немного меньше современной [41]. Океаны и моря продолжали доминировать. Классическая эвстатическая кривая показывает, что уровень моря превышал современный на 0-150 м [29].

Альтернативные реконструкции обозначают уровень моря в неогене как соответствующий современному [49, 54]. Шельфы занимали <10 % от площади планеты, т.е. были менее обширны, чем в настоящее время [41, 65].

В неогене конфигурация континентов и океанов приближается к современной. Базовая модель [65] показывает смещение континентальных масс в северное полушарие и рост океанических пространств между ними (рис. 2). Сопряжение Евразии с Африкой стало большим, к ним добавилась Австралия. Фрагментация глобального палеопространства была значительной, но, по всей видимости, уменьшилась в сравнении с палеогеном и особенно мелом.

Вулканическая деятельность в неогене была умеренной, в частности развивалась Йеллоустонско-Колумбийская магматическая провинция, которая все же значительно уступала по объему излияний более древним провинциям такого рода [17, 55, 75]. Импактные структуры формировались менее активно [20].

Биоразнообразие в неогене немного сократилось и составило ~13 тыс. родов морских и наземных организмов (см. https://paleobiodb.org). Вполне допустимо, что такое сокращение может объясняться дефектами палеонтологической летописи и качеством компиляций соответствующей информации. В связи с этим правильнее говорить о том, что биоразнообразие не выросло в сравнении с предшествующими периодами. Массовых вымираний в неогеновом периоде, возможно, и не было, но отдельные биотические кризисы имели место, как в случае с морской мегафауной в конце плиоцена [51, 56].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование современной информации позволило охарактеризовать некоторые ключевые глобальные палеогеографические особенности мезозоя и кайнозоя (за исключением четвертичного периода). Видится возможным сделать три обобщающих вывода. Во-первых, принципиальные различия фиксируются между триасом–юрой и мелом–неогеном, т.е. глобальные палеогеографические особенности менялись скачкообразно. Во-вторых, именно с мела наметились тенденции роста сходства древних и современных глобальных условий. В-третьих, неопределенность информации об отдельных рассмотренных особенностях присуща всем представленным в статье периодам, что говорит о несовершенстве даже самых современных геологических знаний, в том числе касающихся относительно недавних интервалов истории Земли.

Синтез новейших данных способствует более полному и качественному пониманию глобальных палеогеографических особенностей триасового, юрского, мелового, палеогенового и неогенового периодов. Вкупе с ранее опубликованными интерпретациями [3, 4] получается целостная картина изменений планетарной палеосреды в фанерозойском периоде. При этом очевиден потенциал последующих исследований, которые призваны снизить уровень неопределенности понимания ряда ключевых характеристик. Более того, установленное своеобразие палеосреды всех рассмотренных периодов сужает возможности применения принципа актуализма не только для палеозоя [3, 4], но также и для мезозоя–кайнозоя (до четвертичного периода). В связи с этим первостепенной задачей становится развития у исследователей такого мышления, которое позволило бы им делать палеогеографические интерпретации с привязкой именно к специфическим параметрам глобальной палеосреды каждого из периодов геологической истории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Габдуллин Р.Р., Бадулина Н.В., Ростовцева Ю.И., Иванов А.В. Климатические вариации в Арктическом регионе в меловом периоде и кайнозое // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. – 2019. – № 5. – С. 30–37.

2. Кочергин Д.В., Грановская Н.В. Признаки катастрофического космического события на границе меловых и палеогеновых отложений Северо-Западного Кавказа // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2024. – № 1. – С. 42-48.

3. Рубан Д.А. Глобальные палеогеографические особенности раннего палеозоя в свете новейших данных // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2024. – № 113. – С. 30–41.

4. Рубан Д.А. Глобальные палеогеографические особенности позднего палеозоя в свете новейших данных // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2025. – № 117. – С. 4–16.

5. Рубан Д.А. Очерки современных шкал геологического времени. – Ростов-на-Дону, ДГТУ-Принт, 2025. – 103 с.

6. Стратиграфический кодекс России. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2019. – 96 с.

7. Alegret L., Ortiz S., Molina E. Extinction and recovery of benthic foraminifera across the Paleocene-Eocene Thermal Maximum at the Alamedilla section (Southern Spain) // Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology. – 2009. – V. 279. – P. 186–200.

8. Arche A., López-Gómez J. The Carnian Pluvial Event in Western Europe: New data from Iberia and correlation with the Western Neotethys and Eastern North America-NW Africa regions // Earth Science Reviews. – 2014. – V. 128. – P. 196–231.

9. Arcila D., Tyler J.C. Mass extinction in tetraodontiform fishes linked to the Palaeocene-Eocene thermal maximum // Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences. – 2017. – V. 284. – P. 20171771.

10. Arefifard S., Algeo T.J., Zhang F., Kolar-Jurkovšek T., Parvizi T. A refined biochemostratigraphic framework for the Induan // Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology. – 2025. – V. 668. – P. 112902.

11. Bao X., Hu Y. Quantitative estimation of global mean precipitation throughout the Phanerozoic era // Science China: Earth Sciences. – 2024. – V. 67. – P. 1616–1624.

12. Bottjer D.J. Analysis of ancient mass extinction recoveries in marine environments: generating strategies for managing outcomes of the current mass extinction // National Science Review. – 2024. – V. 11. – P. nwad240.

13. Caruthers A.H., Smith P.L., Gröcke D.R. The Pliensbachian-Toarcian (Early Jurassic) extinction, a global multi-phased event // Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology. – 2013. – V. 386. – P. 104–118.

14. Cotton L.J., Pearson P.N. Extinction of larger benthic foraminifera at the Eocene/Oligocene boundary // Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology. – 2011. – V. 311. – P. 281–296.

15. Cutmore A., Bale N., Lourens L., Schouten S. A search for biomarker evidence of an intermittent deep-sea hypersaline anoxic basin in the eastern Mediterranean during the Early Pliocene // Organic Geochemistry. – 2024. – V. 196. – P. 104827.

16. Edie S.M., Collins K.S., Jablonski D. The end-Cretaceous mass extinction restructured functional diversity but failed to configure the modern marine biota // Science Advances. – 2025. – V. 11. – P. eadv1171.

17. Ernst R.E., Bond D.P.G., Zhang S.-H., Buchan K.L., Grasby S.E., Youbi N., El Bilali H., Bekker A., Doucet L.S. Large Igneous Province Record Through Time and Implications for Secular Environmental Changes and Geological Time-Scale Boundaries // Geophysical Monograph Series. – 2021. – V. 255. – P. 4–26.

18. Fantasia A., Mattioli E., Spangenberg J.E., Adatte T., Bernardez E., Ferreira J., Thibault N., Krencker F.-N., Bodin S. The middle-late Aalenian event: A precursor of the Mesozoic Marine Revolution // Global and Planetary Change. – 2022. – V. 208. – P. 103705.

19. Gavrilov Y.O., Shcherbinina E.A., Aleksandrova G.N. Mesozoic and Early Cenozoic Paleoecological Events in the Sedimentary Record of the NE Peri-Tethys and Adjacent Areas: An Overview // Lithology and Mineral Resources. – 2019. – V. 54. – P. 524–543.

20. Glikson A.Y., Pirajno F. Asteroids Impacts, Crustal Evolution and Related Mineral Systems with Special Reference to Australia. – Cham: Springer, 2018. – 215 p.

21. Gravand R., Hamdi B., Roozbahani P. The extinction event of the Middle to Late Eocene, case study: Someah-E-Pain area, Alborz-Azerbaijan sub provience, NW Iran // Advances in Environmental Biology. – 2013. – V. 7. – P. 4735–4740.

22. Gómez J.J., Fraguas Á., Silva R.L., Goy A. Extreme climatic events linked to the early Toarcian warming and mass extinction indicated by trace elements distribution in seawater, in North Spain // Journal of Iberian Geology. – 2025. – P. 106457.

23. Grasby S.E., Bond D.P.G., Wignall P.B., Beauchamp B. The late Permian through Middle Triassic environmental crises in the Boreal Realm – Records of the Griesbachian, Dienerian, Smithian, and Spathian type sections in Arctic Canada // Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology. – 2026. – V. 682. – P. 113453.

24. Grossman E.L., Joachimski M.M. Ocean temperatures through the Phanerozoic reassessed // Scientific Reports. – 2022. – V. 12. – P. 8938.

25. Gulick S.P.S., Kaskes P., Lowery C.M., Rae A.S.P., Tikoo S.M. From impact to extinction to recovery: Discoveries of IODP-ICDP Expedition 364 to the Chicxulub impact structure // Marine Geology. – 2026. – V. 491. – P. 107661.

26. Haq B.U. Cretaceous eustasy revisited // Global and Planetary Change. – 2014. – V. 113. – P. 44–58.

27. Haq B.Y. Jurassic Sea-Level Variations: A Reappraisal // GSA Today. – 2018. – V. 28. – P. 4–10.

28. Haq B.U. Triassic Eustatic Variations Reexamined // GSA Today. – 2018. – V. 28. – P. 4–9.

29. Haq B.U., Ogg J.G. Retraversing the Highs and Lows of Cenozoic Sea Levels // GSA Today. – 2024. – V. 34. – P. 4–11.

30. He T., Wignall P.B., Newton R.J., Atkinson J.W., Keeling J.F.J., Xiong Y., Poulton S.W. Extensive marine anoxia in the European epicontinental sea during the end-Triassic mass extinction // Global and Planetary Change. – 2022. – V. 210. – P. 103771.

31. Hönisch B., Royer D.L., Breecker D.O., Polissar P.J., Bowen G.J., Henehan M.J., Cui Y., Steinthorsdottir M., McElwain J.C., Kohn M.J., Pearson A., Phelps S.R., Uno K.T., Ridgwell A., Anagnostou E., Austermann J., Badger M.P.S., Barclay R.S., Bijl P.K., Chalk T.B., Scotese C.R., de la Vega E., DeConto R.M., Dyez K.A., Ferrini V., Franks P.J., Giulivi C.F., Gutjahr M., Harper D.T., Haynes L.L., Huber M., Snell K.E., Keisling B.A., Konrad W., Lowenstein T.K., Malinverno A., Guillermic M., Mejía L.M., Milligan J.N., Morton J.J., Nordt L., Whiteford R., Roth-Nebelsick A., Rugenstein J.K.C., Schaller M.F., Sheldon N.D., Sosdian S., Wilkes E.B., Witkowski C.R., Zhang Y.G., Anderson L., Beerling D.J., Bolton C., Cerling T.E., Cotton J.M., Da J., Ekart D.D., Foster G.L., Greenwood D.R., Hyland E.G., Jagniecki E.A., Jasper J.P., Kowalczyk J.B., Kunzmann L., Kürschner W.M., Lawrence C.E., Lear C.H., Martínez-Botí M.A., Maxbauer D.P., Montagna P., A. Naafs B.D., Rae J.W.B., Raitzsch M., Retallack G.J., Ring S.J., Seki O., Sepúlveda J., Sinha A., Tesfamichael T.F., Tripati A., van der Burgh J., Yu, J., Zachos J.C., Zhang L. Toward a Cenozoic history of atmospheric CO2. Science. – 2023. – V. 382. – P. eadi5177.

32. Hounslow M.W., Lucas S.G. A proposal for new chronostratigraphic stage subdivisions of the Upper Triassic series // Albertiana. – 2023. – V. 48. – P. 1–10.

33. Hu X., Jansa L.F., Wang C., Sarti M., Bąk K., Wagreich M., Michálík J., Sotak J. Upper Cretaceous oceanic red beds (CORBs) in the Tethys: Occurrences, lithofacies, age, and environments // Cretaceous Research. – 2005. – V. 26. – P. 3–20.

34. Huang X., Steel R., Larter R.D. Late Eocene signals of oncoming Icehouse conditions and changing ocean circulation, Antarctica // Earth and Planetary Science Letters. – 2022. – V. 600. – P. 117885.

35. International Commission on Stratigraphy. International Stratigraphic Chart, v2024/12. – ICS, 2024.

36. Ivany L.C., Patterson W.P., Lohmann K.C. Cooler winters as a possible cause of mass extinctions at the Eocene/Oligocene boundary // Nature. – 2000. – V. 407. – P. 887–890.

37. Jiang Q., Jourdan F., Olierook H.K.H., Merle R.E. An appraisal of the ages of Phanerozoic large igneous provinces // Earth-Science Reviews. – 2023. – V. 237. – P. 104314.

38. Judd E.J., Tierney J.E., Lunt D.J., Montanez I.P., Huber B.T., Wing S.L., Valdes P.J. A 485-million-year history of Earth's surface temperature // Science. – 2024. – V. 385. – P. eadk3705.

39. Kaiho K., Katabuchi M., Oba M., Lamolda M. Repeated anoxia-extinction episodes progressing from slope to shelf during the latest Cenomanian // Gondwana Research. – 2014. – V. 25. – P. 1357–1368.

40. Kent D.V., Olsen P.E., Wang H., Schaller M.F., Et-Touhami M. Correlation of sub-centennial-scale pulses of initial Central Atlantic Magmatic Province lavas and the end-Triassic extinctions // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2024. – V. 121. – P. e2415486121.

41. Kocsis A.T., Scotese C.R. Mapping paleocoastlines and continental flooding during the Phanerozoic // Earth-Science Reviews. – 2021. – V. 213. – P. 103463.

42. Krishnamurthy P. The Deccan Volcanic Province (DVP), India: A Review: Part 1: Areal extent and distribution, compositional diversity, flow types and sequences, stratigraphic correlations, dyke swarms and sills, petrography and mineralogy // Journal of the Geological Society of India. – 2020. – V. 96. – P. 9–35.

43. Kunert A., Kendall B. Global ocean redox changes before and during the Toarcian Oceanic Anoxic Event // Nature Communications. – 2023. – V. 14. – P. 815.

44. Li S., Zheng Y.-F., Suo Y. Reconstructing the framework of the Paleo-Pacific Plate: A synthetic review // Journal of Structural Geology. – 2025. – V. 199. – P. 105505.

45. Li Y.-X., Montañez I.P., Liu Z., Ma L. Astronomical constraints on global carbon-cycle perturbation during Oceanic Anoxic Event 2 (OAE2) // Earth and Planetary Science Letters. – 2017. – V. 462. – P. 35–46.

46. Lindström S. Two-phased Mass Rarity and Extinction in Land Plants During the End-Triassic Climate Crisis // Frontiers in Earth Science. – 2021. – V. 9. – P. 780343.

47. Mansour A., Wagreich M. Earth system changes during the cooling greenhouse phase of the Late Cretaceous: Coniacian-Santonian OAE3 subevents and fundamental variations in organic carbon deposition // Earth Science Reviews. – 2022. – V. 229. – P. 104022.

48. Marcilly C.M., Torsvik T.H., Domeier M., Royer D.L. New paleogeographic and degassing parameters for long-term carbon cycle models // Gondwana Research. – 2021. – V. 97. – P. 176–203.

49. Marcilly C.M., Torsvik T.H., Conrad C.P. Global Phanerozoic sea levels from paleogeographic flooding maps // Gondwana research. – 2022. – V. 110. – P. 128–142.

50. Matos F.D.I.A.O., Stepanek C., Harig S., Streffing J., Zhang Q., Wang Z,, Power K., Semmler T., Sidorenko D., Scholz P., Danilov S., Gravis P., Lohmann G. Modeling the Late Pliocene with AWI-CM3 as a contribution to PlioMIP3 core experiments // Global and Planetary Change. – 2026. – V. 257. – P. 105196.

51. Melott A.L., Marinho F., Paulucci L. Hypothesis: Muon Radiation Dose and Marine Megafaunal Extinction at the End-Pliocene Supernova // Astrobiology. – 2019. – V. 19. – P. 825–830.

52. Michael P.J., Zhang J., Trowbridge S.R. Earth's longest lava flows erupted from its largest igneous province: The submarine Ontong Java Plateau // Earth and Planetary Science Letters. – 2024. – V. 644. – P. 118905.

53. Mills B.J.W., Krause A.J., Jarvis I., Cramer B.D. Evolution of Atmospheric O2 Through the Phanerozoic, Revisited // Annual Review of Earth and Planetary Sciences. – 2023. – V. 51. – P. 253–276.

54. Miller K.G., Schmelz W.J., Browning J.V., Rosenthal Y., Hess V.A., Kopp R.E., Wright J.D. Global Mean and Relative Sea-Level Changes Over the Past 66 Myr: Implications for Early Eocene Ice Sheets // Earth Science, Systems and Society. – 2024. – V. 3. – P. 10091.

55. Nechaev V.P., Sutherland F.L., Nechaeva E.V. Phanerozoic Evolution of Continental Large Igneous Provinces: Implications for Galactic Seasonality // Minerals. – 2022. – V. 12. – P. 1150.

56. Pimiento C., Griffin J.N., Clements, C.F., Silvestro D., Varela S., Uhen M.D., Jaramillo C. The Pliocene marine megafauna extinction and its impact on functional diversity // Nature Ecology and Evolution. – 2017. – V. 1. – P. 1100–1106.

57. Polyak L., Alley R.B., Andrews J.T., Brigham-Grette J., Cronin T.M., Darby D.A., Dyke A.S., Fitzpatrick J.J., Funder S., Holland M., Jennings A.E., Miller G.H., O'Reagan M., Savelle J., Serreze M., S. John K., White J.W.C., Wolff E. History of sea ice in the Arctic // Quaternary Science Reviews. – 2010. – V. 29. – P. 1757–1778.

58. Rodrigues Bruno M.D., De Jesus Francisco Tungo E., Luft-Souza F., Sander V.H., Fauth G. Marine microplankton responses during the Cretaceous Oceanic Anoxic Events (OAEs) // Geologia USP Serie Cientifica. – 2025. – V. 25. – P. 3–32.

59. Ruban D.A. The hypothetical Aalenian biotic crisis: reconsidering the literary evidence and creating agenda for future research // Historical Biology. – 2022. – V. 34. – P. 2287–2294.

60. Ruban D.A. A review of the Late Triassic conodont conundrum: survival beyond biotic perturbations // Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments. – 2022. – V. 102. – P. 373–382.

61. Ruebsam W., Schwark L. Disparity between Toarcian Oceanic Anoxic Event and Toarcian carbon isotope excursion // International Journal of Earth Sciences. – 2024. – V. 113. – P. 2065–2076.

62. Ruhl M., Hesselbo S.P., Jenkyns H.C., Xu W., Silva R.L., Matthews K.J., Mather T.A., Niocaill C.M., Riding J.B. Reduced plate motion controlled timing of Early Jurassic Karoo-Ferrar large igneous province volcanism // Science Advances. – 2022. – V. 8. – P. eabo0866.

63. Schulte P., Alegret L., Arenillas I., Arz J.A., Barton P.J., Bown P.R., Bralower T.J., Christeson G.L., Claeys P., Cockell C.S., Collins G.S., Deutsch A., Goldin T.J., Goto K., Grajales-Nishimura J.M., Grieve R.A.F., Gulick S.P.S., Johnson K.R., Kiessling W., Koeberl C., Kring D.A., MacLeod K.G., Matsui T., Melosh J., Moṅtanari A., Morgan J.V., Neal C.R., Nichols D.J., Norris R.D., Pierazzo E., Ravizza G., Rebolledo-Vieyra M., Reimold W.U., Robin E., Salge T., Speijer R.P., Sweet A.R., Urrutia Fucugauchi J., Vajda V., Whalen M.T., Willumsen P.S. The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary // Science. – 2010. – V. 327. – P. 1214–1218.

64. Schulte P., Wade B.S., Kontny A., Self-Trail J.M. The Eocene-Oligocene sedimentary record in the Chesapeake Bay impact structure: Implications for climate and sea-level changes on the western Atlantic margin // Special Paper of the Geological Society of America. – 2009. – V. 458. – P. 839–865.

65. Scotese C.R. An Atlas of Phanerozoic Paleogeographical Maps: The Seas Come In and the Seas Go Out // Annual Review of Earth and Planetary Sciences. – 2021. – V. 49. – P. 679–728.

66. Scotese C.R., Song H., Mills B.J.W., van der Meer D.G. Phanerozoic paleotemperatures: The earth's changing climate during the last 540 million years // Earth-Science Reviews. – 2021. – V. 215. – P. 103503.

67. Scotese C.R., Verard C., Burgener L., Elling R.P., Kocsis A.T. The Cretaceous world: plate tectonics, palaeogeography and palaeoclimate // Geological Society, London, Special Publications. – 2025. – V. 544. P. 31–202.

68. Segev A., Wetzler N., O'Neill C., Rosenbaum G. A plate geodynamic game changer: Effects of the 66 Ma Chicxulub asteroid collision // Geoscience Frontiers. – 2025. – V. 16. – P. 102032.

69. Stokke E.W., Liu E.J., Jones M.T. Evidence of explosive hydromagmatic eruptions during the emplacement of the North Atlantic Igneous Province // Volcanica. – 2020. – V. 3. – P. 227–250.

70. Sun Y., Joachimski M.M., Wignall P.B., Yan C., Chen Y., Jiang H., Wang L., Lai X. Lethally Hot Temperatures During the Early Triassic Greenhouse // Science. – 2012. – V. 338. – P. 366–370.

71. Takahashi S., Yamakita S., Muto, S., Kojima S., Kaiho K., Yamasaki S., Tsuchiya N., Xiong Y., Poulton S.W., Wignall P.B., Matsumoto H., Itai T., Fujibayashi M. Oceanic anoxia in Panthalassa during the Early Triassic Smithian–Spathian transition // Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology. – 2025. – V. 675. – P. 113080.

72. Tang W., Wang J., Wei H., Fu X., Ke P. Sulfur isotopic evidence for global marine anoxia and low seawater sulfate concentration during the Late Triassic // Journal of Asian Earth Sciences. – 2023. – V. 251. – P. 105659.

73. Tanner L.H., Clutson M.J., Brown D.E. Evidence of Ejecta from the Late-Triassic Manicouagan Impact in the Blomidon Formation, Fundy Basin, Canada // Geosciences. – 2025. – V. 15. – P. 400.

74. Tennant J.P., Mannion P.D., Upchurch P., Sutton M.D., Price G.D. Biotic and environmental dynamics through the Late Jurassic–Early Cretaceous transition: evidence for protracted faunal and ecological turnover // Biological Reviews. – 2017. – V. 92. – P. 776–814.

75. Tian X., Buck W.R. Contrasting topography of continental large igneous provinces: Crucial role of crustal flow and intrusion dynamics // Earth and Planetary Science Letters. – 2026. – V. 673. – P. 119726.

76. Tripati A., Darby D. Evidence for ephemeral middle Eocene to early Oligocene Greenland glacial ice and pan-Arctic sea ice // Nature Communications. – 2018. – V. 9. – P. 1038.

77. Verard C. On greenhouse and icehouse climate regimes over the Phanerozoic // Terra Nova. – 2024 – V. 36. – P. 292–297.

78. Westerhold T., Marwan N., Drury A.J., Liebrand D., Agnini C., Anagnostou E., Barnet J.S.K., Bohaty S.M., De Vleeschouwer D., Florindo F., Frederichs T., Hodell D.A., Holbourn A.E., Kroon D., Lauretano V., Littler K., Lourens L.J., Lyle M., Pälike H., Röhl U., Tian J., Wilkens R.H., Wilson P.A., Zachos J.C. An astronomically dated record of Earth's climate and its predictability over the last 66 million years // Science. – 2020. – V. 369. – P. 1383–1388.

79. Wignall P.B., Atkinson J.W. A two-phase end-Triassic mass extinction // Earth Science Reviews. – 2020. – V. 208. – P. 103282.

80. Yao W., Kong T., Wang X.T., Zhai R., Zhang R., Liu Y. Expanded subsurface ocean anoxia in the Atlantic during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum // Nature Communications. – 2024. – V. 15. – P. 9053.

81. Zammit R., Petrash D.A., Bialik O.M. Climatic and tectonic controls on ferroan dolomite formation: insights into Early Miocene anoxia in the Mediterranean Sea (il-Blata, Malta) // Journal of the Geological Society. – 2025. – V. 182. – P. jgs2024-146.

82. Zhang P., Yang M., Lu, J., Jiang Z., Zhou K., Wu L., Xu X., Chen H., Zhu X., Guo Y., Ye H., Shao L. Coupling relationship between the Carnian Pluvial Episode and the global coal accumulation recommencement // Earth Science Reviews. – 2026. – V. 273. – P. 105367.

83. Zhang Z., Fang N., Gao L., Gui B., Cui M. Cretaceous black shale and the oceanic red beds: Process and mechanisms of oceanic anoxic events and oxic environment // Frontiers of Earth Science. – 2008. – V. 2. – P. 41–48.

84. Zheng X.-Y., Jenkyns H.C., Gale A.S., Ward D.J., Henderson G.M. A climatic control on reorganization of ocean circulation during the mid-Cenomanian event and Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event (OAE 2): Nd isotope evidence // Geology. – 2016. – V. 44. – P. 151–154.