



Павлюткин Борис Иванович – д.г.-м.н., в.н.с., Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток



Чекрыжов Игорь Юрьевич – н.с., Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

УДК [551.21 + 552.57 + 56.017.4]: 551.76 / .77

ВУЛКАНИЗМ, УГЛЕГЕНЕЗ И ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ВЫМИРАНИЯ НА РУБЕЖЕ МЕЗОЗОЙ–КАЙНОЗОЙ

VOLCANISM, COAL GENESIS, AND PROBLEMS OF BIOLOGICAL EXTINCTION AT MESOZOIC–CENOZOIC BOUNDARY

Авторы полагают, что эпохи ареального вулканизма и масштабного углеобразования в истории Земли закономерно чередуются. При этом вулканизм создавал благоприятные биогенные и абиогенные условия для последующего накопления и консервирования растительной мортмассы. Активный ареальный вулканизм на рубеже мезозой–кайнозой в течение длительного времени оказывал негативное влияние на популяцию рептилий из-за их физиологической и репродуктивной зависимости от степени прямой солнечной радиации, которая существенно снижалась за счет глобальной запыленности атмосферы от пепловых выбросов многочисленных вулканов. Тем самым вулканический фактор усложнил условия обитания динозавровой фауны, ослабленной предыдущими биотическими причинами, и ускорил ее гибель.

Ключевые слова: вулканизм, углегенез, динозавры, вымирание

According to hypothesis proposed by the authors the epochs of areal volcanism and large-scaled coal formation alternate in the Earth's history. Volcanism created favorable biogenic and abiogenic conditions for the further accumulation and preservation of the vegetable mortmass. Active areal volcanism for a long time influenced negatively on the reptile population because of their physiological and reproductive dependence on the degree of direct solar radiation that is reduced essentially due to the global dusty filling of the atmosphere with ash eruptions of numerous volcanoes. The volcanic factor has complicated in particular the dinosaurs' habitat conditions and hastened the extinction of this reptile population weakened by the previous biotic causes.

Key words: volcanism, coal formation, dinosaurs, extinction of population

Влияние вулканизма на формирование литосферы Земли не нуждается в доказательствах: оно очевидно для любого геолога. Также бесспорно и воздействие вулканических процессов на биосферную оболочку, однако формы этого воздействия и его масштабы оцениваются по-разному. В данной статье мы попытались рассмотреть уровень и характер взаимоотношения вулканизма и процессов углеобразования, а также возможную связь суперрегиональных вулканических явлений с биологическими вымираниями, имевшими место в геологическом прошлом Земли. Подчеркнем, что нами не ставилась задача найти единственно «правильные» ответы на столь сложные вопросы: это всего лишь еще одна попытка выстроить непротиворечивый, на наш взгляд, вариант.

Существует мнение о положительной корреляции, связывающей вулканизм и углеобразование [8, 19], т.е. усиление вулканизма, особенно в эксплозивной форме, благоприятствовало увеличению продуктивности растительной биомассы с последующим накоплением и переходом в угли продуктов ее конверсии. Это объяснялось, в частности, поступлением в почвенный субстрат через пепловые выбросы биологически активных компонентов – стимуляторов роста растений [3], а также высоким глубинным тепловым потоком, приводившим к образованию в своеобразных рефугиумах-оазисах аномальных растительных сообществ с высокой продуктивностью. Подобный тип связи как будто подтверждался фактическим материалом по конкретным разрезам в угленосных бассейнах, где в осадочных толщах наблюдается чередование угольных пластов и продуктов эксплозивного вулканизма – туфов и туффигов [6]. Нередко междупластья угольных пачек полностью сложены вулканическим пеплом, преобразованным в так называемые вулканогенные тонштейны. Однако при переходе от частных эпизодов к рассмотрению суперрегиональных и глобальных высокоранговых стратиграфических единиц, представленных в континентальных фациях, картина меняется почти на противоположную. Массовый ареальный вулканизм проявлялся в противофазе с масштабным и продолжительным угленакоплением, с которым связаны основные угольные месторождения крупных бассейнов. О справедливости подобной отрицательной, обратной, корреляции свидетельствуют фактические данные. Так, например, среднеюрский комплекс – преимущественно вулканический, верхнеюрско-нижнемеловой комплекс – угленосный, верхнемеловой – вулканический, палеогеновый – угленосный [18].

На наш взгляд, такая последовательность не является формальной и случайной, а имеет вполне определенную генетическую природу. Для понимания ее, а также механизма некоторых других глобальных процессов, при выяснении причин которых возникают вполне определенные сложности, нами предлагается иная модель взаимоотношения вулканизма и углегенеза. Рассмотрим ее на примере позднемелового ареального вулканизма. В позднемеловую эпоху масштабы мезозойского вулканизма, самого напряженного в фанерозойской истории [9, 12], достигают кульминации. На это время приходится образование Циркумпацифического вулканического пояса, Деканского плато и других крупных вулканогенных структур [16]. Подсчитано, например, что только в Охотско-Чукотском вулканическом поясе общий объем извергнутых вулканитов составил 1 млн км³ [2]. В частности, в Приморье этот этап запечатлен в мощной толще вулканитов приморской серии, синанчинской и самаргинской свит [15].

Итак, согласно нашей гипотезе, предпосылкой для масштабного проявления процессов углеобразования является массовый суперрегиональный вулканизм

преимущественно эксплозивного типа, сопровождавшийся выбросом в атмосферу колоссального количества вулканического пепла, разносимого воздушными потоками на большие расстояния, включая как районы суши, где вулканизм не проявился (например, древние платформы), так и акватории морей и океанов. В результате запыление атмосферы становится глобальным фактором, причем существующим перманентно на протяжении длительного даже по геологическим меркам времени. Пепловые выбросы сопровождаются поступлением в атмосферу газообразных продуктов, в составе которых, наряду с водяными парами, доминирующую роль играет углекислый газ. К примеру, подсчитано, что за 15 месяцев извержения Большого Толбачинского вулкана (Южный прорыв) на Камчатке в атмосферу было выброшено $8,9 \cdot 10^6$ т газов [4].

Поступление больших объемов вулканической пыли в атмосферу снижает ее прозрачность, что ведет не только к уменьшению общей суммы солнечной радиации, но также к изменению в общем радиационном балансе соотношения прямого солнечного излучения и рассеянного в пользу последнего. Следствием этого становится снижение среднегодовых температур, особенно в умеренных широтах. Инструментальные наблюдения за последние 150 лет свидетельствуют о том, что даже одиночные эксплозивные извержения на несколько лет ощутимо понижают температуру целого полушария [22]. При одновременном извержении многих вулканов на обширных территориях можно предполагать еще большее снижение температуры. Температурная депрессия в позднемеловое-раннепалеоценовое время подтверждается данными по изучению ископаемых растений. Так, в составе позднемеловых флор вечнозеленые компоненты в группе цветковых растений практически отсутствуют [10]. Ведущую роль играют хвойные, особенно веткопадные их представители из семейства таксодиевых.

Вторым следствием глобальной запыленности воздушного океана было уменьшение годовой суммы осадков из-за неблагоприятных условий для конденсации атмосферной влаги и образования кучевой облачности, которая, как известно, является главным источником атмосферных осадков [1]. Климат приобретает черты полусаушливого, семиаридного. Об этом свидетельствует преобладание пестроцветных и красноцветных отложений в верхнемеловых осадочных толщах различных регионов [16].

Оба вышеуказанных фактора негативно сказались на продуктивности растительной биомассы: первый – через затрудненный фотосинтез, второй – через недостаток влаги. В растительном покрове позднемеловой эпохи преобладали редкостойные хвойные леса паркового типа, со слабо развитым подлеском; в более засушливых районах растительность приобрела очаговый характер, концентрируясь преимущественно вблизи водоемов. Региональный уровень грунтовых вод снизился, причем как из-за уменьшения годовой суммы осадков, так и за счет регрессии Мирового океана с амплитудой до 130 м. Именно такая амплитуда регрессии, согласно [24], приходится на позднемеловую эпоху. Все это привело к уменьшению возможностей восполнения в водном балансе рек и озер за счет метеорных и подземных вод. В таких условиях возможность масштабного угленакопления была невелика. Растительный покров даже вблизи воды, вероятнее всего, с трудом восстанавливался в связи с выеданием его крупными растительноядными животными, ведущую роль среди которых играли рептилии.

Следующий этап ознаменовался уменьшением масштабов вулканизма, хотя этот процесс, естественно, не был одномоментным: деятельность отдельных вулканов продолжалась, как и в настоящее время, но она уже не могла оказывать существенного влияния на газовый состав атмосферы, прозрачность которой восстанавливалась после осаждения вулканической пыли. Как следствие, увеличилось количество достигающего поверхности Земли коротковолнового излучения – необходимого условия для фотосинтеза. Это первый благоприятный и, возможно, главный фактор увеличения продуктивности растительной биомассы.

Вторым позитивным фактором явилось высокое содержание CO_2 в атмосфере, обусловленное предыдущим этапом вулканизма. Как известно, углекислый газ является главным «строительным материалом» для растений. Часть кислорода, образующегося при расщеплении углекислоты, потребляется растениями при дыхании, другая переходит в атмосферу, изменяя ее состав. Углекислота сыграла еще одну, не менее важную, стимулирующую роль в увеличении объема растительной биомассы Земли через так называемый парниковый (тепличный) эффект. Углекислота в атмосфере не препятствует прохождению прямого коротковолнового солнечного излучения, зато она отражает тепловое излучение поверхности Земли, резко снижая потери тепла в космическое пространство. Как следствие, климат Земли приобрел новые черты. Теперь он характеризуется не только общим повышением температуры, но также снижением сезонной контрастности и, что самое главное, выравниванием температурного фона в различных широтах. Широтная температурная зональность, в обычных условиях контролируемая, в первую очередь, распределением водных и воздушных масс, рельефом и рядом других факторов, сглаживается за счет парникового эффекта. Углекислота играет роль своеобразной полиэтиленовой пленки, накрывшей всю Землю.

Установление парникового режима в атмосфере сопровождалось повышением влажности – явлением, хорошо знакомым каждому, кто побывал в теплице, и, следовательно, увеличением годовой суммы осадков. Это еще один позитивный фактор в формировании пышной растительности в виде влажных субтропических и тропических лесов, широко распространившихся в эоцене в умеренных и даже высоких широтах. Об этом свидетельствует таксономический состав соответствующих ископаемых флор, характеризующихся даже в арктических районах присутствием растений из родов, входящих в настоящее время в состав влажных субтропических и тропических лесов [5, 26]. Максимально благоприятный набор климатических параметров, более известный как климатический оптимум, проявился в палеогене, а пик его пришелся по различным оценкам на ранний–средний эоцен. Именно палеогеновая эпоха характеризуется максимальным в кайнозойе масштабом торфо- и углеобразования. В частности, в Приморье с ней связаны основные месторождения бурых углей различных марок. Следует отметить еще один положительный момент, повлиявший на расцвет растительности. Он обусловлен эдафическим фактором – созданием плодородного почвенного слоя за счет продуктов разложения вулканического пепла. Таким образом, в эоцене сложилась сумма благоприятных обстоятельств для взрывообразного повышения продуктивности растительной биомассы.

В таком объеме она не могла быть потреблена растительноядными животными (большинство их наиболее крупных представителей, как известно, не перешло мел-палеогеновый рубеж). Считается [25], что эту границу не преодолел ни один вид

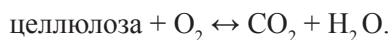
с массой тела взрослой особи более 20–25 кг. Главные потребители растительной пищи – гигантские динозавры – вымерли еще до рубежа мел–палеоген.

Рост продуктивности растительной биомассы сопровождался соответствующим увеличением объема мортмассы за счет отмирания растений или их органов в ходе сезонного или жизненного циклов. Однако сам по себе этот фактор не мог обусловить переход мортмассы в ископаемое состояние с последующим образованием угля. Ведь в настоящее время, например, в тропических лесах бассейна Амазонки, существуют условия, близкие к тем, которые господствовали в эоценовых лесах, но там не отмечены процессы углеобразования в отложениях четвертичного периода. В чем причина этого? Для лучшего понимания ее обратимся к знакомому большинству хозяйственных людей процессу консервации овощей в домашней обстановке.

Для удачного консервирования необходимо сырье, посуда и условия, препятствующие контакту овощей с кислородом после закрытия банки. В качестве консерванта используется соль. Для торфо- и углеобразования в палеогене именно такие условия и сложились. Исходного материала-сырья было вполне достаточно, необходимые емкости для накопления мортмассы в виде депрессионных структур-впадин тоже образовались в результате тектонической активизации, которая была обусловлена не только вертикальными перемещениями геоблоков, но и сдвиговыми деформациями [19].

Поскольку годовая сумма осадков была достаточно велика, региональный уровень грунтовых вод оставался высоким, и пониженные депрессионные участки оказались в состоянии переувлажнения и заболачивания, что создало благоприятные условия для накопления и складирования мортмассы. Оставалось только перевести ее в законсервированное состояние для последующего преобразования и практически неограниченного хранения. Почему же это реализовалось в палеогене и не производится, например, в настоящее время.

Для ответа на этот вопрос вспомним, что основной растительной мортмассы является целлюлоза. Последняя после отмирания растения подвергается медленному окислению в атмосфере с образованием конечных продуктов с ведущей ролью углекислоты и воды, согласно известной из школьного учебника реакции:



Данная реакция, как и большинство других, является обратимой (в широком понимании этого термина), причем обратный вариант реализуется только в растениях. В прямом направлении интенсивность ее протекания будет определяться концентрацией конечных продуктов по химическому закону, известному как принцип Ле Шателье [7]. Следовательно, если содержание углекислоты в атмосфере достаточно высоко, реакция может быть заблокирована, и тогда накопившаяся мортмасса переходит в квазистабильное состояние. При последующем захоронении торфяной залежи осадками в ней развиваются процессы медленного векового преобразования мортмассы в угольный пласт. Любопытно, что процессы углефикации развиваются не только в погребенных торфяных массивах, ему подвержены и небольшие фрагменты древесины, и даже листья, заключенные в массе осадочной породы. У последних эпидермис сохраняется в виде углистой пленки, используемой, кстати, палеоботаниками для изучения клеточного строения листа. В этом преобразовании, возможно, определенную роль играет повышенный тепловой и флюидный потоки из недр Земли вдоль зон тектонических нарушений, обрамляющих впадину, а также деятельность микроорганизмов.

По мере изъятия CO_2 из атмосферы и увеличения доли в ней кислорода ситуация меняется в сторону неблагоприятную для торфо- и угленакопления. Это связано с постепенным разрушением защитной «углекислого газовой пленки», обеспечивающей тепличный эффект, что приводит к общему, фоновому, снижению средних годовых температур и восстановлению широтной зональности. Леса субтропического и тропического облика сохраняются лишь в низких, приэкваториальных широтах, где процессы углеобразования еще продолжаются и в неогене, но уже в угнетенной, ослабленной форме, ибо значительная часть мортмассы подвергается окислению, согласно вышеприведенной химической реакции.

Предложенная модель не противоречит наблюдаемому в отдельных частных разрезах чередованию угольных пластов со слоями туффов и туфов. Выше отмечалось, что вулканизм в палеогене не прекращался абсолютно и повсеместно, он проявлялся локально и эпизодически, как и в настоящее время, просто масштабы его не сопоставимы с прежними, характеризующими (в данном контексте) позднемеловую эпоху. Ничего необычного нет в том, что вблизи эпизодически действовавших вулканических аппаратов торфяные залежи и древесина могли погребаться практически мгновенно под слоем вулканического пепла и в последующем углефицироваться с образованием непромышленных залежей или мелких месторождений.

Таким образом, согласно предложенной модели, между ареальным эксплозивным вулканизмом и углеобразованием существует корреляционная связь, но она носит опосредованный характер. В эпоху активного глобального вулканизма создаются необходимые предпосылки для последующего столь же масштабного углеобразования.

Естественно возникает вопрос, а не является ли сформулированная связь случайным совпадением? На генетический характер связи между двумя процессами указывает их повторяемость в геологической истории Земли. Предшествующая позднему мелу позднеюрско-раннемеловая эпоха отличалась спадом вулканической активности и масштабным угленакоплением, проявившимся даже в арктических широтах. В Приморье с этой эпохой связаны промышленные угольные месторождения, приуроченные к нижнемеловому комплексу (Партизанский, Липовецкий и Раздольненский угленосные бассейны). В Южной Якутии в это время образовались уникальные каменноугольные месторождения, приуроченные к тектоническим впадинам северного подножья Станового хребта. На северо-востоке России активное угленакопление происходило в Зырянском бассейне. Следует заметить, что на факт чередования в общем разрезе осадочной оболочки литосферы угленосных и пестроцветных формаций, почти не содержащих растительных остатков, обращалось внимание ранее, причем по отношению к более древним эпохам геологической истории [17].

Анализ известных материалов по истории биосферы Земли позволяет оценить роль ареального вулканизма в решении проблемы массового вымирания высокоранговых групп биоты, в частности раскрытия загадки исчезновения динозавров вблизи мел-палеогенового рубежа. В настоящее время этой проблеме уделяется большое внимание. Она вызывает интерес не только у специалистов, но и у широкой публики; у последней – благодаря главным образом серии познавательных фильмов, созданных в Голливуде.

Известно немало гипотез, в которых предпринимаются попытки найти убедительные причины вымирания до того процветающих и высокоорганизованных групп тетрапод на суше, дополненного не менее впечатляющим масштабным вымиранием

ем в морях. Так, в конце поздне меловой эпохи исчезли такие крупные группы морских животных, как аммониты, белемниты, иноцерамы, многие семейства утратили большую часть родов [21]. Это наводит на мысль, что причина такой катастрофы была глобальной, затронувшей в той или иной мере всю биосферу Земли. Среди абиогенных причин наибольшую популярность приобрела гипотеза столкновения Земли с крупным астероидом [23]. Обнаружено вероятное место его падения (п-ов Юкатан в Центральной Америке). Предполагается, что состав этого небесного тела отличался высоким содержанием иридия – элемента, характерного для внутренних оболочек планет. С его разрушением связано образование в осадочной толще так называемого иридиевого слоя, который принят в качестве репера для трассирования мел-палеогеновой границы.

Согласно [23], катастрофические события, вызванные падением столь крупного небесного тела, сопровождались выделением колоссального количества энергии и привели к невиданному нагреву атмосферы, массовым лесным пожарам, спровоцировали цунами фантастических масштабов, что и определило судьбу динозавров. Эта гипотеза, особенно привлекательная для широкой публики и авторов фантастических фильмов, увы, не дает ответа на вопрос, почему в пламени мелового «армагеддона» сгорели (в прямом смысле) одни группы животных, но уцелели другие, в том числе из класса рептилий, а растительный мир вообще слабо отреагировал на нее. Это следует из материалов изучения ископаемых флор в интервале вблизи мел-палеогеновой границы. Более того, выяснилось, что финальная стадия вымирания динозавров (рубеж раннего-позднего маастрихта – терминального верхнемелового геологического яруса) [20] несколько предшествовала «армагеддону», т.е. динозаврам не довелось быть его свидетелями.

Не отвергая возможную связь иридиевого слоя с импактным событием и влияния последнего на биосферу района его предполагаемого проявления, мы придерживаемся той точки зрения, что причины вымирания определялись комплексом факторов биотических и абиотических. Среди последних весьма значимую роль играли вулканические процессы, в первую очередь масштабные эксплозивные извержения, которые охватывали целые регионы на протяжении длительного времени. К тому же установлено, что иридиевые аномалии могут быть и результатом вулканических извержений [27, 13]. Одним из слабых мест импактно-иридиевой гипотезы является также наличие не одной, а нескольких иридиевых аномалий в разрезах пограничных мел-палеогеновых отложений [14], интервал между которыми составляет миллионы лет, что свидетельствует, скорее, об активизации вулканизма, поскольку такая периодичность крупных импактных событий маловероятна.

Итак, численность рептилий, среди которых динозавры играли ведущую роль, выросла в предыдущую, благоприятную, эпоху с обилием растительной пищи как базового элемента трофической цепи. Это явление хорошо знакомо биологам, изучающим текущую динамику численности популяций животных на конкретной территории. Для массового видообразования и обновления динозавровой фауны не было внешних причин. Но затем пришли трудные времена, они выразились в том, что принято называть системным кризисом. В чем он проявился?

Как следует из вышеизложенного, общее снижение температуры на фоне ксерофитизации климата и проблемы с фотосинтезом, вызванное резким уменьшением прозрачности атмосферы и, как следствие, падением приходной составляющей теплового баланса, негативно сказалось на продуктивности растительной биомассы.

Ее, образно говоря, стало не хватать на всех. Первыми, вероятно, пострадали растительноядные животные, особенно крупные. Это, естественно, не могло не отразиться и на плотоядных. Такая ситуация хорошо известна биологам, когда проблемы, возникшие в основании трофической цепи, приводят к ее деформациям во всех звеньях. В последующие урожайные годы численность популяций и структура биоценоза обычно быстро восстанавливаются. Однако во время рассматриваемого кризиса шансы для такого восстановления были невелики, ибо «неурожайные» годы стали перманентным явлением. В этом проявилась первая составляющая кризиса.

Вторая составляющая связана со спецификой энергетики рептилий. Как известно [16], при снижении температуры до $+6-8^{\circ}$ на длительный срок рептилии утрачивают активность и даже перестают двигаться. Для активности им необходима регулярная подзарядка энергией. В качестве таковой они используют обычно прямое солнечное излучение. Снижение уровня солнечной радиации, достигавшей земной поверхности, имело катастрофические последствия, прежде всего в плане репродуктивных возможностей, и не только для родителей, но и для их будущего потомства. Рептилии, будучи холоднокровными животными, не обеспечивают инкубацию зародышей за счет тепла своего тела, а передоверяют ее естественному источнику – солнечному. В условиях снижения уровня солнечной радиации возможности полноценной инкубации становятся проблематичными.

Можно предположить, что рептилии, обладая относительно высоким уровнем интеллекта и достаточно точными биологическими термометрами, пытаясь найти выход, откладывали яйца неглубоко от поверхности. Однако в этом случае яйца могли легко привлечь внимание мелких млекопитающих, которые не испытывали столь сильных стрессовых состояний, как их основные конкуренты в биоценозах. Такие яйца могли быть легко откопаны и съедены.

В результате вышеперечисленных причин динозавры как таксономическая группа оказались под прессом комплекса негативных условий. Численность их популяции неотвратимо сокращалась. Когда тренды всех неблагоприятных факторов сошлись в узком временном интервале (точке перехода), процесс приобрел лавинообразный характер, и популяция «схлопнулась». Последние ее представители, видимо, группировались вблизи водоемов, где еще была пища. Там же оказались и необходимые тафономические условия для захоронения их остатков. Возможно, что именно так «угасла звезда» динозавров – одного из самых «романтических» компонентов биосферы прошлого Земли.

Критически настроенный читатель вправе спросить: а как же быть с другими рептилиями, ведь ныне эта группа насчитывает многие сотни видов? Как же им удалось пережить кризис? Здесь следует напомнить, что начавшийся позднемеловой экологический кризис обусловил высокие темпы обновления фауны рептилий, при этом количество новых таксонов-видов было таким же значительным, как и количество вымиравших. Согласно В. А. Красилову [11], процесс в биосистеме вначале носил когерентный, согласованный характер, а в финале кризиса перешел в стадию некогерентного, хаотичного. Некоторым видам из класса рептилий «повезло»: им удалось пережить катастрофу за счет перехода на иной источник энергии. Таким источником, вероятно, послужило внутреннее тепло в районах активного вулканизма, столь характерного для позднемелового периода. Они использовали этот источник и для подзарядки энергией, и для создания нормальных инкубационных условий для потомства. Выше уже отмечалось, что мел-палеогеновый рубеж перешли мелкие

животные, включая рептилий. Последние могли приспособиться к неблагоприятным сезонам в годовом цикле, впадая в состояние анабиоза. Переход к относительно более комфортным условиям последующего палеогенового периода стимулировал рост численности популяций, а разнообразие экологических ниш, освободившихся от «родственников-неудачников», способствовало активному видообразованию и расселению.

Что же происходило на морях, где события развивались по не менее трагическому сценарию. Как известно, в морях основание трофической цепи формируют водоросли в полосе литорали и фитопланктон, служащие кормом для многих морских обитателей-вегетарианцев, которые в свою очередь являются источником пищи для плотоядных. Снижение уровня солнечной радиации поразило основание морской трофической пирамиды с аналогичными результатами, а осушение шельфового мелководья в результате регрессии усугубило ситуацию.

Многие группы животных, лишённые привычного питания и среды обитания и воспроизводства, не смогли приспособиться к новым условиям и пережить кризис, другие утратили довольно весомые составляющие своего таксономического спектра.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Эпохи активного вулканизма в геологической истории чередуются с эпохами масштабного угленакопления.

2. «Вспышки» углегенеза обусловлены благоприятными условиями, подготовленными предшествующим вулканизмом (высокая концентрация CO_2 в атмосфере, парниковый эффект, повышенный тепловой и флюидный поствулканический поток в пределах депрессионных тектонических структур).

3. Одним из основных факторов в вымирании динозавров вблизи рубежа мезозоя–кайнозоя было катастрофическое уменьшение прямой солнечной радиации, вызванное перманентным длительным вулканическим задымлением атмосферы, что затруднило фотосинтез, а наступившее похолодание в значительной степени снизило двигательную активность рептилий и, главное, затруднило возможности инкубации зародышей.

Литература

1. Алисов Б. П., Полтараус Б. В. Климатология. М.: Изд-во МГУ, 1974. 300 с.
2. Белый В. Ф. Формации и тектоника Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Наука, 1978. 213 с.
3. Бгатов В. И., Романова Э. Е. Теплые земли // Разведка и охрана недр. 1989. № 7. С. 34–37.
4. Большое трещинное Толбачинское извержение. М.: Наука, 1984. 646 с.
5. Буданцев Л. Ю. Реконструкция кайнозойских климатов на востоке Северной Азии по палеоботаническим данным // Бот. журн. 1999. Т. 84, № 1. С. 36–45.
6. Ван А. В. Вулканизм и угленакопление // Вопр. литологии Сибири. 1973. Новосибирск. С. 14–21.
7. Глинка Н. Л. Общая химия. Л.: Химия, 1980. 719 с.
8. Желинский В. М., Корнет В. Н. Мезозойский вулканизм и формирование мощных угольных пластов в Южной Якутии // Геология угольных месторождений. Екатеринбург: УГГТА, 1995. С. 124–135.
9. Комаров Ю. В., Белый В. Ф., Быковская М. Л., Гельман М. Л., Ломизе М. Г., Масайтис В. Л., Нагибина М. С., Феоктистов Г. Д. Мезозойский вулканизм в истории Земли // Эволюция вулканизма в истории Земли. М.: Наука, 1974. 448 с.
10. Красилов В. А. Цагайская флора Амурской области. М.: Наука, 1976. 91 с.
11. Красилов В. А. Меловой период. Эволюция земной коры и биосферы. М.: Наука, 1985. 240 с.

12. *Мархинин Е. К.* Вулканизм. М.: Недра, 1985. 288 с.
13. *Мелекесцев И. В.* Вулканизм как альтернатива космической катастрофы // *Природа*. 1988. № 1. С. 73–81.
14. *Неручев С. Г.* Глобальные геохимические аномалии и биосферные кризисы // *Природа*. 1986. № 1. С. 65–66.
15. *Сахно В. Г.* Позднемезозойско-кайнозойский континентальный вулканизм Востока Азии. Владивосток: Дальнаука, 2002. 336 с.
16. *Синицын В. М.* Палеогеография Азии. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 268 с.
17. *Сочава А. В., Гликман Л. С.* Циклические изменения содержания свободного кислорода в атмосфере и эволюция // Матер. эволюционного семинара. Владивосток, 1973. С. 68–86.
18. *Страхов Н. М.* Основы теории литогенеза. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 574 с.
19. *Уткин В. П., Седых А. К.* Геодинамика формирования структур угольных месторождений (на примере Приморья) // Докл. АН СССР. 1984. Т. 278, № 5. С. 1199–1204.
20. Флора и динозавры на границе мела и палеогена Зейско-Буреинского бассейна / Ред. Е. В. Бугдаева. Владивосток: Дальнаука, 2001. 162 с.
21. *Шиманский В. Н., Соловьев А. Н.* Рубеж мезозоя и кайнозоя в развитии органического мира. М.: Наука, 1982. 40 с.
22. *Чумаков Н. М.* Крупные климатические колебания и тектонические процессы // Тр. ГИН. 2004. Вып. 565. С. 532–545.
23. *Alvarez L. W., Alvarez W., Asaro F., Michel H. V.* Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction // *Science*. 1980. Vol. 208. P. 1095–1108.
24. *Haq B. U., Hardenbol J., Vail P. R.* Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic // *Science*. 1987. Vol. 235. P. 1156–1167.
25. *Russel D. A.* The biotic crisis at the end Crataceous period // *Syllogus*. 1976. № 12. P. 11–23.
26. *Wolfe J. A.* Paleogene Floras from the Gulf of Alaska Region // *Geol. Surv. Prof. Pap.* 1977. № 997. P. 1–108.
27. *Zoller W. H., Parrington J. R., Kotra J. M. P.* Iridium Enrichment in airborne particles from Kilauea volcano: January 1983 // *Science*. 1983. Vol. 222. P. 1118–1120.