

7

Астероид ли обрушил «империю динозавров»?

П. В. Пучков

Коронный довод современных катастрофистов – «доказанный факт» мгновенного вымирания динозавров и многих других позднемеловых форм вследствие удара космического болида. Утверждается, что болид диаметром 10 км, упав в море в районе нынешней границы Юкатана с Мексиканским заливом, взорвался с силой от 1 до 10 миллиардов «хиросим», то есть бомб, уничтоживших Хиросиму. Теперь даже дошкольники знают, что динозавров убил астероид, освободив Землю для млекопитающих. Но действительно ли это «доказанный факт» или подменяющий его штамп, «вколотенный» в массовое сознание? В статье исследуются аспекты этой гипотезы. Как импактная (астероидная) гипотеза, так и остальные объяснения вымирания динозавров несостоятельны в своем нынешнем виде. Это одна из причин доминирования импакт-модели позднемеловых вымираний в массовом сознании: она дает видимость простого решения сложных проблем.

Ключевые слова: Чиксулубский импакт, позднемеловый кризис, несостоятельность импакт-модели, экосистемная роль динозавров, катастрофизм, градуализм.

Для всякой сложной проблемы есть решение простое, ясное и... в корне неверное.

*(Дональд Р. Протеро,
американский палеонтолог)*

1. Введение. Современный катастрофизм и его коронный довод

Современная ипостась катастрофизма – идея решающей роли глобальных катаклизмов в эволюции жизни. Будучи маргинальной до 1970-х гг., затем она обрела бешеную популярность, превратившись почти в парадигму применительно к таким эпохальным событиям, как гибель вендобионтов и Кембрийский взрыв биоразнообразия, «великие вымирания» финального ордовика, позднего девона, финальной перми и финального мела. Дескать, катаклизмы – инструмент «его величества случая». Разрушая сложившиеся сообщества, убирая их доминантов, они расчищают поле

эволюции случайно выжившим париям прежних биомов. Коронный довод современных катастрофистов – «доказанный факт» мгновенного вымирания динозавров и многих других позднемеловых форм вследствие удара космического болида. Теперь даже дошкольники точно знают, что динозавров убил астероид, освободив Землю для млекопитающих. Но действительно ли это «доказанный факт» или подменяющий его штамп, «вколоченный» в массовое сознание?

Ниже используются необщепринятые термины: «импакт» – удар о Землю астероида или кометы; «*К/Т-рубеж*» («*К/Т-граница*») – рубеж мела и кайнозоя (точнее, маастрихта и дания) – около 66/65 млн л. н.; «изохронность» – геологическая одновременность событий, не обязательно одновременных в астрономическом измерении; «К/Т-импакт» – импакт, изохронный рубежу мела и кайнозоя; «К/Т-разрез» – разрез со слоем, изохронным переходу от мела к кайнозою; «ужастикомания» – страсть к катастрофическим сценариям массовых вымираний, вынуждающая игнорировать «неудобные» факты; «ужастикоманы» – радикальные сторонники современного катастрофизма. Isochronность Чиксулубского (Юкатанского) импакта мел-палеоценовому рубежу не означает, что импакт был основной причиной кризиса меловых экосистем и масштабных вымираний позднемеловой биоты. Геологические, геохимические и геофизические данные сами по себе не позволяют решить, был ли этот катаклизм всемирным или только региональным. Однако выживание многих представителей растений, беспозвоночных, рыб, амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих исключает возможность приписываемых импакту длительных глобальных бедствий. Эти существа не выжили бы в случае тотального затмения, прекращения фотосинтеза, «инфракрасного», «термоядерного», «метанового», «серного» тепловых шоков, всепланетного пожара, «импактной зимы», обильных кислотных дождей, всеобщего отравления сухопутных и водных сред обитания.

Несостоятельны и частные гипотезы, пытающиеся примирить факт выживания этих существ с идеей всемирного катаклизма. Их выживание совместимо лишь с допущением много меньшего размаха импактных бедствий, неизбирательно уничтоживших высшую жизнь даже не по всему югу Северной Америки и лишь в части прилегающих к ней морей. Бездоказательны и допущения, что вымершие группы всюду исчезли в результате глобальных импактных воздействий меньшей силы, переносимых для выживших существ. В частности, динозавры и птерозавры не испытывали квазивымираний, изохронных таким крупным импактам, как Маникуаганский (верхний триас), Пучеж-Катунский (нижняя юра), Мороквенгский (верхняя юра) и Долуньский (верхний мел), что противоречит идее их большей уязвимости к эффектам импактов сравнительно с прочими позвоночными. Вымирания знаковых форм меловой биоты были длительным многофазным процессом, следствием перестроек сообществ под воздействием различных био- и абиотических факторов. Многие формы пришли в упадок или вымерли до Чиксулубского импакта, другие исчезли

изохронно ему, третьи – пережили его и угасли уже в палеоцене, как последние аммониты и динозавры, или даже позже. Механизм кризиса, однако, не выяснен, поскольку неясны ключевые взаимодействия в меловых сообществах, важнейшие аспекты их функционирования. Гигантские растительноядные динозавры формировали растительность своим выпасом и прочей активностью. Они во многом определяли потоки веществ и энергии в экосистемах, а возможно, и в биосфере в целом. Их вымирание не могло не повлечь радикальной перестройки основных сухопутных сообществ. Не исключено, что эти изменения (смыкание лесов, повлекшее различные биотические, геохимические, климатические изменения, а также изменения характера стока в водоемы), весьма повлияли и на морские экосистемы. Возможно, вымирание самих растительноядных динозавров было обусловлено усилением истребления их яиц и детенышей млекопитающими и/или другими пожирателями, хотя на данном этапе эта давняя гипотеза недоказуема. И остальные объяснения вымирания динозавров несостоятельны в своем нынешнем виде. Это одна из причин доминирования импакт-модели поздне меловых вымираний в массовом сознании: она дает видимость простого решения сложных проблем.

2. Импакт-модель кризиса финального мела...

Это учение называют еще «астероидной моделью гибели динозавров» и «моделью Альвареса» в честь Луиса Альвареса, главы разработавшей ее в 1970-х гг. команды ученых. С тех пор парадигма дополнилась рядом деталей.

Утверждается, что болид диаметром 10 км, упав в море в районе нынешней границы Юкатана с Мексиканским заливом, взорвался с силой от 1 до 10 миллиардов «хиросим», то есть бомб, уничтоживших Хиросиму. Взрыв был то ли в 1000 (Hildebrand, Boynton 1991), то ли в 10 000 раз сильнее одновременного взрыва ядерного боезапаса всех стран мира (Alvarez 1983; Gould 1994). Мегацунами смело все живое в Техасе. Раскаленные камни били ящеров вплоть до Монтаны. Ураганы перегретого воздуха с паром катали и ошпаривали динозавров на всех островах и континентах планеты. (Вариант: ящеров швыряли землетрясения силой «в миллион раз большей, чем у сильнейших известных в истории» [Dingus, Rowe 1998: 95]). Всюду ревели разбуженные импактом вулканы, вспыхнули отложения серы. Их выхлопы смешались с распорошенным астероидом гипсом морского дна, паром перегретого моря и сажей горящих лесов, вспыхнувших сразу или почти сразу на всех континентах. Все вместе это дало адскую смесь серной, угольной, азотной и прочих кислот, что вызвало многодневные ливни по всей планете (Leakey, Lewin 1997; Ward 1998). (Вариант: несколько месяцев везде лилась крепкая азотная кислота, возникшая в результате вторжения кометных газов [цит. по: Татаринцов 1987].) Кислоты отравили почвы, пресные и морские воды, растворяя в них известь раковин и панцири раков, моллюсков, кораллов, фо-

раминифер, кокколитофорид. Сгорели леса, но вулканы выбрасывали все новую пыль взамен оседавшей с кислотными ливнями. А густая мельчайшая пыль, изначально поднявшаяся в стратосферу над облаками, закрыла солнце, вызвав крошечную тьму, глобально прервавшую фотосинтез на 3–6 месяцев (Alvarez 1983), или на 0,5–2 года (Robertson *et al.* 2013b), или на 3 года (Alvarez *et al.* 1980), либо даже на тысячу лет. В результате тьмы вместо начального подогрева воздуха на 10 °С всюду настала зима; морозы в –18 °С (цит. по: Alvarez 1983: 636) достигли экватора. Вместе с засухой, наступившей после кислотных дождей, они уничтожили остатки растений. Оставшиеся после взрыва динозавры погибли от удушья (появилось много ядовитых газов, было мало кислорода: прежний сожгли пожары, а новый не образовался из-за отсутствия фотосинтеза), отравления пищей и водой, голода и холода. Их яйца спеклись, замерзли, растеклись от растворения скорлупы кислотой (Leakey, Lewin 1997; Ward 1998). (Варианты: добывать было некого; то ли «хиросим» взрыва хватило, чтобы за время от 2 до 20 часов нагреть инфракрасными лучами атмосферу и поверхность всей суши словно жаровню [Robertson *et al.* 2004; 2013a]), то ли болид пробил дно и выпустил весь поддонный метан; газ вспыхнул от молний и ящеры сгорели при 1000 °С в горелке величиной с тропосферу [цит. по: Norris 1999]). Крокодилы и черепахи отсиделись в воде, звери, змеи и ящерицы – в норах. Потом звери жили, поедая то трупы ящеров, то улиток, тараканов и многоножек в детрите. Наконец пыль осела иридиевым прослоем, показалось солнце, уцелевшие споры и семена проросли, и началась кайнозойская эра. Флора заполнила землю, но отравление вод, почвы и растений еще тысячи лет убивало живое (см., например: Alvarez *et al.* 1980; Alvarez 1983; 2008; Wolbach *et al.* 1985; Гулд 1986; Gould 1992; 1994; Hildebrand, Boynton 1991; Raup 1993; Leakey, Lewin 1997; Chatterjee 1997; Ward 1998; Robertson *et al.* 2004; 2013a; 2013b).

«Страшно, аж жуть...» Тем более что авторы вышеприведенных работ – солидные геологи, палеонтологи, физики...

3. ...и ее «экспериментальные доказательства»

Луис Альварес назвал свою статью «Экспериментальные доказательства вымирания многих видов от астероидного импакта 65 миллионов лет назад» (Alvarez 1983: 627). Не все согласны, что анализ слоев «методом нейтронной активации в поисках иридия» и подсчеты в них числа спор и зерен пыльцы (*Ibid.*: 629, 634–635) суть «экспериментальные доказательства» механизма давних вымираний. Тем не менее в слоях рубежа маастрихта и дания (далее – *К/Т-рубежа*) следы *импакта* бесспорны. Это: а) гигантский кратер Чиксулуб на Юкатане; б) прослой, где много иридия (в разных местах от 3 до 2200 раз больше нормы), осмия, платины во многих точках Земли; в) под этим прослоем на Кубе, Гаити и юге США обнаружены тектиты (стекловидные застывшие брызги расплавленных пород) и «битые» зерна кварца (*shocked quartz*); г) валы булыжников от мощней-

шего цунами на юге США. Возраст импакта – от 66 до 65 млн л. н. по разным оценкам (см., например: Alvarez *et. al.* 1980; Alvarez 1983; Гулд 1986; Gould 1992; 1994; Hildebrand, Boynton 1991; Raup 1993; Leakey, Lewin 1997; Ward 1998).

4. Доказывает ли факт импакта импактную теорию вымираний?

Стивен Гулд стыдил коллег, которые «не приветствуют такую интересную теорию <...> Л. Альвареса, нобелевского лауреата, работавшего над бомбою, уничтожившей Хиросиму», не желают оценить роль «случая и непредсказуемости в эволюции», ощутить прелесть «случайного удара из космоса 65,3 млн л. н., без которого не было бы ни вымирания динозавров, ни доминирования млекопитающих, ни человека». Л. Альварес показал им «со знанием дела», что взрыв был «в 10 тыс. раз сильнее единовременного взрыва всего имеющегося ядерного оружия», а эти догматики, верные «униформизму Ляйеля», зачем-то доказывают, «что болид поразил Землю, когда вымирание» и так «происходило по иным, неизвестным причинам», негодует ученый (Gould 1994: 9–10).

Любопытно, как отнеслись бы историки к автору, сводящему всю суть Второй мировой войны лишь к атомным бомбардировкам Хиросимы и Нагасаки? Списывающему на них потери всех стран начиная с 1939 г., отрицающему, что Германия и ее сателлиты капитулировали до этих бомбардировок, а у Японии и так уже не было надежд на победу? Признали бы они его правоту оттого, что две атомные бомбы впрямь были сброшены, а тысячей таких бомб теоретически можно убить за день больше народу, чем было убито за всю войну обычным оружием?

Логика катастрофистов именно такова: раз *импакт* был, не ищите других причин вымираний! Непонятно только, как взрыв, «в 10 тыс. раз сильнее взрыва всего имеющегося ядерного оружия», не погубил наряду с динозаврами всю высшую жизнь...

Но импактную теорию придется принять, если верны следующие основанные на ее внутренней логике постулаты. 1) Не только финально-меловой, но и прочие большие импакты мезозоя и кайнозоя изохронны большим вымираниям. 2) Все гигантские и крупные вымирания сопровождались резким повышением содержания иридия в изохронных им слоях. 3) Убедительно доказаны глобальные размах и мощь постулируемых импактной теорией бедствий (см. раздел 2), исключавшие возможность выживания динозавров и прочих широко распространенных вымерших групп. 4) Выжившие существа в отличие от вымерших обладали свойствами, надежно защищавшими их от всех губительных эффектов импакта. 5) Все или большинство знаковых форм мелового периода вымерли изохронно с импактом, а не раньше или позже его. 6) Никакая другая концепция не объясняет особенности поздне-меловых вымираний лучше импакт-модели.

5. Все ли ясно с импактами, иридием и мировым пожаром?

5.1. Почему другие большие импакты кайнозоя и мезозоя не вызвали больших вымираний?

Потому что Чиксулубский импакт, оставивший кратер диаметром 300 км, вызвал катаклизм уникальной мощи, как заявляют катастрофисты (см., например: Ward 1998). Но уточнение внешнего диаметра Чиксулуба показало, что он равен 140–170 км: точнее оценить сложно из-за эрозии (Keller 2005). Это уже сопоставимо с мощностью взрывов от Попигайского (Таймыр, кратер 100–110 км) и Чесапикского (восток США, кратер 85–95 км) болидов, упавших, по уточненным данным, 36/35 млн л. н. внутри шондронского века позднего эоцена. Весьма вероятно, что это обломки одного астероида, поразившие Землю одновременно. Если К/Т-импакт – причина гигантских вымираний у *К/Т-границы*, то и эти два удара дали бы вымирания сходного масштаба. Но они, вопреки неправдивым заявлениям катастрофистов (см., например: Alvarez 1983; 2003), не изохронны существенным вымираниям ни на суше, ни в море (Prothero 2004; Keller 2005). Идея, что живность позднего эоцена, состоявшая из потомков существ, переживших К/Т-импакт, еще не утратила стойкости к пагубным эффектам импакта (Ward 1998), сомнительна ввиду длительности (30 млн лет!) промежутка между Чиксулубским и Попигай-Чесапикским импактами.

Может, динозавры отличались особой нестойкостью к эффектам импактов? Идея имела бы право на существование, если бы каждый большой импакт внутри мезозоя был изохронен почти полному вымиранию динозавров, кроме самых мелких, из которых вырастала бы новая династия исполинов. Найдены следы четырех могучих внутримезозойских болидов – Долуньского (Монголия, кратер 70 км, готеривский или барремский век нижнего мела, около 132/129 млн л. н.), Мороквенгского (ЮАР, кратер 70 км, титонский век верхней юры, около 145 млн л. н.), Пучеж-Катунского (близ Нижнего Новгорода, кратер 80 км, батский век средней юры, около 167 млн л. н.) и Маникуганского (Квебек, кратер 100 км, норийский век верхнего триаса). Но никакого квазивымирания динозавров (и птерозавров) не происходило ни внутри, ни у верхних границ нория, бата, титона, готерива, баррема: одни виды и роды гигантов сменялись другими (Paul 1989; Bakker 1990; Prothero 2009). А крупные вымирания нединозавровых рептилий в позднем триасе были растянуты и компенсировались умножением динозавров (Bakker 1990; Prothero 2009). К тому же статистически невероятно, что обнаружены следы всех внутримезозойских мегаимпактов: большинство их наверняка скрыто на морском дне или ушло в мантию в ходе субдукции (Paul 1989). Если субдукция «съела» около 20 % земной коры, имевшейся 65 млн л. н. (Alvarez 1983: 639), то вероятность поглощения ею следов мезозойских мегаимпактов еще выше. Если так, то тем более странно, что динозавры не были сметены импактами за 160 млн лет своего процветания...

5.2. Может, дело в иридии?

Л. Альварес, объявив богатую иридием К/Т-пограничную глину «экспериментальным доказательством» импактной гибели динозавров, заявил: «Джентльмены, отнеситесь к иридиевому слою серьезно: вот он!» (Alvarez 1983: 642). Но сам же (*Ibid.*: 633) отметил отсутствие «лишнего» иридия в пограничной пермо-триасовой глине, изохронной пермо-триасовым вымираниям, еще более опустошительным, чем мелпалеоценовые. Выяснилось, что обогащенные иридием слои то изохронны большим вымираниям (верхние рубежи кембрия, ордовика и мела, поздний девон), то не изохронны им (верхние рубежи силура и триаса, сеноман в середине мела, палеоцен, верхний эоцен, нижний олигоцен и плейстоцен). С другой стороны, крупные вымирания в среднем кембрии, верхнем, но не финальном силуре (лудлов), среднем карбоне (серпухов), верхнем, но не финальном триасе (рэт/норий), а также гигантские вымирания в средней (маокуан) и финальной (чансиний) перми не изохронны обогащению слоев иридием (Keller 2005: 727). Иридий поступает не только с метеоритами (не с любыми), но и с космической пылью (включая кометную), и с продуктами извержений. Вовсе не очевидно, какой из этих источников внес наибольший вклад в обогащение иридием слоев как *К/Т-рубежа*, так и остальных времен (см., например: Красилов 2001; Keller 2005). Перефразируя Л. Альвареса, скажем: «Господа и дамы, вопрос с иридием слишком запутан, чтобы подтверждать импакт-модель гибели динозавров!»

5.3. Отлучение иридия от импакта?

Бурение кратера Чиксулуб (скважина Яскопойл 1) показало, что скопление импактной брекчии отделено здесь от иридиевого прослоя и отложенной фазы «планктонного шока» (см. раздел 10.2) слоем нормальных известковых морских осадков, формировавшихся в спокойной воде около 300 тыс. лет (Keller 2003; 2005; Keller *et al.* 2003). А на северо-востоке Мексики выше и ниже чиксулубского импакт-слоя одни и те же донные беспозвоночные и тот же планктон: ни **один** вид не вымер! (*Ibid.*). Катастрофисты предположили, что эти осадки – след импактных цунами, перемешавших последовательность слоев (Smit 2003). Но Герта Келлер с коллегами доказали, что толщи не нарушены и накапливались на мелководьях приливно-отливной зоны и в более глубокой спокойной воде в течение 200–300 тысячелетий до иридиевого прослоя (Keller 2003; 2004; 2005; Keller *et al.* 2003; 2004). Это в других местах, где иридиевый прослой лежит на тектитах и вместе с ними, были крупные перерывы осадконакопления, размывы и переотложение окатанных тектитов, вымытых из импактного слоя (*Ibid.*; Schultz 2003; Rincon 2004; Cairns 2006; Dybas 2009). То есть между Чиксулубским импактом и образованием иридиевого прослоя прошло много тысяч «спокойных» лет. Предполагаемые следы цунами в Бразос (Техас) оказались *темпеститами* – следами нескольких сезонных штормов; иначе говоря, это следы торнадо, которые и ныне не

редкость на юге США. Главное же – и в этот период нет вымираний: в слоях старше и моложе темпеститов фауна одинакова (Keller *et al.* 2007). Поэтому Г. Келлер отвергла фатальную роль Чиксулубского болида, считая, что болиды, дающие кратер диаметром 170 км и менее, не вызывают массовых вымираний. По ее мнению, убил тепловодных фораминифер и создал иридиевый слой иной болид, оставивший где-то кратер диаметром более 250 км. Причем не сам, а дополнив эффект истечений траппов Декана (см. раздел 12).

Однако возможно, что основная причина обилия иридия и графита в морских и озерных глинах «иридиевого прослоя» не в болидах, а в биогенной смене растительности в результате вымирания динозавров. Их выпадение привело к резкому замедлению осадконакопления, отчего осевшие из воздуха сажа и иридий (космический и земной) сконцентрировались в ненормально тонком слое осадков (см. раздел 13.3).

5.4. Доказано ли мировое высокотемпературное всеожжение?

В США, Японии, Новой Зеландии есть разрезы, где в пограничных слоях много спор папоротников. Для катастрофистов это свидетельствует о восстановлении растительности после импактного мирового пожара (Alvarez 1983: 634–635). Но как узнать, следы ли это общего мирового пожара или разновременных местных? Ведь по прошествии 65 млн лет следы пожаров, разделенных в пространстве и времени даже тысячелетиями, покажутся изохронными (Хикки 1986; Чуди 1986; Кэрролл 1993a). В ряде разрезов зерен графита в К/Т-пограничном прослое в 4–5 раз больше, чем в слоях над и под ним: вот сажа от всеожжения, говорят катастрофисты (Wolbach *et al.* 1985). Оказалось, однако, что концентрация частиц древесного угля в пограничных К/Т-слоях разных частей запада США и Канады не выше, а порой и ниже, чем здесь же в слоях мела и палеогена. В пограничных К/Т-слоях от запада Канады до Нью-Мексико остатки негоревших растений встречаются гораздо чаще древесных углей, а морфология частиц сажи указывает на температуры пожаров не выше 545 °С, а чаще – не более 325 °С (Belcher 2009). То есть это следы отдельных обычных пожаров (Belcher 2009), а не воображаемых «серной», «инфракрасной», «метановой», «термоядерной» глобальных «горелок» (см. раздел 2) силой в 1000 °С или более.

5.5. Доказаны ли «факты» глобальной импактной зимы, многомесячного затмения и остановки фотосинтеза?

Да, если верить катастрофистам (см., например: Alvarez 1983; Robertson *et al.* 2013b). Но по другим оценкам количества пыли от взрыва, основанных на экстраполяциях от расчетной массы кластического материала в импактном слое, получается, что микроскопической пыли попало в атмосферу на два порядка меньше, чем утверждают «ужастикоманы»: почти весь материал был представлен слишком крупными частицами, чтобы держаться в воздухе, он рухнул на землю в первые же часы после ката-

строфы (Роу 2002). Поэтому даже в пик запыленности освещенность вдали от импакта снизилась лишь до состояния зимних пасмурных дней, пыль осела за пару недель, а буфер Мирового океана предотвратил отравление вод. Столь крупное снижение порога вероятной запыленности делает невозможными сценарии «импактной зимы» и резкого ослабления/остановки фотосинтеза (Роу 2002; Последствия... 2003; Еськов 2004). Если это так, Великий Болид был не более способен убить всех динозавров планеты, чем Тунгусский метеорит – всех медведей Сибири.

6. Объясняет ли импакт-парадигма выживание множества форм?

Даже без прочих импактных «прелестей» (см. раздел 2) год кромешной тьмы уничтожил бы активные фазы *всех* растений, а значит, и большинство животных всех трофических уровней. Произошло бы не упрощение, как в действительности, а полное разрушение водных и сухопутных пищевых пирамид.

6.1. Масштаб катаклизма и жизнь моря

В море от полугодовой (не говоря уже о 1000-летней!) тьмы погибли бы не многие, а *все* виды микро- и макроводорослей. И, следовательно, не некоторые, а *все* рыбы, раки, моллюски, другие беспозвоночные и простейшие освещенной (фотической) зоны морей (верхние 100–500 м в зависимости от условий). Такую же гибель *всей* высшей жизни этой зоны морей вызвало бы массивное отравление ее вод серной, угольной, азотной и другими кислотами, неизбежное в результате вышеописанных (см. раздел 2) многодневных «вулканонад» и кислотных ливней. Донные и глубинные жители тоже не уцелели бы: они получают большую часть органики сверху в виде фекальных пеллетов и трупов; пир после гибели жителей «верхних вод» сменился бы голодным пайком. К тому же от иной, чем сегодня, циркуляции вод глубины моря были тогда в огромной степени бескислородны, скудны высшей жизнью (Кауффман 1986; Еськов 2004).

Из 16 семейств коралловых полипов 3 угасли у рубежа эр, а еще у 10 настал упадок вплоть до «прекращения рифообразования в самом начале датской эпохи» (Ньюэлл 1986: 125–126). Для катастрофистов это иллюстрация мощи импакта (см., например: Раур 1993). Но как рифовые кораллы, пусть и с потерями, вообще сохранились? Даже месяц кромешной тьмы, охлаждения, кислотного отравления поверхностных вод погубил бы их – мелководных, теплолюбивых, светозависимых (из-за водорослей-симбионтов), крайне чувствительных к механическим и химическим загрязнениям (Равикович 1954; Наумов, Пастернак 1968)! К тому же коралловое и рудистовое рифостроение почти прекратилось не менее чем за миллион лет до импакта, а после него, то есть в дании, рифообразование хотя и было слабым из-за регрессии, но не прекратилось совсем (Равикович 1954; Кузьмичева 1981).

Мшанки, остракоды (ракушковые рачки), многие семейства моллюсков, плеченогих, морских ежей, радиолярий и донных фораминифер прошли рубеж эр со средним или малым уроном, особенно в умеренных водах, где разнообразие мшанок и остракод при пересечении *K/T-границы* даже возросло (Маслакова 1981; Козлова 1981; Кузьмичева 1981; Кауффман 1986; Hartenberger 2001). Если выжила даже часть хищников самого высшего звена, в частности многие акулы и морские крокодилы-динозавры, дожившие до эоцена (Кэрролл 1992; 1993a), то кризис не мог быть ни катастрофически быстрым, ни чрезмерно масштабным. Выживание этих хищников было невозможно без сохранения изрядной плотности консументов всех более низких порядков, а значит, и таковой продуцентов (см. раздел 10.1).

6.2. Масштаб катаклизма и жизнь пресных вод

В Северной Америке около 40 % известных маастрихтских позвоночных не преодолели *K/T-рубеж*. Вымерли все 5 видов пресноводных акул и скатов, 6 видов лучеперых рыб и 1 вид крокодилов. Если все они жертвы импакта, то как выжили 9 других видов лучеперых рыб (в том числе осетровые, веслоносы, амии, евдошки, предки панцирных и обычных шук), 4 вида крокодилов и крокодилоподобные хампсозавры? (См.: Кэрролл 1993a; Dingus, Rowe 1998.) Все они тоже погибли бы в случае длительной темноты, массивованного отравления кислотами, перегрева и сменительной его переохлаждения с покрытием даже не «обычными», а «кислотными» льдами. Отравление пресных вод «кислотными» ливнями было бы еще значительнее, чем отравление вод моря, ввиду малого объема пресных водоемов сравнительно с «верхними» водами Мирового океана. Если крошечная планетарная ночь длилась год (!) или до 1000 лет (!!!), вызвав тотальный мороз до экватора, то как крокодилы, хампсозавры, пресноводные черепахи, амфибии, рыбы и беспозвоночные теплых рек и озер прожили подо льдом это время? Как их всех за столь долгое время не уничтожил всепланетный замор (Кэрролл 1993a)? А если даже лед где-то не появился и поступление подземных вод избавляло от кислотного отравления (Robertson *et al.* 2013b), то полугодичная (1000-летняя?) «планетарная ночь» и в этих оазисах убила бы всю высшую и низшую растительность, лишив консументов питания.

6.3. Масштаб катаклизма и сухопутная жизнь

Как глобальные «ядерный пульс», «инфракрасный тепловой пульс» и/или «метановая горелка» в 1000 °C (см. раздел 2) не уничтожили вместе с динозаврами птиц и зверей?! От таких бедствий сгорели бы не только все позвоночные и все живые растения с пауками и насекомыми, но и опад, и подстилка, и верхний слой почв вместе с их фауной, семенами, корнями и спящими почками!

Если допустить, что некие растения вместе с клочками почв и детрита спаслись от всеожжения в каких-то щелях-укрытиях, то как они пережили бы долгие планетарные «зиму» и «ночь»? Опять за счет семян и/или

«спящих» почек? Но как в полугодичном (или 1000-летнем?) ожидании новых проростков растений выжили насекомые, другие членистоногие, наземные моллюски, змеи, ящерицы, черепахи, млекопитающие, прямо и косвенно (через пищевые цепи) зависимые от растений, тепла и света? Как уцелели во тьме и холоде птицы, более прожорливые, чем звери, в силу еще большей теплокровности и интенсивности обмена веществ, ищущие корм с помощью зрения и имеющие в основном дневную активность? Даже дышать отравленным и обедненным кислородом воздухом для птиц при их активнейшем метаболизме было бы крайне проблематично. И отравились бы они в числе первых по той же причине, побуждавшей их съедать относительно больше пищи на единицу веса, чем другие животные. Очевидно, все-таки идея тотального постимпактного отравления вод, почв, воздуха и растительности (см., например: Ward 1998), мягко говоря, не вполне обоснована...

Как спаслись земноводные с их нежной кожей, икрой и личинками, если почвы и мелкие водоемы были отравлены, перегреты, вскипачены?! Как кислые дожди, якобы растворившие скорлупу яиц динозавров (см. раздел 2), пощадил яйца ящериц, змей, птиц, черепах, яйцекладущих животных, все еще многочисленных в конце мела и палеоцене?!

Ссылки на анабиоз и гипобиоз, позволяющие многим формам жизни переживать неблагоприятные периоды (Robertson *et al.* 2013b), не помогут: даже способным к ним существам нужно время для вхождения в эти состояния, а астероид рухнул внезапно! Да и климат на планете в конце мела был почти везде теплым, морозостойких форм было в разы меньше, чем сегодня.

Также непонятно, почему урон флоры в северной умеренной зоне был выше, чем в тропиках. Ведь при действительном наступлении планетарной зимы тропические растения пострадали бы сильнее растений умеренного пояса: именно у вторых следовало бы ожидать лучшего развития морфологических (защитные покровы), физиологических (механизмы покоя, скрытое размещение ранних фаз развития, обратимое высыхание тканей) и генетических (полиплоидия) противохолодовых механизмов. Как же выжили пальмы и прочие столь же теплолюбивые растения (Хики 1986; Чуди 1986; Татаринов 1987; Кэрролл 1993a)?!

7. Контрдоводы катастрофистов: «тех же щей, да пожже влей!»

Сталкиваясь с проблемами, «ужастикоманы» либо уходят от ответа, взывая к случайности выживания/гибели, либо изворотливо модулируют детали «Армагеддона». Пишут, например, что кромешная тьма царила лишь месяц или была кромешной местами, а может, и не кромешной, а бурой, отчего фотосинтез не прервался, а только ослаб. Что не крайние, а умеренные жар и/или холод уничтожили динозавров, но не зверей с крокодилами. Что кислотами кропило не слишком, а живность моря погибла лишь в верхних метрах, пощадив тех, кто жил или нырял глубже (см., напри-

мер: Alvarez *et al.* 1980; Raup 1993; Leakey, Lewin 1997; Ward 1998; Robertson *et al.* 2013b). Но снижение мощи катаклизма дает лишь видимость устранения нестыковок импакт-модели.

7.1. Борьба с нестыковками посредством объяснений ad hoc

Катастрофисты предложили ряд объяснений ad hoc, на первый взгляд убедительных, если выхватить из контекста тот или иной случай. Но учет контекста и/или проверка деталей этих объяснений показывают, что они основаны на недоказуемых либо просто ошибочных допущениях.

Так, согласно идее «инфракрасного всепланетного пульса» (см. раздел 3), погибло все живое, не зарывшееся в землю глубже 10 см и не нырнувшее в воду (Robertson *et al.* 2004). Но среди выживших животных Северной Америки в начале палеоцена (пуэркий), судя по строению локтевых костей, многие не были способны к рытью. Зато некоторые лазали по кустам и деревьям, подобно нынешним соням, либо планировали по типу летяг (Borths 2008). А ведь им надлежало бы сгореть полностью вместе с деревьями... С другой стороны, вымерли некоторые «копатели» из многобугорчатых и сумчатых. А также моллюско- и ракоядное сумчатое *Didelphodon vorax* ростом с барсука, имевшее плоский «бровровый» хвост, плававшее и нырявшее не хуже нынешних нутрий и выдр (*Ibid.*).

Что уж говорить о выживании множества не способных к рытью и плаванью насекомых... У *K/T-рубежа* древесная флора и насекомые, повреждающие ее листья, меньше пострадали во Франции и Аргентине, чем в США. Это объясняют удаленностью первых двух от места импакта (см., например: Wappler *et al.* 2009). Резкое возрастание числа спор папоротников при сокращении разнообразия пыльцы покрытосеменных в некоторых пробах над иридиевым прослоем из штата Нью-Мексико объявлено «экспериментальным доказательством» (Alvarez 1983: 627) крупного вымирания растений в результате мирового пожара (*Ibid.*: 634–635). Но как вообще уцелели в планетарной горелке хоть какие-то деревья и моли, чьи гусеницы «минируют» древесные листья? Ни моли, ни их гусеницы не могли зарыться в почву не только на 10 см, но и на миллиметр. И у теплолюбивых папоротников (в мелу и палеоцене в Нью-Мексико царил тропический климат) не было шансов пережить последовательные воздействия «инфракрасного теплового пульса», «мирового пожара», беспощадного «кислотного душа», продолжительных тьмы и морозов...

Аналогичные вопросы вызывают данные разреза по реке Августовка на Сахалине, где на *K/T-рубеже* исчезают последние мезозойские цикадофиты (саговники), но беннетиты *Nilssonia* росли здесь и в раннем палеоцене, во время обилия папоротников. Кроме того, на этом рубеже палеогеновые доминанты *Metasequoia* и *Glyptostrobus* сменяют меловые секвойи (Красилов 2001). Идея, что беннетиты, папоротники и метасеквойи выжили в глобальном высокотемпературном пожаре, истребившем саговники и архаичные секвойи, столь же абсурдна, как допущение, что, скажем, собаки и куры устоят в огне, смертельном для людей и ворон.

Катастрофисты говорят, что сплошь мелкие звери маастрихта нашли корм и укрытия, а огромным ящерам не удалось ни то ни другое. Но ведь вымерли и мелкие динозавры. Например, *Dromaeosaurus* (Dingus, Rowe 1998: 104) массой с индейку (около 15 кг). «Ужастикоманы» возражают, что и он слишком велик, ибо среди «неводных позвоночных не выжило никого больше белки» (Robertson *et al.* 2013a: 1). Однако среди уцелевших плацентарных есть плотоядный *Cimolestes magnus* величиной с барсука. Он равен по величине самым мелким из взрослых динозавров и больше вылупившихся детенышей крупных ящеров. Идея тотальной гибели динозавров от умеренных степеней жары и/или холода, терпимых для млекопитающих, противоречит наличию у многих динозавров эффективной терморегуляции и теплокровности (см., например: Bakker 1990), а также тому, что ряд хладостойких динозавров жили в конце мела в высоких широтах (Godfroit *et al.* 2009). Вовсе не очевидно, что огромные динозавры были более подвержены вымираниям, чем мелкие млекопитающие, черепахи, ящерицы и т. д. Подобно современным слонам и крупным копытным, они могли дольше, чем мелкие звери, голодать, не теряя сил, дальше и быстрее перемещаться в поисках корма, питаться разными растениями, довольствоваться кормом плохого качества (Paul 1989). А поскольку идеи глобального простирания невыносимых импактных бедствий (см. раздел 2) несовместимы с выживанием столь многих существ (см. разделы 6, 10, 11) и другими фактами (см. раздел 5), то и корм для ящеров погиб не весь.

Катастрофисты часто настаивают, что вымирания/выживания в периоды катаклизмов определялись случайностью, не зависевшей от эволюционного уровня и адаптаций существ (Leakey, Lewin 1997: 81–96; Ward 1998: 71). Но если лишь случай решал, кому жить, то почему на западе США границу эр перешла половина маастрихтских родов плацентарных и лишь один род сумчатых из 11 маастрихтских (Кэрролл 1993a; 1993b)? Неужели «случайно» «старые» крокодилы-мезозухии пострадали намного больше, чем «новые» эзухии, которые, судя по скелету, были подвижнее, сильнее, выносливее «старых» (Ефимов 1978; Кэрролл 1993a)? По столь же странной «случайности» вымерли все энантиорнисовые, ящерохвостые и гесперонисовые птицы, а «продвинутые» неорнисовые уцелели. Почему-то астероид был губителен для почти всех аммонитов и белемнитов, но не для «продвинутых» осьминогов, кальмаров и каракатиц. Не часто ли «его величество случай» играет «по Дарвину», устрняя в основном менее развитые формы?

Гибель большей части известкового планктона (см. раздел 10.2) при выживании большинства моллюсков «объяснили» тем, что «небесных кислот» хватило для растворения микроскопических раковин, но не раковин (Dingus, Rowe 1998: 96). Однако большинство вымираний среди моллюсков (включая всех толстораковинных иноцерамов) и прочих донных беспозвоночных состоялось до «планктонного шока» (Кауффман 1986; Красилов 2001). Другое «объяснение» огромных потерь планктонных кокколитофорид и фораминифер при низких потерях среди динофла-

геллят – неспособность первых двух и способность последних к цистообразованию (Robertson *et al.* 2013b). Но и среди планктонных радиолярий, тоже неспособных к цистообразованию, потери низки (Alegret *et al.* 2011).

То, что флора северной умеренной зоны пострадала сильнее флоры тропиков (см. раздел 6.3), катастрофисты «объяснили» тем, что от «повышения экранирующей роли пыли с уменьшением углов падения солнечных лучей» тьма на севере была гуще, поэтому там и остыло сильнее (Alvarez *et al.* 1980). Но этот эффект в равной мере сгущал бы тьму в умеренных и высоких широтах обоих полушарий и на одинаковых широтах каждого полушария. Тем не менее вымирания растений на западе Северной Америки были куда значительнее, чем на ее востоке и в Европе, а в Сибири и на западе Северной Америки растительность пострадала больше, чем в Антарктиде, Австралии и Новой Зеландии, располагавшихся тогда близ полюса (см.: Хикки 1986; Чуди 1986; Dingus, Rowe 1998)!

Несостоятельны и другие подобные «объяснения» (см. разделы 7.2, 10, 11).

7.2. Выживание за счет организмов детритных цепей?

Катастрофисты (см., например: Ward 1998; Sheehan – цит. по: Digson, Rowe 1998) заявляют, что катаклизм уничтожил пищевые цепи экосистем, начинавшиеся живыми растениями, а цепи разложения мертвой органики заработали с колоссальной мощью. Дескать, непомерно размножились не нуждавшиеся в свете грибы, а также детритоядные, плеснеядные и хищные клещи, другие паукообразные, многоножки, ногохвостки, тараканы, термиты, некоторые жуки и мухи, слизни. Эта живность вместе с трупами ящеров и спасла, якобы, от голода мелких позвоночных.

Это трудно представить по ряду причин: дневные птицы не охотятся в темноте; «ядерное», «серное» и/или «метановое» всеожжения истребили бы детрит вместе с детритофагами; мороз замедлял бы размножение одних и сделал бы невозможным таковое других детритофагов... Наконец, микро- и макроорганизмы детритных цепей страдали бы от кислотных ливней ничуть не слабее, чем организмы прочих цепей питания. Если принять идею, что мощи этих дождей хватило для растворения панцирей жителей мелководий (см. раздел 2), то их и подавно хватило бы для уничтожения беспозвоночных поверхности почвы, растительного опада и верхнего слоя почв. Если это так, мелкие звери, птицы, рептилии все-таки не избежали бы смерти от голода. Без отказа от идей всепланетных кислотных ливней и повсеместных жаров/пожаров/морозов нельзя объяснить и выживания земноводных, ящериц, змей, птиц, черепах, яйцекладущих животных (см. раздел 6.3). А модель «всепланетной жаровни», якобы выжегшей почву до глубины в 10 см (Robertson *et al.* 2004), и вовсе несовместима с сохранением членистоногих, микробов и грибов, живущих в детрите.

Меньший урон среди пресноводных жителей сравнительно с морскими катастрофисты «объясняют» большим, чем в море, поступлением

с суши мертвой органики. Это якобы позволяло размножаться массе бактерий, ставших на время катастрофы надежным основанием пресноводных пищевых пирамид (Robertson *et al.* 2013b: 5). Но в силу очень малых сравнительно с океаном объемов пресных водоемов в них намного губительнее, чем в океане, сказались бы эффекты кислотных дождей, гипоксии от прекращения фотосинтеза, «импактного перегрева» и «импактной зимы» (см. раздел 6.2).

Сравнительно слабые вымирания среди многих групп морских донных беспозвоночных и их квазиотсутствие среди донных фораминифер катастрофисты связывают с поступлением на дно мертвой органики от жертв импакта (Ward 1998; Robertson *et al.* 2013b). Однако слабый урон донных беспозвоночных несовместим с идеей длительной остановки фотосинтеза (см. раздел 2), а донные фораминиферы и остракоды (еще одна группа почти без вымираний) жестко зависят от поступления сверху *живого* фитопланктона (Alegret *et al.* 2011). Длительное прекращение фотосинтеза погубило бы не только фитопланктон, но и донных фораминифер и многих остракод. Отсутствие вымираний в этих двух группах организмов доказывает несостоятельность идеи резкого падения биомассы морского фитопланктона. Вероятно, гибель части видов известкового фитопланктона компенсировалась размножением других видов как известкового (*Thoracosphaera* и др.), так и, особенно, неизвесткового (динофлагелляты, диатомы, гаптофиты) фитопланктона. Поскольку эти виды тоже нуждались в свете (*Ibid.*), их размножение лишний раз демонстрирует абсурдность идеи долгой остановки фотосинтеза.

8. Неполнота и искажения геологической летописи: обоудоразящее оружие в спорах о причинах вымираний

8.1. Импакт-парадигма и палеонтологическая статистика

Оценив размах вымираний в разные эпохи верхнего мела и кайнозоя, А. С. Алексеев (1986: 60) заявил, что «результаты количественного анализа не противоречат импакт-модели», ибо «указывают на экстраординарность вымирания» на *K/T-границе*. Но одно дело, если все семейства, роды и виды, не перешедшие в даний, угасли как раз на *K/T-границе*, и совсем другое, если их львиная доля угасла не в самом конце, а на протяжении маастрихта, длившегося то ли с 72 до 66, то ли с 70,6 до 65,5 млн л. н. Во втором случае мы имеем не катаклизм, а диастрофу – ускорение постепенного процесса. «Читая» геологическую летопись буквально, мы видим именно диастрофу: таксоны всех рангов исчезают на протяжении маастрихта. Правда, не с равномерной частотой, а с ее возрастанием во время нескольких эпизодов, включая и тот, что на *K/T-границе* (см., например: Кауффман 1986; Татаринев 1987). И каждый такой эпизод в силу неполноты геологической летописи и разрешающей способности методов относительной и абсолютной геохронологии мог длиться не дни, а годы и многие тысячи лет (Давиташвили 1969; Гретенер 1986).

С другой стороны, наиболее «молодой» образец не обязательно изохронен окончательному вымиранию вида: у видов, ставших редкими и/или узкораспространенными, крайне мало шансов оставить окаменелости. Наконец, неполнота геологической летописи может лишь имитировать постепенность вымираний: чем реже встречаются остатки вида/рода в слоях соответствующего отрезка времени, тем ниже вероятность их обнаружения в самом верхнем метре (сантиметре для мелких форм) толщи. Таков эффект неполноты палеонтологической выборки (эффект Синьора – Липпса), способный симулировать постепенность даже мгновенного в бытовом смысле вымирания. Этим аргументом катастрофисты отводят свидетельства постепенного угасания динозавров (см. раздел 9) и других вымерших групп. Однако данный эффект неактуален в случае массовых видов окаменелостей многих морских простейших и беспозвоночных. А там, где он актуален, он тоже не может доказать катастрофичность вымирания: для событий 65-миллионлетней давности обычно нельзя установить, длились ли они день, год, сто, тысячу или сто тысяч лет (Гретенер 1986).

8.2. «Таксоны-лазари» и «таксоны-зомби»

Если непереотложенные остатки таксона, считавшегося вымершим до или на *K/T-границе*, обнаруживают затем выше ее, то, казалось бы, спорить больше не о чем: эта группа существ пережила импакт, и ее последующее вымирание с ним явно не связано. Однако в ответ на находки в постимпактных слоях непереотложенных остатков аммонитов (см. раздел 10.1) и динозавров (см. раздел 9) катастрофисты придумали теорию «таксонов-лазарей» (“Lazarus taxa”), «живых мертвецов» или «бродячих мертвых клад» (“dead clade walking”). Дескать, это свидетельства случайного выживания малых популяций видов, обреченных на неизбежную гибель в неподходящей после прошедшей катастрофы среде (см., например: Ward 1998; Ruban 2009).

Эта идея – откровенный софизм. Непосредственные эффекты гигантских импактов (кислотные дожди, глобальное похолодание, пожары, истощение озонового экрана) завершились бы за срок от двух месяцев до двух лет (Keller 2005: 749). Если в их результате от вида осталась кучка больных особей, они погибли бы за считанные дни/месяцы/годы. Если осталось больше особей, и не слишком ослабленных, но они не могут приспособиться к длительным эффектам отравления воздуха, вод и корма, гибели и/или невозобновления пригодных пищевых ресурсов, то и тогда жизнеспособная популяция не появится и вид исчезнет за одно-несколько поколений. В обоих случаях практически исключено попадание окаменелостей вида в постимпактную часть геологической летописи. А если вид туда все же попал, это значит, что ему подошли условия и возникли устойчивые популяции, долго существовавшие в экологическом смысле. И их последующее угасание через сотни, тысячи и сотни тысяч лет после импакта уже не может иметь к нему отношение.

Другое дело, если доказано переотложение остатков вымерших существ в слои тех эпох, когда уже не было их живых представителей. Такие «таксоны-зомби», разумеется, нельзя принимать во внимание.

Теперь, помня о коварстве геологической летописи, коснемся самого волнующего вопроса: действительно ли гибель «драконов» в масштабе планеты была внезапной и одновременной?

9. Когда и как быстро вымерли «последние» динозавры?

К сожалению, почти везде отсутствуют континентальные отложения *K/T-рубежа*, либо в таких отложениях кости не сохранились. Лишь в некоторых частях на западе США есть слои с остатками динозавров, бесспорно датированных самым концом маастрихта и, возможно, подошвой палеоцена. Но и они не поддаются однозначному толкованию.

9.1. Имел ли место постепенный упадок динозавров в последние 10 миллионов лет мела?

В формациях Джудит-Ривер (Альберта, средний/поздний кампан, около 75 млн л. н.), Хоршун-Каньон (Альберта, ранний маастрихт, около 70–69 млн л. н.) и Хэлл-Крик (Монтана и Дакота, поздний маастрихт, около 66 млн л. н.) обнаружено 32, 25 и 18 родов динозавров соответственно (Archibald 2012). Налицо снижение разнообразия, не компенсированное появлением новых форм, говорят градуалисты (Татаринов 1987; Bakker 1990; Еськов 2004; Archibald 2005; 2012). Катастрофисты возразили, что это снижение не превосходит снижений, имевших место внутри мезозоя, и сменилось бы новым подъемом, не будь катастрофы (Fastovsky, Sheehan 2005). Правда, «предвымирательное» снижение разнообразия динозавров со среднего кампана до позднего маастрихта, почти или совсем не затронув большинство их групп, четко проявилось в двух группах растительноядных динозавров. Это цератопсы (в Джудит-Ривер 5 видов, в Хэлл-Крик – только 2 вида: *Triceratops horridus* и *Torosaurus latus*) и гадрозавры (в Джудит-Ривер 7 видов, в Хэлл-Крик – тоже 2: *Anatotitan copei* и *Edmontosaurus annectens*) (Dingus, Rowe 1998; Archibald 2012; Brusatte *et al.* 2012). Поскольку эти две группы играли ключевую роль в поддержании позднемеловых саванн Северной Америки (см., например: Bakker 1990; Жерихин 2003; Буровский 2014), явное снижение их таксономического и морфологического разнообразия задолго до импакта и деканского вулканизма можно считать предвестником краха динозавровых экосистем...

Утверждается, что позднемаастрихтские динозавры Европы, Индии (Chatterjee 1997), Китая и Чукотки (Godfroit *et al.* 2009) не испытали упадка перед вымиранием, но нет уверенности, что это действительно самые поздние динозавры данных территорий.

9.2. Как быстро вымерли динозавры у К/Т-границы?

В Северной Америке нет общепризнанной границы мела и палеоцена, проводимой то по подошве самого нижнего «наддинозаврового» углисто-го прослоя (нет гарантий, что эти прослои везде изохронны), то по ириди-евому прослою (он есть далеко не везде), то по позднейшим непереотло-

женным остаткам динозавров, то по исчезновению определенных типов пыльцевых зерен. Как бы ни проводился рубеж, в терминальных «динозавровых» разрезах нет следов катастрофы: ни одной кости динозавра, обожженной пожаром, разможенной оплавленным камнем, изрешеченной метеоритной, тектитной или иной «картечью». Костей «последних» динозавров нет нигде ни в иридиевом слое, ни в вулканическом пепле (найлены кости стада цератопсов-центрозавров, погибших от извержения в кампане за 10 млн лет до *K/T-границы*, см.: Татаринев 1987: 192–193). Градуалисты настаивают, что последние 18–19 родов динозавров угасли здесь поэтапно по мере умножения обилия кондиляртр – всеядных и растительноядных «новых» кайнозойских млекопитающих – в течение 0,1–1 млн лет (Рождественский 1978; Татаринев 1987; Bakker 1990; Еськов 2004; Archibald 2005; 2012). Но геологический контекст находок неоднозначен (Hartenberger 2001), и катастрофисты отвергают эту постепенность, заявляя, что следы «избиения» динозавров просто не сохранились. По их мнению, неполнота геологической летописи лишь имитирует постепенность вымираний; согласно эффекту неполноты палеонтологической выборки (эффект Синьора – Липпса), кости лишь наиболее обычных «последних» динозавров представлены в верхних метрах «динозавровых» отложений (Gould 1992; Ward 1998). Иногда они соглашаются с тем, что последние динозавры жили здесь уже после импакта в течение менее чем 50 тыс. лет (Smit *et al.* 1987; Fastovsky 2005; Fastovsky, Sheehan 2005). Но если ящеры жили и размножались после импакта даже тысячу лет, то условия им подошли и для их вымирания все-таки нужно искать (см. раздел 8.2) иную причину.

9.3. Песчаники Охо-Аламо: конфуз импактной теории?

Эту формацию в бассейне реки Сан-Хуан (приток Рио-Гранде, штаты Нью-Мексико и Колорадо) долго считали переходной от мела к палеоцену. В ее нижних слоях, от 0 до 15 м над подошвой, есть кости ряда динозавров. Это – зауропод *Alamosaurus sanjuanensis*, анкилозавр *Glyptodontopelta mimus*, цератопс-торозавр *Torosaurus cf. utahensis*, неопределенные гадрозавриды и нодозавриды, гигантские (*Tyrannosaurus rex* и *Albertosaurus* sp.) и некрупные (*Richardoestesia* sp., *Troodon* sp., неопределенные дромеозавриды и орнитомимиды) хищники (Fassett 2009). Потом формацию решительно поместили в мел: по «чистой» импакт-модели ни один динозавр не жил в палеоцене. Но оказалось, что катастрофисты поторопились. Согласно $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -методу (для позднего мела и кайнозоя он наиболее точен), возраст даже подошвы песчаников Охо-Аламо равен 65,2 млн л. н. То есть он моложе *K/T-границы*, определяемой этим методом как 65,51 млн л. н. На палеоценовый возраст слоев Охо-Аламо указывает и магнитостратиграфия: они накапливались в эпоху нормальной полярности магнитохрона C29n (65,12–64,0 млн л. н.), целиком относящегося к раннему палеоцену (Красилов 2001; Fassett 2009; Fassett *et al.* 2011). Наконец, пыльцевые спектры даже самых нижних слоев этих песчаников,

более древних, чем те, что вмещают неполный скелет гадрозавра (см. ниже), отражают сугубо палеоценовую флору без меловых реликтов, таких как *Tschudyipollis* (= *Proteacidites*) spp. и *Aquillapollenites* spp. (последние находения непереотложенной пыльцы *Tschudyipollis* приурочены на западе США к иридиевому прослою). Зато в них есть пыльца *Momipites tenuipolus* и *Brevicolporites colpella* – беспорных показателей палеоцена (Fassett 2009). То есть ящеры здесь вымерли после основных вымираний среди растений, а не вместе с ними, как настаивал Л. Альварес (Alvarez 1983).

Идея переотложения костей ящеров Охо-Аламо из более древних слоев не подтвердилась ни геологически, ни геохимически. Кроме многих отдельных костей разных особей ящеров, обнаружили 34 кости от одной особи гадрозавра, залегающих в 6 м выше подошвы песчаника. На этих костях нет следов «прилипших» более древних пород, которые доказали бы переотложение. Отсутствие переотложения доказано и отличной сохранностью костей, и содержанием в их наружном слое урана и некоторых редкоземельных элементов: первого в 15–20 раз больше, вторых – в 1,5–3 раза меньше, чем в наружном слое костей из меловой формации Киртленд, подстилающей Охо-Аламо (Fassett 2009). Наконец, прямое датирование уран-свинцовым методом бедренной кости аламозавра (образец SMPVP-1138), залегающей на 1,8 м выше подошвы этих песчаников, дало $64,8 \pm 0,9$ млн л. н., при возрасте *K/T-границы* в 65,51 млн л. н. (или по другим вычислениям возраст этой кости $63,4 \pm 0,6$ млн л. н., а *K/T-границы* – 65 млн л. н.) (Fassett et al. 2011). Итак, динозавры формации Охо-Аламо жили в беспорном раннем палеоцене-дании. Они, как и характерное для финального мела многобугорчатозубое млекопитающее *Essonodon browni*, пережили импакт на сотни тысячелетий или даже на миллион лет (Fassett 2009; Fassett et al. 2011). Тем не менее часть специалистов все равно датируют мелом динозавров из Охо-Аламо...

9.4. Другие палеоценовые динозавры?

Периодически появляются указания то на находки костей/яиц переживших импакт динозавров в палеоценовых отложениях Европы, Перу, Боливии, Индии и др., то на сомнительность возраста и/или стратиграфического контекста этих находок (см., например: Давиташвили 1969; Hartenberger 2001; Еськов 2004).

9.5. Вопрос остался открытым...

Скорость вымирания последних динозавров неустановима из-за сложности пограничных разрезов последующими дислокациями, переотложением и даже перерывами в осадконакоплении длительностью до 500 тыс. лет как раз на *K/T-рубеже*. Поэтому неизвестно, было ли угасание «последних» динозавров мгновенным, постепенным или ступенчатым процессом, длившимся от 1 до 300 тыс. лет (Hartenberger 2001). Решить проблему не удалось на основе костей «последних» динозавров самих по себе. Приходится обратиться к выводам, полученным по остаткам других групп организмов, включая те, где в силу большой выборки (ряд групп

морских беспозвоночных и микропланктона) эффект Синьора – Липса неактуален.

10. Импакт-модель и динамика морских вымираний

Мог ли кризис быть вызван импактом на рубеже эр, если в море он начался много раньше, а закончился позже этого события?

10.1. Динамика вымираний обитателей морей мелового периода

Почти все ихтиозавры вымерли в раннем мелу, а последний (платиптеригий) дотянул лишь до начала позднего мела. Из плезиозавров лишь самые длинношеие эласмозавры доживают до маастрихта, но угасают за миллион лет до его конца, как и огромные черепахи-архелоны. То есть из общеизвестных «морских драконов мезозоя» рокового *K/T-рубежа* достигают лишь эволюционно самые молодые (только поздний мел) мозазавры (Давиташвили 1969; Вулых 1978; Ефимов 1978; Кауффман 1986; Кэрролл 1992; 1993a). Но если это импакт всюду сгубил мозазавров, то как он ухитрился «пощадить» морских крокодилов-дирозавров, доживших до эоцена (Кэрролл 1993a)?

Катастрофисты возразили, что у дирозавров выжила молодежь, населявшая реки. Там, в отличие от моря, рыбы и прочей добычи не стало меньше благодаря обильному поступлению в реки «органики из детритных цепей» (Dirosauridae 2009; Robertson *et al.* 2013b: 5), то есть гниющих масс погибших растений, мертвых и живых насекомых, позвоночных и прочих животных суши. Это объяснение сомнительно по уже изложенным (см. раздел 7.2) причинам. Кроме того, выжило немало не покидавших моря акул, среди которых вымирания тоже не были одномоментными (Кэрролл 1992). А все пресноводные акулы и скаты Северной Америки вымерли (Dingus, Rowe 1998), невзирая на пресловутую обеспеченность «органикой из детритных цепей».

Сохранение на критическом рубеже дирозавров и части акул, принадлежавших к гильдии хищников высшего звена, доказывает, что, вопреки заверениям катастрофистов (см., например: Chatterjee 1997; Ward 1998; Robertson *et al.* 2013b), экологическая структура морских экосистем не подверглась полному разрушению ни на каком из более низких трофических уровней. О том же говорят и остатки самих организмов этих уровней. Так, главная мезозойская революция фауны рыб состоялась не в финальном, а в среднем мелу, когда преобладание цельнокостных рыб инфракласса *Holostei* сменилось таковым инфракласса костистых *Teleostei* (Данильченко 1978; Кэрролл 1992). В кайнозой перешло около 90 % родов костистых рыб, известных из маастрихта (Prothero 2009).

Утверждается, что аммониты погибли от импакта, истребившего их мелких планктонных мелководных личинок, а наутилусы выжили потому, что их крупная молодежь жила, как и взрослые, на больших глубинах (Alegret *et al.* 2011; Robertson *et al.* 2013b). Эта идея основана на малове-

роятном и непроверяемом допущении, будто все виды 34 маастрихтских родов аммонитов во взрослом и/или личиночном состоянии жили только в верхних метрах, «испорченных» кислотными дождями и/или «прекращением фотосинтеза». Она окончательно дискредитирована находками непереотложенных аммонитов *Baculites vertebralis* и *Hoploscaphites constrictus* в нижнедатских отложениях Дании; эти находки, по-видимому, на 200 тыс. лет моложе импакта (Machalski, Heinberg 2005). В датское время *H. constrictus* жил также в Нидерландах (*Ibid.*). То есть импакт не имел отношения к вымиранию последних аммонитов, успешно его переживших. Не имел он отношения и к их предшествующему упадку: маастрихтский набор аммонитов (34 рода, из них лишь 12 в конце эпохи) скуден сравнительно с предшествовавшим кампанским веком (78 родов) и тем более со среднемеловым альбским веком наибольшего расцвета этого класса (160 родов) (см., например: Давиташвили 1969; Кауффман 1986). Также разнообразие белемнитов заметно снизилось с середины до конца мела (Там же), а последние белемноидеи дожили до эоцена (Давиташвили 1969; Михайлова и др. 1989).

Если в позднемеловом кризисе виновен импакт, то почему в тропиках большинство массовых маастрихтских мелководных беспозвоночных, включая характерных двустворчатых иноцерамов, угасло не в конце, а в середине позднего маастрихта, за добрые 1–2 млн лет до удара болида? Резкое сокращение разнообразия других характерных меловых двустворчорок-рудистов, очень толстостенных строителей рифов, тоже началось внутри маастрихта, то есть до импакта. Однако последние рудисты вымерли уже внутри дания, то есть существенно позже импакта. Почему ряд других морских групп (многие классы, отряды, семейства и роды среди позвоночных, иглокожих, моллюсков, ракообразных, мшанок, кишечнополостных, губок, донных фораминифер, диатомей) пересекли *K/T-рубеж* и вымерли внутри кайнозоя либо живут и ныне (см.: Давиташвили 1969; Вулых 1978; Данильченко 1978; Ефимов 1978; Маслакова 1981; Козлова 1981; Кузьмичева 1981; Кауффман 1986; Михайлова и др. 1989; Кэрролл 1992; 1993а; 1993б; Keller 2005; Alegret, Thomas 2007; Prothero 2009)? Очевидно, не импакт вызвал кризис морской биоты, если столько знаковых меловых форм вымерло (пришло в упадок) много раньше, позже или вовсе не вымерло? Только «планктонный шок» состоялся у самого *K/T-рубежа*, около 65 млн л. н. Рассмотрим его подробнее.

10.2. Перипетии «планктонного шока»

Это вымирания почти всех видов известкового планктона – кокколитофорид и фораминифер. Их совпадение с рубежом эр и иридиевым прослоем – сильнейший довод катастрофистов-«импактников». «Импактная эпопея» началась с разреза Губбио (Италия), где, по их словам, все планктонные фораминиферы, кроме *Globigerina eugubbina*, «разом исчезают без предупреждения, точно на нижней границе глинистого прослоя» с иридием (Alvarez 1983: 629). Так обстоит, по их словам, во всех маастрихт-

датских морских разрезах по всему миру. Отсюда вывод: импактная пыль закрыла солнце то ли на месяцы, то ли на годы, отчего фотосинтез прервался и планктон, у которого поколения полностью сменяются за несколько дней, напрочь погиб (*Ibid.*; Alvarez *et al.* 1980; Ward 1998; Robertson *et al.* 2013b).

В действительности даже в разрезе Губбио массовое вымирание большинства меловых фораминифер и кокколитов происходит в 0,5 м ниже иридиевой аномалии, а доминирующих форм макрофауны – еще ниже по разрезу. В разрезе Каравака (Испания) меловые фораминиферы *Hedbergella* и *Globigerinelloides* еще встречаются выше пограничных глин с иридиевым пиком, а в стратотипе датского яруса отмечено появление палеоценовой *Globigerina eugubbina* ниже темноцветных «рыбных глин» с иридием (Красилов 2001). И в ряде других К/Т-разрезов и буровых колонок в разных точках мира основная фаза вымирания известкового планктона не совпадает с иридиевой аномалией, а расположена ниже или выше. В наиболее полных разрезах вместо внезапного и одновременного исчезновения всех процветавших групп планктона поэтапно выпадают то одни, то другие виды, включая массовые, что не позволяет толковать этапность как артефакт. По мере накопления данных все больше видов, характерных для маастрихта, оказывались окончательно вымершими внутри дания, а виды, доминировавшие в дании, оказывались впервые появившимися кое-где еще в маастрихте (Маслакова 1981; Бурсма 1986; Кауфман 1986; Keller, Pardo 2004; Keller 2005). Следовательно, «шок» не был мгновенным процессом. Считают, что кризис и вымирания маастрихского известкового планктона растянулись в разных местах на срок от 10 до 100 тыс. лет. Сроки и методы вычисления можно оспорить, но твердо установлена стадийность процесса, требующая смен многих поколений планктона. Происходила смена видов-доминантов, а особи многих видов заметно мельчали перед вымиранием. То и другое указывает на нарастающую неблагоприятность обстановки. Поскольку «заблаговременная подготовка» фораминифер к импакту исключена, очевидно, что «порча среды» была вызвана земными причинами (Маслакова 1981; Бурсма 1986; Кауфман 1986; Keller, Pardo 2004; Keller 2005; Ньюэлл 1986; Татаринов 1987; Красилов 2001).

О длительном неблагоприятии среды переходной эпохи говорит и то, что в большинстве разрезов и буровых колонок, расположенных в низких и средних широтах, зоны маастрихтского и датского планктона разделены зоной (зонами) господства «видов – сигналов бедствия» (“disaster species”) из фораминифер (например, *Guembelitra cretacea*, *Zeauvigerina waiparaensis*), кокколитофорид (например, *Biscutum*), динофлагеллят (например, *Thoracosphaera*), гаптофитов (например, *Braarudosphaera*). Роды, а частью и виды этих «сигналов» живут и теперь. Они неконкурентоспособны в здоровых планктонных сообществах и расцветают лишь при прогрессирующем разрушении планктонных экосистем. В маастрихт-датских разрезах они, будучи вначале единичными, затем составляли от 30 % до почти 100 % из-

весткового планктона (Кауффман 1986; Татаринов 1987; Keller, Pardo 2004; Keller 2005; Alegret, Thomas 2007). Фораминиферы *Guembelitra* spp. замещают теперь других планктонных фораминифер вследствие обогащения вод биогенами в результате усиления смыва с суши или вулканических извержений и «красных приливов», когда многие их конкуренты гибнут от отравления вод и обеднения их кислородом (Keller, Pardo 2004).

Размножение «видов – сигналов бедствия» спасло морскую пищевую пирамиду от полного краха (Татаринов 1987; Alegret, Thomas 2007). Их ели рачки, рачков – мелкая рыба, которой питались все более крупные рыбы и головоногие, и так до акул и динозавров. Если мозазавры и часть акул вымерли на *K/T-рубеже*, то дело, надо полагать, в том, что они менее эффективно, чем уцелевшие акулы и динозавры, питались уцелевшими рыбами, кальмарами и каракатицами, а вовсе не в глобальных «ужастиках» импакт-парадигмы (см. раздел 2). Ведь и автотрофные (*Biscutum*, *Thoracosphaera*, *Braarudosphaera* и др.), и гетеротрофные (*Guembelitra*, *Zeauvigerina* и др.) «виды – сигналы бедствия», как и уцелевшие формы «нормального» известкового и неизвесткового (см. ниже) планктона, нуждались в солнечном свете. Поэтому микропалеонтолог Лайя Алегрет с соавторами отвергла (Alegret, Thomas 2007; Alegret *et al.* 2011) измышления «ужастикоманов» (см., например: Alvarez *et al.* 1980; Alvarez 1983; Ward 1998; Robertson *et al.* 2013b) о кромешной тьме, остановке фотосинтеза и «импактной зиме» длительностью от трех месяцев до трех лет. В то же время она сочла, что главная причина в постимпактных кислотных дождях, подкисливших верхние воды океана до растворения раковинок маастрихских фораминифер (Alegret *et al.* 2011).

Но и замена одних глобальных «ужастиков» другими не придает убедительности импакт-модели «планктонного шока». Во-первых, среди «видов-сигналов» много мелководных форм с мелкими известковыми раковинками (*Guembelitra*, *Zeauvigerina*, *Biscutum*, *Thoracosphaera*, *Braarudo-sphaera* и др.). Едва ли они смогли бы противостоять растворению при степенях кислотности, достаточных для растворения раковин маастрихских фораминифер, часто более крупных. Главное же в том, что если бы вымирания знаковых маастрихских фораминифер и кокколитофорид и расцвет «видов – сигналов бедствия» у *K/T-границы* были обусловлены любыми глобальными «эффектами импакта», то во всех пограничных разрезах отмечался бы однократный и краткий расцвет этих видов строго над иридиевым прослоем. В действительности пик (пики) господства видов на многих акваториях предшествовал(и) иридиевому прослою и/или наступал(и) существенно после него. Длительность эпох доминирования *Guembelitra* в разных акваториях составляла десятки и сотни тысячелетий. Нередко случалось несколько фаз обилия *Guembelitra*, разделенных крупными спадами или даже фазами частичного либо полного восстановления нормальных наборов маастрихского либо датского планктона (Keller, Pardo 2004). Наконец, в некоторых низкоширотных и в большинстве высокоширотных разрезов и буровых колонках в переход-

ной зоне не было господства «видов – сигналов бедствия» (их там от 0 % до 20 % особей в пробах), а некоторые маастрихтские и датские фораминиферы встречались вместе, пусть даже те и другие ненормально малы (Маслакова 1981; Бурсма 1986; Кауффман 1986; Keller, Pardo 2004; Keller 2005).

То есть в Мировом океане в маастрихте и дании имело место долгое и обширное, но не повсеместное преобладание *Guembelitra* и прочих «видов – сигналов бедствия», неодинаково длительное в разных точках и даже то одно-, то 2–4-кратное, начинавшееся или до, или после выпадения иридия (Keller, Pardo 2004). Это исключает идею однократного глобального загрязнения океана от импакта на *K/T-рубеже*. Но согласуется с мыслью, что основным источником обеднения вод кислородом и поступления веществ, обеспечивших процветание «видов – сигналов бедствия», были неоднократные излияния лавы и выход газов из наземных (в Декане) и подводных вулканических трещин (*Ibid.*; Keller 2005; Dingus, Rowe 1998).

И у радиолярий мезозойские формы сменяются кайнозойскими не сразу и не одновременно (Кауффман 1986). В таких удаленных регионах, как Тасманово море, Калифорния и Урал, маастрихтский комплекс радиолярий сменяется не сразу палеогеновым, а переходным, где в разных пропорциях смешаны мезозойские и кайнозойские формы (Маслакова 1981). По данным разрезов Новой Зеландии, все меловые радиолярии пережили *K/T-границу*, постепенно исчезнув уже после нее (Dingus, Rowe 1998). Последовательность исчезновения разных групп известкового (фораминиферы, кокколитофориды) и кремнеземного (диатомеи, силикофлагелляты, радиолярии) планктона неодинакова в разных местах Земли (Татаринов 1987). Да и в целом урон среди диатомовых, динофлагеллят и радиолярий невелик (Alegret, Thomas 2007; Alegret *et al.* 2011).

Словом, «планктонный шок» не был столь дружным и одномоментным, чтобы объяснять его глобальными эффектами импакта. Зато, похоже, иридий выпадал во время очередного геологически краткого, но экологически долгого (с экологической точки зрения 100 тысяч, 10 тысяч и даже 1 тысяча лет – вовсе не мало!) планктонного кризиса, не связанного с импактом (см., например: Кауффман 1986; Татаринов 1987; Красилов 2001).

10.3. Сходство внутримеловых и финальномелового пульсов морских вымираний

В мелу было 5 массовых вымираний жителей моря в баррем/апте, альб/сеномане, сеноман/туроне, турон/коньяке и маастрихт/дании. Сходство этих пульсов указывает на сходные земные причины; их не спишешь на 5 астероидов, ибо каждый растянут на 2–5 млн лет и содержит множество этапов. Все пять пульсов совпали с усилением тектоники, крупными изменениями уровня океана и площади мелководных морей, изменениями течений, температуры, солености, насыщения вод кислородом, обостряв-

шими конкуренцию внутри биоты. Сильнейший эпизод каждого пульса, уничтожавший большинство характерной для каждого яруса донной фауны, наступал за 0,5–2,0 млн лет до верхней границы яруса, когда окончательно вымирали остатки руководящих форм и наступал «планктонный шок» (Кауффман 1986), порой с усилением роли «сигнальнобедственных» фораминифер *Guembelitra* (Keller, Pardo 2004). Правда, последний, маастрихт/датский, пульс вымираний был сильнейшим. Однако регрессия, похолодание, расширение бескислородной зоны были тогда наибольшими (Кауффман 1986; Prothero 2009). Значит, и конкуренция внутри биоты должна была тогда обостриться в наибольшей степени. Впрочем, почти полное отсутствие глобальных вымираний глубоководных донных фораминифер на *K/T-границе* доказывает, что даже в это время импакт и донные излияния лавы, сколь бы мощными они ни были, не привели к возникновению повсеместной бескислородной зоны в глубинах (Alegret, Thomas 2007).

11. Импакт-модель и динамика вымираний сухопутной биоты

Главная революция среди растений и насекомых свершилась не на *K/T-рубеже*, а в «безимпактной» середине мела (апт/альб), когда покрытосеменные стали господствовать в низких и средних широтах. Разнообразие птерозавров снижается на протяжении мела, а до позднего маастрихта дожили немногие крупные и гигантские формы. Ссылка на иллюзорность такого снижения разнообразия не работает, ибо остатков столь же легко-костных птиц из поздне меловых отложений известно достаточно; видимо, эволюционно продвинутые птицы и устранили мелких и средних птерозавров (Давиташвили 1969; Татаринов 1987; Кэрролл 1993а; Еськов 2004), не дожидаясь «пришествия астероида».

Потери сумчатых млекопитающих при переходе от мела к палеоцену компенсированы умножением рядов плацентарных (Татаринов 1987; Кэрролл 1993а; Hartenberger 2001). И среди крокодилов вымирания примитивных мезозухий компенсировались экспансией продвинутых зузухий. «Новые» крокодилы были подвижнее (легче панцирь), сильнее (большая прочность позвоночника благодаря передневыпуклым и задневогнутым, а не двояковогнутым позвонкам) и выносливее (полное развитие вторичного костного неба) «старых» (Ефимов 1978; Кэрролл 1993а). Но совершенно непонятно, чем все это могло им помочь в условиях годичной планетарной тьмы, астероидной зимы, кислотных дождей и т. д. (см. раздел 2). Столь же непонятно, почему плацентарные и многобугорчатые млекопитающие, птицы, хампсозавры, черепахи и земноводные слабо или вовсе не пострадали на *K/T-рубеже* (Там же; Prothero 2009) или «пересекли границу мела и палеогена, как бы не заметив ее» (Татаринов 1987: 191). В частности, на западе США это сделали все плацентарные (6 видов), все земноводные (7 видов саламандр и 1 вид лягушек), 4 вида крокодилов из 5, 15 видов черепах из 17, известных из финально меловой

формации Хэлл-Крик (Dingus, Rowe 1998). Ящерицы пострадали сильнее (вымерло 7 видов из 10 известных в этой формации), но это объяснимо небольшим похолоданием, усилением дожливости (Archibald 2012) и сменой растительности по вымиранию динозавров (леса теснили саванны). Совершенно ясно, что тотальные кислотные дожди, запредельный перегрев «газовой горелки» и многомесячный мороз до экватора (см. раздел 2) не оставили бы шансов ни одному виду наземных позвоночных.

12. Болид Шива вместо Чиксулуба? Или – вместе с ним? Или – не Шива?

Согласно Герте Келлер (Keller 2005), через 300 тыс. лет после Чиксулуба на Землю рухнул болид диаметром в 40 км, оставивший где-то кратер диаметром свыше 250 км (см. раздел 5.3). Он, а не Чиксулуб, создал иридиевый слой и окончательно уничтожил планктонных фораминифер, уже ослабленных эффектами истечений траппов Декана (см. раздел 13.1). Но чем больше болид, тем ниже вероятность импакта. Для болидов с импактными кратерами диаметром около 100 км она оценивается как раз в 30 млн лет, а для заметно более крупных – как раз в 100 млн лет (Paul 1989; White, Saunders 2005). Поэтому возможность поражения Земли болидами в 10 и 40 км диаметром с промежутком всего в 300 тысяч лет относится к столь же маловероятным событиям, как выпадение тысячи «решек» на тысячу бросаний монеты.

Шанкар Чаттерджи увидел след главного виновника катастрофы в подводном кратере Шива северо-западнее Бомбея. Это кратер неправильной (каплевидной) формы 600 на 450 км ширины (величайший в фанерозое!) якобы создан около 65 млн л. н. астероидом в 40 км диаметром. Возможно, этот болид оставил следы мегацунами, изохронные *K/T-границе*, на берегах Кении и Сомали и усилил истечения Деканских траппов. По мнению Чаттерджи, Шива, Чиксулуб и третий болид, рухнувший в Тихий океан (DSDP site 576), – обломки единого астероида, поразившие Землю с интервалами около 12 часов и давшие вышеописанный (см. раздел 2) катаклизм (Chatterjee 1997).

Сам по себе подобный импакт возможен: еще большие кратеры есть на Земле (архейская впадина Настапока в Гудзоновом заливе около 600 км), Луне и Марсе (*Ibid.*). Не исключено и поражение планеты несколькими обломками одного небесного тела, что снимает аргумент крайне низкой вероятности близкого во времени попадания в Землю разных крупных болидов. Но эта гипотеза противоречит фактам, доказывающим, что Чиксулуб (а значит, по Чаттерджи, и Шива!) рухнул на Землю за 300 тыс. лет до иридиевого прослоя (см. раздел 5.3).

Главная же проблема – не в числе, размерах и возрасте импактов. Она – в бытности, длительности и интенсивности глобальных тьмы, жары, пожаров, морозов и кислотных дождей. В том, что если этих ужасов хватило для глобального истребления динозавров и прочих знаковых форм мезозоя, то нет рациональных объяснений выживанию амфибий, пальм,

кораллов, птиц и других организмов, нетерпимых к долгой глобальной тьме с морозами и кислотному дождю (см. разделы 6, 7, 10, 11). А если ужасов не хватило для истребления стольких нежных существ, то нет рационального объяснения вымиранию динозавров и дальше по списку (см. разделы 5.1, 6, 7, 10, 11). «Ужасистоманам» не обойти эту проблему, даже если где-то «всплывет» 2000-километровый кратер нужного возраста (а искать будут жаростно, ибо надежды на Шиву тают по мере появления свидетельств того, что это не импактный кратер, а структура, возникшая в ходе спрединга и истечения магмы).

13. Сила и слабость некоторых версий, альтернативных импакт-модели

Существует много некатастрофистских объяснений вымирания динозавров и/или позднемелового кризиса в целом (см., например: Давиташвили 1969; Татаринов 1987; Archibald 2012). Их достоинство – отсутствие или меньшая, чем у импакт-модели, острота противоречий с ходом вымираний и выживанием многих групп организмов. Но у них имеются свои серьезные недостатки. Ниже рассмотрены только некоторые из этих версий.

13.1. Деканский вулканизм?

Около 66–65 млн л. н. истечения лавы из рифтовых трещин на западе Индии (траппы Декана) объемом до 500 000 кубических миль и толщиной до 2,3 км покрыли треть площади нынешнего Индостана. Полагают, что количества ядовитых газов и пепла, соразмерного объемам этих лав, хватило для повсеместной гибели динозавров и прочих вымерших форм на планете. Все они или отравились, когда постепенное накопление ядов в воде, воздухе, пище превысило некий критический порог, или погибли в результате быстрого катаклизма, подобного постулируемому для импакта (см. раздел 2), с его глобальными затмением, «вулканической зимой» и кислотными дождями (цит. по: White 1991).

Но ни трапповый, ни эксплозивный вулканизм не объясняет избирательности вымираний: дышать вулканическими газами и «умываться» кислотными дождями для выживших зверей, птиц, земноводных было ничуть не полезнее, чем для динозавров. И прочие биологические нестыковки, мешающие принятию астероидной версии вымираний (см. разделы 6, 7), отчасти актуальны и против главной роли вулканических факторов в этом кризисе. Правда, длительность образования траппов Декана (от 0,3 до 5 млн лет, согласно разным авторам; см., например: White 1991; Красилов 2001; White, Saunders 2005; Keller 2005) лучше астероидной модели соответствует протяженности вымирания (см. разделы 10, 11). Но разновременные потоки деканских лав переслоены речными и озерными слоями Ламета (Lameta Beds) с обильными остатками растений, беспозвоночных, динозавров и их яиц. Динозавры процветали между повторными извержениями; нет никаких патологий на их костях и яйцах (Chatterjee 1997). Огромные зауроподы-титанозавры, судя по их копролитам, пита-

лись здесь, подобно слонам, всем, до чего доставала их длинная шея, поглощая хвойные, саговники, двудольные деревья и травы и даже злаки (Prasad *et al.* 2005). Если деканские лавы и газы не устранили динозавров и их экосистемы даже в Индостане, то как им удалось уничтожить динозавров на других континентах? В прошлом, как и теперь, эпизоды извержений и трапповых излияний, длившиеся от нескольких дней до нескольких лет, чередовались с десятками, сотнями и тысячами лет покоя, когда природа обезвреживала газы удушливых выхлопов и использовала на благо биоте удобренные вулканами почвы (см., например: White, Saunders 2005).

Есть и другие несоответствия с фактами, мешающие принятию вулканических теорий позднемиоценового кризиса вообще и вымирания динозавров в частности (Paul 1989; Давиташвили 1969; Chatterjee 1997).

13.2. Постепенные изменения климата и географии и «импактная зима» без «ужастиков»

Апелляции к похолоданию и/или усилению сезонности климата из-за регрессии океана и подъема горных цепей (Ларамийский орогенез) (см., например: Рождественский 1978; Кэрролл 1993а) несостоятельны, ибо эти изменения были медленными, постепенными, они охватили не всю сушу, а меньшую ее часть. В приморских местностях всех материков и климатических зон сохранились обширные территории с океаническим, слабо сезонным климатом. Давно отмечена (см., например: Давиташвили 1969) смехотворность идеи гибели от холода динозавров низких широт, тем более что похолодание у мел-палеоценового рубежа было слабым. Справедлива и критика (Vakker 1990 и др.) идеи, будто молодые горы запада США, которые в позднем мелу и палеоцене были в 2–3 раза ниже, чем сегодня, создали невыносимые условия для динозавров. Если даже ее принять, останется непонятным, почему исчезли динозавры равнин.

Идея «вымораживания» динозавров не согласовывается и с тем, что в маастрихте многие из них жили в Северной Канаде, Аляске и Чукотке в лесостепях и/или разреженных лесах умеренного климата (среднегодовые температуры от 2° до 11 °С). Не менее трех месяцев настоящей морозной (до –11 °С и более) и снежной (кости принадлежат динозаврам, эпизодически погибавшим весной после снеготаяния) зимы не пускали туда крокодилов, хампсозавров, ящериц, черепах и амфибий (см., например: Paul 1989; Clemens 1992; Buffetaut 2004; Godfroit *et al.* 2009; Fiorillo *et al.* 2010). Сей факт противоречит и смягченным вариантам импактной модели (см. разделы 6.1, 8), отрекшимся от идей глобальных кислотных дождей и «теплового пульса», но допускающим действие «импактной зимы» при ослабленном освещении. Степень холода, недостаточная для истребления холоднокровных крокодилов, хампсозавров и черепах, не истребила бы теплокровных (?) динозавров, более стойких к холоду (Clemens 1992)! Катастрофисты возражают, что «полярные» динозавры погибли после импакта не от холода, а от голода, в силу глобальной остановки фотосинтеза

(Buffetaut 2004; Godfroit *et al.* 2009). Однако идея длительной глобальной остановки фотосинтеза опровергается выживанием многих растений и насекомых (см. разделы 6, 7, 10, 11).

13.3. Поиски удачной биотической альтернативы

Не вызывает сомнений, что крупные растительноядные динозавры играли ключевую роль в наземных экосистемах мезозоя, формируя интенсивным выпасом растительность своих пастбищ. Даже некоторые катастрофисты сочли, что отличия меловой и палеоценовой растительности, существовавшей в почти одинаково выровненном и теплом климате, обусловлены прекращением выпаса динозавров в той же мере, что и прямыми эффектами импакта (Leakey, Lewin 1997; Ward 1998). Но и безо всякого импакта глобальное выпадение из экосистем гигантских растительноядных по любой причине повлекло бы глобальные же изменения наземной растительности. Ящеры неизбежно формировали ее своим выпасом, создавая, как теперь делают слоны и некоторые копытные, открытые ландшафты из несплошных кустарников, трав (среди них, вероятно, доминировали быстрорастущие пастбищные формы) и древесного подроста, рост которого тормозило частое стравливание (Ward 1998; Bakker 1990; Жерихин 2003; Еськов 2004; Буровский 2014; см. также статью последнего в настоящем ежегоднике). С угасанием ящеров эти ландшафты сменились густыми лесами и кустарниками. Данные формации, вероятно, оказались неблагоприятными и для мелких динозавров, приспособленных к ландшафтам, создававшимся крупными ящерами, и для части млекопитающих, оказавшихся неконкурентоспособными в новых «бездинозавровых» экосистемах. Хищные ящеры вымерли без добычи. Пожары усилились: чем меньше фитомассы идет в зоомассу, тем больше ее остается для пожаров; чем гуще заросли, тем жарче они горят. Глобальное замещение динозавровых саванн и редколесий густыми лесами глобально же снизило снос в океан органики и минеральных частиц, ибо не стало гигантских трупов и масс навоза, а от сплошного зарастания ослабела эрозия. В результате ослабления сноса изменились условия питания планктонных и донных организмов, что и повлекло каскадные вымирания в трофических цепях. Правда, «планктонный шок» и другие морские вымирания конца мела могли быть и отдаленными следствиями появления дерновинных трав в середине мела, эффективно подавивших эрозию и снос биогенов в океан (Еськов 2004: 208). Пока динозавры паслись, этот эффект смягчался, а с их гибелью проявился вполне. Сажа и иридий (земной и поступающий из космоса) (см. разделы 5.2–5.4) оседали из воздуха и распределились в ненормально тонком слое осадков (Bakker 1990: 425). То есть замедление осадконакопления могло наступить вследствие снижения эрозии по причине зарастания суши густыми лесами и кустарниками после гибели растительноядных динозавров. Причиной же угасания последних могли быть участвовавшие случаи пожирания яиц и детенышей исполинов размножившимися млекопитающими, варанами, хищными птицами, а также

конкуренция млекопитающих с мелкими детенышами динозавров, занимавшими иные экологические ниши, чем взрослые ящеры (Давиташвили 1969; Татаринцов 1987; Еськов 2004). Даже у зауропод известные яйца не превышали в длину 25 см и были не более 5 л в объеме. Из них появлялись мелкие детеныши, подверженные атакам многих хищников (Sander *et al.* 2011).

Эта гипотеза тоже небесспорна. Среди позднемеловых динозавров имелись формы с ярко выраженной заботой о потомстве – как среди растительноядных (*Maiasaura*), так и среди средних (длина с хвостом 3,3 м) хищников (*Dromiceiomimus*). Последний к тому же обладал мозгом вполне птичьих размеров и конфигурации (Nault *et al.* 1987). Относительно крупный мозг птичьего типа был и у мелких хищников *Stenonychosaurus* (Bakker 1990: 360) и *Troodon*. Эти и другие мелкие/средние (0,5–4 м) хищные динозавры были традиционными врагами мезозойских млекопитающих, с одной стороны, и яиц/детенышей крупных динозавров – с другой (Nault *et al.* 1987; Bakker 1990), что, безусловно, заставляло больших динозавров приспосабливаться к яйцепожирательству. Некоторые млекопитающие тоже поедали яйца и детенышей динозавров как минимум с раннего мела, поэтому в конце периода они не могли послужить новым фактором. На этом основании, а также потому, что динозавры явно господствовали над млекопитающими, «не пуская» их в крупный размерный класс в течение всего мезозоя, многие отмечают идею устранения динозавров млекопитающими (Nault *et al.* 1987; Bakker 1990; Ward 1998).

Но не могло ли случиться так, что некоторые всеядные острозубые млекопитающие типа *Cimolestes* все же «перехитрили» в финальном мелу своих пожирателей из числа мелких хищных динозавров и варанов и стали размножаться неконтролируемо? Их могло стать достаточно много, чтобы ущерб, наносимый ими яйцам и детенышам крупных растительноядных динозавров, суммировался с уроном от других пожирателей, что и привело со временем к гибели ящеров-фитофагов, выпадение которых запустило вышеперечисленные изменения экосистем. Кстати, острозубые цимолесты, включая *Cimolestes magnus* величиной с барсука, прошли *K/T-рубеж*, пережив динозавров (Dingus, Rowe 1998). Кроме того, приблизительно в это же время в Северную Америку переселились из Азии около 30 видов кондилартр, всеядных «первокопытных». Предполагают, что они могли вытеснить здесь сумчатых, не готовых к конкуренции с этой группой (в маастрихте в Северной Америке из кондилартр жил только *Protungulium*) (*Ibid.*; Archibald 2012). Кондилартры ростом от крысы до барсука могли также поедать яйца динозавров и конкурировать с их детенышами.

Можно предположить и то, что яйца и молодь растительноядных ящеров были съедены мелкими хищными динозаврами, на каком-то этапе «поумневшими» слишком быстро (см., например: Буровский 2014). Обрушив экосистемы, они не смогли приспособиться к измененным ландшафтам в отличие от млекопитающих...

Нельзя исключить и возможности иных биотических механизмов элиминации динозавров, пока неустановимых в силу фрагментарности наших знаний о меловых экосистемах.

13.4. Почему механизм кризиса позднего мела пока не выяснен?

Он не расшифрован потому, что неясны ключевые вопросы функционирования и крушения меловых экосистем, а также экологии и физиологии динозавров и прочих тогдашних существ. Неизвестно, что (или кто?) и как губило динозавров, сколь синхронно и быстро они вымирали на разных материках, совпадали ли их вымирания с вымираниями морских организмов, и если да, то с какими именно. Неясны пределы экологических возможностей динозавров, были ли они теплокровными (см., например: Bakker 1990) или холоднокровными (см., например: Рождественский 1978; Кэрролл 1993a) и многое другое. Мы имеем слишком фрагментарные знания о сообществах позднего мела, столь несхожих с нынешними, чтобы установить, что и как обусловило их крушение, приведшее к гибели динозавров и ряда других форм. Поиски причин кризиса, уничтожившего динозавров, возможны лишь по косвенным уликам с выстраиванием «старых» и «новых» фактов в наименее противоречивую картину. Есть над чем работать ученым будущих поколений...

14. Заключение: импакт-модель позднемеловых вымираний в ее нынешнем виде несостоятельна

Подведем итог проверки постулатов (см. раздел 4), вытекающих из современных вариантов импакт-модели (см. раздел 2), на их соответствие ключевым фактам.

1) Ни один из всех известных импактов мезозоя и кайнозоя, кроме К/Т-импакта, не изохронен большим вымираниям (см. раздел 5.1).

2) Слои, изохронные гигантским и крупным вымираниям, не всегда характеризуются резким повышением содержания иридия (см. раздел 5.2).

3) Не доказано, что последствия К/Т-импакта по всей планете достигли значений, несовместимых с выживанием динозавров и прочих широко распространенных вымерших групп (см. разделы 5, 6, 7).

4) Не доказано, что выжившие существа, в отличие от вымерших, обладали свойствами, надежно защищавшими их от всех губительных эффектов импакта (см. разделы 6, 7).

5) Упадок и/или окончательное вымирание большинства знаковых форм мелового периода не изохронны импакту, а состоялись раньше или позже его (см. разделы 10, 11).

6) Некатастрофистские объяснения позднемеловых вымираний, в отличие от импакт-модели, не противоречат фактам, лежащим в основе выводов 1–5; однако у всех них есть собственные недостатки (см. раздел 14).

Многоэтапность и растянутость вымираний, то, что большинство их, по крайней мере в море, произошло до импакта, позволяет считать эти

вымирания следствием не катастрофы, а очередной диастрофы, быстрой лишь в геологическом смысле, для хода которой импакт не имел особого значения.

15. Почему «астероид, уничтожившей динозавров», столь популярен?

Почему, невзирая на такие нестыковки (см. разделы 5–14), штамп «астероид убил динозавров» настолько живуч?

Прежде всего потому, что у многих людей есть «жажда катастроф – первичная, базовая», всепоглощающая, а у других людей есть стремление раздуть эту жажду для получения дивидендов. Велико и желание получить простые и внятные ответы на возбуждающие массовый интерес «вопросы здесь и сейчас. Пока живем» (А. М. Буровский: in litt.).

Таких ответов в силу объективных причин пока не дают некатастрофические объяснения финальномелового кризиса (см. раздел 13). А *импакт-модель* их предлагает, *дает видимость «простого решения» сложных проблем*. На нее работают «околонаучный пиар» (Hartenberger 2001), «зомбирование» публики и даже ученых в средствах массовой информации. Многим так хочется завершить Век динозавров в страшном грохоте (“with a bang”) (см., например: Гулд 1986; Gould 1992; Leakey, Lewin 1997; Ward 1998), что они просто не желают замечать нестыковок. Работает на импакт-модель и нарастающая неуверенность людей в собственном будущем: не зря мы живем на сломе тысячелетий, когда обострился массовый интерес к тематике «конца света» в результате разных вселенских бедствий.

И без этого страха многие эмоционально предрасположены к катастрофизму. Некоторые коллеги-биологи, воспринявшие «на ура» доклад на Дарвиновских чтениях в Киеве (Пучков 2009), положенный в основу этой статьи, поменяли оценки на 180° после показа на телевидении цунами с аварией на Фукусиме-1. Попытки объяснить им, что Японские острова пережили бесчисленное количество цунами, что любое цунами бессильно в богатой горами стране за пределами прибрежной зоны, дали обратный результат: смотрят, как С. Гулд на тех, кто не верит Альваресам (см. раздел 4)! Таков эффект пары выпусков теленовостей. А «астероид, убивший динозавров», обслуживают множество видеороликов, внедривших штамп в подсознание. «Прогулки с динозаврами», например. Преподнесено ярко, как твердо доказанный факт. Такой же бесспорный, как превосходство кока-колы над другими напитками, а «хороших американских парней» – над прочими «плохими парнями». В такой атмосфере «кастинга» зрительских, читательских, издательских, «грантодательских» симпатий другие объяснения неизменно проигрывают эффектной импакт-парадигме.

Еще деталь: поиски иридия и иже с ним в пограничных слоях, бурения суши и дна, геохимические анализы потребовали колоссального вложения денег. Не отработать их, не «разгадать» двухсотлетней загадки гибели динозавров, было просто нельзя. А после публикаций изрядно

распиаренных работ Л. Альвареса лаборатории, работающие в поисках геохимических следов катаклизмов в переходных слоях, стали финансироваться на порядки лучше традиционных гео- и палеонтологических исследований. Соответственно произошло и перераспределение кадров (Hartenberger 2001). Толковать данные не в пользу катаклизмов стало морально и материально невыгодно.

В задающей миру тон «американской науке, как и в обществе в целом, царит истеблишмент. На кону не только научная правда, но и престиж, карьеры, зарплаты» и/или гранты. «Могучие интересы вынуждают отстаивать официальную догму», – так оценил ситуацию публицист Алэн Вудс (Woods 2004: 6). А палеонтолог Дональд Протеро приблизительно так охарактеризовал коллег-«ужастикоманов»: «...крутые стилиги от наук о Земле стремились объяснить большинство массовых вымираний ударами космических тел» (Prothero 2009: 409). Кроме того, словосочетания “bandwagon effect” и “bandwagon technique” означают «эффект группового давления» и «технику привлечения избирателей». Такие сравнения и впрямь напрашиваются при чтении безапелляционно напористых трудов проponentов импакт-модели (см., например: Alvarez 1983; Ward 1998; Robertson *et al.* 2004; 2013a; 2013b).

В заключение выражаю признательность А. М. Буровскому (г. Санкт-Петербург, Федеральное предприятие «Геолэкспертиза») и И. И. Дзеверинову (г. Киев, Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена) за консультативную помощь и критические замечания в ходе подготовки данной статьи.

Библиография

- Алексеев А. С. 1986. Вымирание на рубеже мела и кайнозоя. *Природа* 1: 57–60.
- Буровский А. М. 2014. Саванны мезозоя, или еще раз о сложных путях эволюции. *Эволюция Земли, жизни, общества, разума* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, А. В. Марков, с. 195–228. Волгоград: Учитель.
- Бурсма А. 1986. Палеотемпературы и соотношение изотопов углерода по разрезу от кампана до палеогена и граница мелового и третичного периодов в Атлантическом океане. *Катастрофы и история Земли. Новый униформизм* / Ред. У. Берггрен, Дж. Ван Кауверинг, с. 320–341. М.: Мир.
- Вулых П. Е. 1978. Подкласс Synapsosauria. *Развитие и смена органического мира на рубеже мезозоя и кайнозоя. Позвоночные* / Ред. А. Н. Соловьев, В. Н. Шиманский, с. 45–49. М.: Наука.
- Гретенер П. И. 1986. Размышления о редком событии. *Катастрофы и история Земли. Новый униформизм* / Ред. У. Берггрен, Ван Дж. Кауверинг, с. 89–100. М.: Мир.
- Гулд С. Дж. 1986. В защиту концепции прерывистого равновесия. *Катастрофы и история Земли. Новый униформизм* / Ред. У. Берггрен, Дж. Ван Кауверинг, с. 13–41. М.: Мир.
- Давиташвили Л. Ш. 1969. *Причины вымирания организмов*. М.: Наука.

- Данильченко П. Г. 1978. Надкласс Pisces – Рыбы. *Развитие и смена органического мира на рубеже мезозоя и кайнозоя. Позвоночные* / Ред. А. Н. Соловьев, В. Н. Шиманский, с. 17–46. М.: Наука.
- Еськов К. Ю. 2004. *История Земли и жизни на ней: от хаоса до человека*. М.: Изд-во ИЦ ЭНАС.
- Ефимов М. Б. 1978. Подкласс Lepidosauria, надотряд Crocodilia, надотряд Pterosauria. *Развитие и смена органического мира на рубеже мезозоя и кайнозоя. Позвоночные* / Ред. А. Н. Соловьев, В. Н. Шиманский, с. 49–51, 53–57, 82–83. М.: Наука.
- Жерихин В. В. 2003. *Избранные труды по палеоэкологии и филогенетике*. М.: Тов-во научных изданий КМК.
- Кауффман Э. Дж. 1986. Структура вымираний морских биот в меловом периоде. *Катастрофы и история Земли. Новый униформизм* / Ред. У. Берггрен, Дж. Ван Кауверинг, с. 156–254. М.: Мир.
- Козлова Н. И. 1981. Подкласс Radiolaria. Радиоларии. *Развитие и смена простейших, кишечнополостных и червей на рубеже мезозоя и кайнозоя* / Ред. В. Н. Шиманский, с. 27–51. М.: Наука.
- Красилов В. А. 2001. Модель биосферных кризисов. *Экосистемные перестройки и эволюция биосферы* 4: 9–16. URL: <http://macroevolution.narod.ru/krmmodelcrisis.htm>
- Кузьмичева Н. И. 1981. Класс Anthozoa. Коралловые полипы. *Развитие и смена простейших, кишечнополостных и червей на рубеже мезозоя и кайнозоя* / Ред. В. Н. Шиманский, с. 51–73. М.: Наука.
- Кэрролл Р. 1992. *Палеонтология и эволюция позвоночных*. Т. 1. М.: Мир.
- Кэрролл Р. 1993а. *Палеонтология и эволюция позвоночных*. Т. 2. М.: Мир.
- Кэрролл Р. 1993б. *Палеонтология и эволюция позвоночных*. Т. 3. М.: Мир.
- Маслакова Н. И. 1981. Подкласс Foraminifera. Фораминиферы. *Развитие и смена простейших, кишечнополостных и червей на рубеже мезозоя и кайнозоя* / Ред. В. Н. Шиманский, с. 4–26. М.: Наука.
- Михайлова И. А., Бондаренко О. Б., Обручева О. П. 1989. *Общая палеонтология*. М.: Изд-во МГУ.
- Наумов Д. В., Пастернак Ф. А. 1968. Тип кишечнополостные (Coelenterata). *Жизнь животных*: в 6 т. / Ред. Л. А. Зенкевич. Т. 1, с. 223–325. М.: Просвещение.
- Ньюэлл Н. Д. 1986. Массовые вымирания – уникальные или повторяющиеся явления. *Катастрофы и история Земли. Новый униформизм* / Ред. У. Берггрен, Дж. Ван Кауверинг, с. 122–132. М.: Мир.
- Последствия падения Юкатанского астероида. 2003. *Природа* 1: 82–83.
- Пучков П. В. 2009. «Зерна» и «плевелы» современного катастрофизма. *Современные взгляды на эволюцию органического мира. Программа и тезисы докладов международной научной конференции (18–20 ноября 2009 г., Киев, Украина)* / Ред. И. В. Довгаль, с. 64. Киев.
- Равикович А. И. 1954. *Современные и ископаемые рифы*. М.: Изд-во АН СССР.
- Рождественский А. К. 1978. Подкласс Archosauria, надотряд Dinosauria. *Развитие и смена органического мира на рубеже мезозоя и кайнозоя. Позвоночные* / Ред. А. Н. Соловьев, В. Н. Шиманский, с. 52–53, 57–82. М.: Наука.

- Татаринов Л. П. 1987.** *Очерки по теории эволюции*. М.: Наука.
- Хикки Л. 1986.** Смена флоры покрытосеменных на рубеже мелового и третичного периодов. *Катастрофы и история Земли. Новый униформизм* / Ред. У. Берггрэн, Дж. Ван Кауверинг, с. 285–319. М.: Мир.
- Чуди Р. 1986.** Палинологические свидетельства смены континентальных флор на рубеже мелового и третичного периодов. *Катастрофы и история Земли. Новый униформизм* / Ред. У. Берггрэн, Дж. Ван Кауверинг, с. 320–341. М.: Мир.
- Alegret L., Thomas E. 2007.** Deep-Sea Environments Across the Cretaceous/Paleogene Boundary in the Eastern South Atlantic Ocean (ODP Leg 208, Walvis Ridge). *Marine Micropaleontology* 64: 1–17.
- Alegret L., Thomas E., Lohmann K. C. 2011.** End-Cretaceous Marine Mass Extinction not Caused by Productivity Collapse. *PNAS* (Early Edition) 2011: 1–5. URL: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1110601109.
- Alvarez L. W. 1983.** Experimental Evidence that the Asteroid Impact Led to the Extinction of Many Species 65 Million Years Ago. *PNAS* 80: 627–642.
- Alvarez W. 2003.** Comparing the Evidence Relevant to Impacts and Flood Basalts at Times of Major mass Extinctions. *Astrobiology* 3: 153–161.
- Alvarez W. 2008.** *T. Rex and the Crater of Doom*. Princeton: Princeton University Press.
- Alvarez L., Alvarez W., Azaro F., Michel H. V. 1980.** Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinctions. *Science* 208: 1095–1108.
- Archibald J. D. 2005.** Were Dinosaurs the Victims of a Single Catastrophe? No, it Only Finished them off. *Nat. Hist.* 114 (4): 52–53.
- Archibald J. D. 2012.** Dinosaur Extinction: Past and Present Perceptions. *The Complete Dinosaur* / Eds. M. K. Brett-Surman, T. R. Holtz, J. O. Farlow, B. Walter. 2nd ed. Bloomington: Indiana Press.
- Bakker R. T. 1990.** *Le pterodactyle rose et autres dinosaures*. Bourges: Tardy.
- Belcher C. M. 2009.** Reigniting the Cretaceous-Palaeogene Firestorm Debate. *Geology* 37(12): 1147–1148.
- Borths M. 2008.** *Digging Past the Dinosaurs? Locomotor Trends and Mammalian Survivorship at the K–Pg (Cretaceous/Paleogene) Boundary*. A Senior Honors Thesis. The Ohio State University, 2008. URL: https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/32196/Digging_Past_the_Dinosaurs.pdf?sequence=1.
- Brusatte S. L., Norell M. A., Butler R. J., Prieto-Márquez A. 2012.** Dinosaur Morphological Diversity and the End-Cretaceous EXtinction. *Nature Communications* 3: 1–25 (DOI: 10.1038/ncomms1815). URL: http://www.research.ed.ac.uk/portal/files/8232600/PDF_Brusatteetal2012DinosaurExtinction.pdf.
- Buffetaut E. 2004.** Polar Dinosaurs and the Question of Dinosaur Extinction: a Brief Review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 214: 225–231.
- Cairns A. 2006.** More Evidence Chicxulub was too Early. *GSA Release* 06–14, 29 March 2006. URL: <http://www.geosociety.org/news/pr/06-14.htm>.
- Chatterjee S. 1997.** Multiple Impacts at the K/T Boundary and the Death of the Dinosaurs. *Proc. 30th Intern. Geol. Congr.* 26: 31–54.

- Clemens W. A. 1992.** Continental Vertebrates from Late Cretaceous of the Northern Slope, Alaska. *ICAM Proceedings* 1992: 395–398.
- Dingus L., Rowe W. 1998.** Chapter Seven: Victims and Survivors: Patterns of K-T Extinction and Survival. *The Mistaken Extinction – Dinosaur Evolution and the Origin of Birds* / Ed. W. H. Freeman, pp. 95–119. New York. URL: <http://www.geo.utexas.edu/courses/302d/Mistaken%20Extinction/Chapter%2007.pdf>
- Dyrosauridae. 2009.** URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Dyrosauridae>.
- Dybas Ch. 2009.** New Blow for Dinosaur-killing Asteroid Theory. *EurekaAlert*. April 27. URL: http://www.eurekaalert.org/pub_releases/2009_04/nsf-nbf042009.php#.
- Fassett J. E. 2009.** New Geochronologic and Stratigraphic Evidence Confirms the Paleocene Age of the Dinosaur-bearing Ojo Alamo Sandstone and Animas Formation in the San Juan Basin, New Mexico and Colorado. *Paleontologia Electronica* 12: 1–146. URL: http://palaeo-electronica.org/splash/index12_1.html.
- Fassett J. E., Heaman L. M., Simonetti A. 2011.** Direct U-Pb dating of Cretaceous and Paleocene Dinosaur Bones, San Juan Basin, New Mexico. *Geology* 39(2): 159–162.
- Fastovsky D. E. 2005.** Were Dinosaurs the Victims of a Single Catastrophe? Yes, and an Asteroid did the Deed. *Nat. Hist.* 114(4): 52–53.
- Fastovsky D. E., Sheehan P. M. 2005.** The Extinction of the Dinosaurs in North America. *GSA Today* 15(3): 4–10.
- Fiorillo A. R., McCarthy P. J., Flaig P. P. 2010.** Taphonomic and Sedimentologic Interpretations of the Dinosaur-bearing Upper Cretaceous Strata of the Prince Creek Formation, Northern Alaska: Insights from an Ancient High-latitude Terrestrial Ecosystem. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 295: 376–388.
- Godfroit P., Golovneva L., Shchepetov S., Garsia G., Alekseev P. 2009.** The Last Polar Dinosaurs: High Diversity of Latest Cretaceous Arctic Dinosaurs in Russia. *Naturwissenschaften* 96(4): 495–501.
- Gould S. J. 1992.** Dinosaurs in the Haystack. *Nat. Hist.* 101(3): 2–13.
- Gould S. J. 1994.** Jove's Thunderbolts. *Nat. Hist.* 103(10): 6–12.
- Hartenberger J.-L. 2001.** *Une breve histoire des mammiferes*. Paris: Belin.
- Hildebrand A. R., Boynton W. V. 1991.** Cretaceous Ground Zero. *Nat. Hist.* 6: 46–53.
- Keller G. 2003.** Chicxulub – the Non-smoking Gun. URL: <http://www.falw.vu/~smit/csd/kellercnet3.htm>.
- Keller G. 2004.** Smitten with Failed Impact-tsunami Theory. URL: <http://www.falw.vu/~smit/csdp/reply4/keller.htm>.
- Keller G. 2005.** Impacts, Volcanism and Mass Extinction: Random Coincidence or Cause and Effect? *Australian Journal of Earth Sciences* 52: 725–757.
- Keller G., Adatte T., Stinnesbeck W. 2003.** Reply to Smit, Nov. 16 2003. Did the Cretaceous World End with a Single Bang, or Many Smaller Ones? URL: <http://www.falw.vu/~smit/csdp/kellerreplay2.htm>
- Keller G., Pardo A. 2004.** Disaster Opportunists Guembelitrinidae: Index for Environmental Catastrophes. *Marine Micropaleontology* 53: 83–116.
- Keller G., Adatte T., Stinnesbeck W., Rebollder-Vieyra M., Urrutia Tucuguuchi J., Kramar U., Stueben D. 2004.** Chicxulub Impact Predates the K-T Boundary Mass Extinction. *PNAS* 101: 3753–3758.

- Keller G., Baum J., Vancey T., Adatte T., Abramovich S., Prauss M., Stueben D., Berner Z., Gardin S., Galbrun B. 2007.** Drilling K-T and Chicxulub Event Strata in Brazos, Texas. URL: <http://geoweb.princeton.edu/people/keller/brazos.html>.
- Landman N. H. 1991.** Luck of the Draw. *Nat. Hist.* 12: 68–71.
- Leakey R. E., Lewin R. 1997.** *La sixieme extinction*. Paris: Flammarion.
- Machalski M., Heinberg C. 2005.** Evidence for Ammonite Survival into the Danian (Paleogene) from the Cerithium Limestone at Stevns Klint, Denmark. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 52: 97–111.
- Nault W. H., Katz L. G., Osborn G. K., Vandergrift K. E., Waskeritz S. 1987.** *Dinosaurs!* Chicago: World Book Inc.
- Norris D. 1999.** Were the Last Dinosaurs Roasted Alive? *New Scientist* 20 Nov 1999. URL: <http://www.newscientist.com>
- Paul G. S. 1989.** Giant Meteor Impacts and Great Eruptions: Dinosaur Killers? *BioScience* 39 (3): 162–172.
- Pope K. O. 2002.** Impact Dust not the Cause of the Cretaceous–Tertiary Mass Extinction. *Geology* 30: 99–102.
- Prasad V., Stroemberg C. A. E., Alimohammadian H., Sahni A. 2005.** Dinosaur Coprolites and the Early Evolution of Grasses and Grazers. *Science* 310: 1177–1180.
- Prothero D. R. 2004.** Did Impacts, Volcanic Eruptions, or Climate Changes Affect Mammal Evolution? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 214: 283–294.
- Prothero D. R. 2009.** Do Impacts Really Cause Most Mass Extinctions? *From Fossils to Astrobiology. Springer Science + Business Media B.V.* / Eds. J. Seckbach, M. Walsh, pp. 409–423. URL: <http://www.donaldprothero.com/Papers.html>.
- Raup D. M. 1993.** *De l'extinction des especes*. Paris: Gallimard.
- Rincon P. 2004.** Dinosaur Impact Theory Challenged. *BBC News 2004*. URL: <http://www.freerepublic.com/focus/news/1088780/post>.
- Robertson D., Toon O., Scott J., Swenson G. 2004.** Study: Dinosaurs Died within Hours after Asteroid Hit Earth 65 Millions Years Ago. *News Center Univ. Colorado*. URL: <http://www.colorado.edu/news/releases/2004/168.html>.
- Robertson D. S., Lewis W. M., Sheehan P. M., Toon O. B. 2013a.** K-Pg Extinction: Reevaluation of the Heat-fire Hypothesis. *J. Geophys. Res.: Biogeosci.* 118: 1–8 (doi:10.1002/jgrg.20018).
- Robertson D. S., Lewis W. M., Sheehan P. M., Toon O. B. 2013b.** K-Pg Extinction Patterns in Marine and Freshwater Environments: the Impact Winter Model. *J. Geophys. Res.: Biogeosci.* 118: 1–9 (doi:10.1002/jgrg.20086).
- Ruban D. A. 2009.** The Survival of Megafauna after the End-Pleistocene Impact: a Lesson from the Cretaceous/Tertiary Boundary. *Geologos* 15(2): 129–132.
- Sander P. M., Christian A., Clauss M., Fehner R., Gee C. T., Griebeler E.-M., Gunga H.-Ch., Hummel J., Mallison H., Perry S. F., Preuschoft H., Rauhut O. W. M., Remes K., Tütken T., Wings O., Witzel U. 2011.** Biology of the Sauropod Dinosaurs: the Evolution of Gigantism. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 86(1): 117–155.
- Schultz S. 2003.** Dinosaur Dust-up. Princeton Paleontologist Produces Evidence for New Theory of Extinction. URL: <http://www.princeton.edu/pr/pwb/03/0922>.

- Smit J. 2003.** Chicxulub Crater not Related to the K/T Mass Extinctions?? *CCNet*, 26 September. URL: <http://abob.libs.uga.edu/bobk/cc/cc092603.html>.
- Smit J., Van Der Kaars W. A., Rigby K. Jr. 1987.** Stratigraphic Aspects of Cretaceous-Tertiary Boundary in the Bug Creek Area of Eastern Montana, USA. *Mem. Soc. Geol. France, N. S.* 150: 53–73.
- Wappler T., Currano E. D., Wilf P., Rust J., Labandeira C. C. 2009.** No Post-Cretaceous Ecosystem Depression in European Forests? Rich Insect-feeding Damage on Diverse Middle Palaeocene Plants, Menat, France. *Proc. R. Soc. B.* 276: 4271–4277.
- Ward P. D. 1998.** The Call of Distant Mammoths. Why the Ice Age Mammals Disappeared. New York: Copernicus Springer Verlag.
- White R. S. 1991.** Ancient Floods of Fire. *Nat. Hist.* 4: 50–61.
- White R. S., Saunders A. D. 2005.** Volcanism, Impact and Mass Extinctions: Incredible or Credible Coincidences? *Lithos* 79: 299–316.
- Wolbach W. S., Lewis R. S., Anders E. 1985.** Cretaceous Extinctions: Evidence for Wildfires and Search for Meteoritic Material. *Science* 230: 167–170.
- Woods A. 2004.** What Really Killed the Dinosaurs? *In Defence of Marxism* (18 October): 1–13. URL: <http://www.marxist.com/dinosaurs-extinction181004.htm>.