

УДК 551.761

Михаилу Владимировичу Муратову,  
моему учителю посвящается

## ПЕРМО-ТРИАСОВЫЙ КРИЗИС И ЕГО ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА

*В.Р. Лозовский*

Российский государственный геологоразведочный университет, Москва

Поступила в редакцию 05.06.12

Пермо-триасовый кризис был наиболее масштабным в истории Земли. Исследуется поведение континентальной биоты на рубеже перми и триаса на Восточно-Европейской платформе. Показано, что кризис континентальной биоты предшествовал таковому морской. Сделано предположение, что главной причиной кризиса могло послужить падение крупной кометы и последовавшие за этим процессы. Остатками этой кометы предположительно считаются углеродистые шарики, обнаруженные в недубровской пачке вохминской свиты. Поддержана точка зрения об историческом приоритете нижней границы триасовой системы выше принятого ныне положения в подошве конодонтовой зоны *Hindeodus parvus*.

*Ключевые слова:* пермь, триас, биотический кризис, Восточно-Европейская платформа, импактная модель.

Вымирание организмов на рубеже перми и триаса, именуемое обычно пермо-триасовым кризисом, или великим массовым вымиранием (Алексеев, 1989), было самым значительным в истории Земли, превосходившим по масштабам широко известное мел-палеогеновое вымирание, с которым связано вымирание динозавров. На рубеже перми и триаса вымерло около 90% видов всех живых существ, как морских, так и континентальных (Benton, 2005). Среди морских форм, преимущественно бентосных, вымерли такие типично палеозойские группы, как табуляты, четырехлучевые кораллы, трилобиты, многие отряды брахиопод, мшанок и морских лилий, бластоидеи, фузулиниды и др. Столь же значительными, но менее известными в литературе, были и изменения наземной и пресноводной биоты (среди позвоночных и беспозвоночных), а также флоры, что объясняется отсутствием полных континентальных разрезов, охарактеризованных всеми группами как пермской, так и триасовой наземной биоты: одни разрезы содержат преимущественно остатки наземных позвоночных (Южная Африка), другие (Западная Европа) — полные комплексы конхострак, а позвоночные и другие группы беспозвоночных встречаются лишь спорадически. Последовательность отложений, развитых на Восточно-Европейской платформе, выделяется среди других своей исключительной полнотой и разнообразием фауны, поэтому по праву занимает первое место. Близок по представительности разрез Таримской платформы (Далонгкоу), изучавшийся китайскими исследователями и неоднократно освещавшийся в отечественной и европейской литературе

(Кухтинов и др., 2011; Лозовский, Есаулова, 1998; Kozur, Weems, 2011).

### **Изменения континентальной биоты на границе перми и триаса в пределах Восточно-Европейской платформы**

Согласно существующим стратиграфическим схемам, граница перми и триаса на Восточно-Европейской платформе проводится между вязниковским горизонтом вятского яруса (Лозовский, Кухтинов, 2007; Сенников, Голубев, 2010) и недубровской пачкой нижней подсвиты вохминской свиты (Лозовский и др., 2011). Изменения континентальной биоты на этом рубеже впервые были хорошо изучены и документированы по тетраподам и другим группам фауны и флоры (Ивахненко и др., 1997; Лозовский, Есаулова, 1998). Позднее они были дополнены данными по вновь открытым самым молодым пермским и древнейшим нижнетриасовым горизонтам (Лозовский и др., 2001). В целом картина изменений континентальной биоты на переломном рубеже геологической истории от палеозоя к мезозою здесь выглядит гораздо полнее, чем в других районах мира. Рассмотрим этот вопрос в деталях.

В течение пермского периода на суше в Восточной Европе господствовали относительно крупные рептилии, уступавшие по размерам юрским и меловым динозаврам. Наряду с ними существовали парарептилии, главным образом парейзавры, гораздо реже встречались амфибии. Во второй половине периода здесь сменилось два крупных сообщества — диноцефаловое и териодонтовое (Ивахненко и др.,

1997). Граница между этими сообществами, как сейчас выяснилось, не такая резкая, а проходит через промежуточный сундырский комплекс: в доминирующем диноцефаловом сообществе появляются элементы териодонтового (Голубев и др., 2011). Затем появляются дицинодонты, игравшие существенную роль вплоть до конца пермского периода. В самом конце периода (вязниковское время) териодонтовое сообщество значительно обедняется, в нем впервые появляются ранние текодонты (архозавры), господствовавшие в мезозое (Сенников, Голубев, 2008).

В начале триасового периода в составе наземной биоты наблюдаются крупнейшие изменения, выражавшиеся прежде всего в доминировании амфибий над рептилиями. Среди первых единственной формой, известной практически из всех местонахождений, является батрахоморфный лабиринтодонт *Tupilakosaurus*, ранее считавшийся потомком позднепермских двинозаврид, что ныне подвергается сомнению: высказывается мысль о его возможных гондванских корнях (Шишкин, 2011). Несомненно гондванским элементом, характеризующим раннетриасовые отложения по всему Миру и давшим название одноименной зоне, является дицинодонт *Lystrosaurus*. Впервые он был обнаружен Н.Н. Каландадзе (1975) в асташихинской пачке вохминской свиты, а ныне установлен и в ряде других пунктов (Сенников, Новиков, 2011)<sup>1</sup>. В более высоких горизонтах вохминской свиты фауна позвоночных весьма редкая и состоит преимущественно из мелких форм: здесь отмечены проколофоны *Phaanthosaurus* и *Contritrosaurus*, быстровианиды *Axitectum*, пролацертии *Microcnemus*, протерозухиды *Blomosuchus*, а также амфибии *Luzocephalus* (Ивахненко и др., 1997). Несколько более разнообразными и крупными по размеру позвоночными, преимущественно амфибии, становятся в оленекское время. После кризиса сообщество тетрапод окончательно «оживает» лишь в начале среднего триаса.

Изменения рыб на этом рубеже лучше всего можно проследить по наиболее сухопутной группе двоякодышащих, впервые появившихся в конце перми, где встречена *Gnathorhiza tatarica* Min. (Миних, 1989). В нижних пачках вохминской свиты дипноиды не встречаются, в верхних же появляется единственный представитель *Gnathorhiza triassica triassuca* Min. В рыббинском и устьмыльском горизонтах гнаторизы представлены уже несколькими видами; начиная с федоровского времени к гнаторизам добавляется новый род *Ceratodus*.

Крупные изменения отмечены и среди беспозвоночных. Позднепермские двустворчатые моллюски характеризуются небогатым сообществом, в котором преобладает род *Palaeomutela* (Гусев, 1990). Аналогичная, но несколько обедненная фауна двустворчатых моллюсков установлена В.В. Силантьевым в вяз-

никовских отложениях (Голубев и др., 2005). Индские (вохминские) отложения характеризуются полным их отсутствием, первые двустворчатые моллюски появляются лишь с начала оленекского века.

Характерным элементом позднепермских сообществ ракообразных были остракоды. Разнообразные их сообщества характеризуют последовательно северодвинские, вятские и вязниковские отложения (Кухтинов, 1998; Лозовский, Кухтинов, 2007; Molostovskaya, 2005), где они представлены многочисленными видами родов *Suchonellina*, *Darwinula*, *Tatarirella*, *Suchonella* из подотряда *Darwinulocopina* и *Wipplella* неясной систематической принадлежности. В вязниковских сообществах появляется род *Gerdalia*. На рубеже перми и триаса происходили резкие изменения родового состава остракод, остаются только представители *Darwinula* и *Gerdalia*, каждый из этих родов представлен несколькими видами, в целом составляющими комплекс зоны *Darwinula meta*, *Gerdalia variabilis* Е.М. Мишиной (1969). В рыббинском горизонте (оленекский век) содержится уже новый, более богатый и отличный по родовому и видовому составу комплекс остракод.

Вятский комплекс конхострак довольно разнообразен, отличаясь от северодвинского по видовому составу, в нем присутствуют представители родов *Polygrapta*, *Liograptia*, *Tripemphigus* и виды семейств *Lioestheriidae* и *Glyptoasmussidae* и надсемейства *Leiaioidea* (Новожилов, 1970). Вязниковские отложения, преимущественно песчаные по составу, крайне неблагоприятны для захоронения ракообразных. В недубровской пачке вохминской свиты встренен лишь один вид (*Lioestheria blomii* Molin), а в асташихинской — *Falsisca* cf. *verchojanica* Molin (Лозовский и др., 2011). Вышеизложенное свидетельствует о значительном вымирании конхострак в начале триаса. В более высоких пачках вохминской свиты конхостраки становятся более разнообразными, они представлены видами родов *Pseudestheria*, *Lioestheria*, *Cyclestheria*, *Glyptoasmussia*, *Cornia*, *Eulimnadia*, *Limnadia* и *Cizicus*, а с краснобаковской подсвиты появляется важная в стратиграфическом отношении форма *Vertexia tauricornis* Lutk. (Коцур и др., 1983). Еще более разнообразный комплекс конхострак встречен в оленекских отложениях (Липатова, Лопато, 2000).

На границе перми и триаса исчезают специфические пермские группы насекомых и резко падает их разнообразие, которое восстанавливается в середине триаса, а в более молодых горизонтах быстро нарастает. В нижнем триасе остатки жуков представлены почти исключительно гладкими надкрыльями, принадлежащими водным формам (*Tomiiidae*), в то же время здесь полностью отсутствуют древоядные жуки, что может быть объяснено исчезновением крупных деревьев как среды их обитания (Пономаренко, Сукачева, 1998).

<sup>1</sup> В китайском разрезе Далонгкое последние находки пермских дицинодонтов зафиксированы и выше первого появления листрозавров (см. Кухтинов и др., 2011).

Конец пермского периода на Восточно-Европейской платформе характеризовался аридизацией климата, что подтверждается ксерофильным характером флоры. Татарская флора (так называемая татариновья) еще достаточно разнообразна (Гоманьков, Мейен, 1986), вязниковская же флора, изученная С.В. Наугольных (Naugolnykh, 2005), значительно беднее; примечательно появление в ней хвойных типичного западноевропейского рода *Ullmannia*.

На границе с недубровской пачкой вохминской свиты количественный состав флоры еще более сокращается (Карасев, 2009)<sup>2</sup>. Небогатая недубровская флора в родовом и видовом отношении уже достаточно близка к цехштейновой (Krassilov, Karasev, 2009). Бедный флористический комплекс, близкий к недубровскому, недавно встречен в верхних горизонтах вохминской свиты (устное сообщение С.В. Наугольных). Начиная с рыбинского времени господствовала исключительно однородная в родовом отношении плевромейевая флора (Добрусина, 1982).

Подводя итоги, следует сказать, что на Восточно-Европейской платформе на принятой границе перми и триаса отмечены крупнейшие изменения континентальной биоты, в частности вымирание целых групп организмов, либо резкое сокращение разнообразия фаунистических и флористических комплексов. Такие изменения можно считать экологическим кризисом.

### Корреляция разреза Восточно-Европейской платформы с другими разрезами Лавразии

Как было показано выше, разрез Восточно-Европейской платформы среди других последовательностей Лавразии выделяется лучшей охарактеризованностью различными группами фауны и флоры. Попытаемся его скоррелировать с другими разрезами этого региона и прежде всего с классическим разрезом Германского бассейна, послужившим стратотипической областью при установлении триасовой системы Фон Альберти в 1834 г. Здесь граница перми и триаса проходит между охарактеризованной цехштейновой флорой формацией Фульда (брокельшифером) и пестрым песчаником (бунтзандштейном). Последний расчленяется на несколько литологических горизонтов (формаций). Для биостратиграфического расчленения бунтзандштейна Х. Коцур (Kozur, 1998) предложил выделять зоны по конхостракам, как наиболее надежной, по его мнению, и повсеместно встречаемой группы фауны.

За последние годы этим исследователем было опубликовано несколько статей, посвященных корреляции конхостраковой схемы Германского бассейна с общей шкалой, основанной на конодонтовой и

аммонитовой шкалах (Kozur, 2003; Kozur, Bachman, 2005). Для этой цели он успешно использовал сочетание биостратиграфических данных и абиотических событий, таких как палеомагнитные инверсии, изменение изотопного состава углерода, обилие микросферул (Kozur, Weems, 2011, с. 23). Эта корреляция, изображенная в правой части рис. 1, достаточно обоснована и подтверждается приводимыми Х. Коцуром данными.

Конхостраки были использованы Х. Коцуром совместно с В.Р. Лозовским (по определениям Н.И. Новожилова), Э.В. Мовшовичем и А.Ю. Лопато для сопоставления краснобаковской подсвиты вохминской свиты с одновозрастными подразделениями Германии по присутствию характерных форм с шипами на личиночных створках — *Vertexia tauricornis* (= *Cornia germari* в схеме Коцура) (Коцур и др., 1983). Такое сопоставление хорошо согласуется со сменой на уровне появления этих конхостраков намагниченности с положительной на отрицательную, как в России, так и в Германии. Другим надежным репером для такой корреляции являются недубровская пачка с цехштейновой флорой (Krassilov et al., 1999), обладающая отрицательной намагниченностью, и нижняя пачка формации Фульда (Лозовский, 2010). Такое же сопоставление дается и Х. Коцуром (Kozur, Weems, 2011, с. 37). Вязниковские отложения, содержащие архозавров, соответствуют цехштейну, в нижних горизонтах которого известны находки текодонтов (Лозовский, Есаулова, 1998, с. 142). Общее сопоставление схем расчленения Восточно-Европейского и Германского бассейнов дано автором (Лозовский, 2010).

Разрез Тунгусской синеклизы имеет важное значение для понимания проблемы пермо-триасового кризиса. Здесь на угленосных отложениях, содержащих палеофитную флору (гагарьеостровский горизонт), залегает мощная вулканогенно-осадочная толща, состоящая из нижней (туфовой) и верхней (лавовой) частей. Спор о ее возрасте длится уже в течение многих лет и далек от разрешения. Граница перми и триаса проводится различными авторами в диапазоне от основания туфовой части толщи (тутончанского горизонта), содержащей мезофитную флору (Могучева, Бетехтина, 1998)<sup>3</sup>, ее верхней части (корвунчанский горизонт) вплоть до кровли лавового путоранского горизонта (Садовников, Орлова, 1994). Для биостратиграфического расчленения вулканогенного комплекса Г.М. Садовников и Э.Ф. Орлова успешно использовали конхостраки, подобно приему, успешно примененному Х. Коцуром в Германском бассейне. Разработанная ими схема в настоящее время уточнена и детализирована (Kozur, Weems, 2011). В результате оказалось возможным уверенно сопоставить разрез Сибири с таковым Германского

<sup>2</sup> Присутствие цехштейновой флоры впервые было установлено В.А. Красиловым и С.А. Афониним (Krassilov et al., 1999).

<sup>3</sup> Эту точку зрения я подвергал сомнению (Лозовский, Есаулова, 1998, примеч. на с. 171), считая, что она проходит внутри туфогенной толщи.





бассейна, а нами — и с последовательностью Восточно-Европейской платформы (рис. 1)<sup>4</sup>.

Рассмотрение данной схемы корреляции приводит к весьма интересным выводам, на которых мы подробно остановимся ниже. В зоне перехода от перми к триасу в рассматриваемом регионе четко выделяются три уровня, впервые намеченные автором для Московской синеклизы (Лозовский, 2010). Заслужой Х. Коцура является точная привязка этих уровней в конхостраковых схемах разрезов Германии, Сибири и Китая и увязка их с общей шкалой (Kozur, Weems, 2011).

**Первый** уровень относится к подошве формации Фульда Германии, подошве недубровской пачки Московской синеклизы и верхнехунгтукунского горизонта Сибири. Характеризуется массовым вымиранием континентальных организмов. О том, как это происходило на Восточно-Европейской платформе, подробно говорилось выше, а на Сибирской платформе имеющиеся данные позволяют уверенно говорить об исчезновении двустворчатых моллюсков и вымирании конхостраков как и в разрезах Германии, так и в Сибири (Kozur, Weems, 2011). На этом уровне проводится подошва вохминского горизонта, принятого здесь за нижнюю границу триаса, поскольку появляется предположительно гондванская форма *Tupilakosaurus*. В общей шкале этот уровень соответствует нижней границе зоны *Clarkina changxingensis*—*C. deflecta*. В палеомагнитной шкале Германии здесь проходит рубеж положительной *Op* и отрицательной *Og* зон. На Восточно-Европейской платформе — это основание зоны  $R_0$ , отложения, в основании которых отмечено несогласие.

**Второй** соответствуют граница формации Кальвёрге (нижняя часть бунтзандштейна) и брокельшифера (формация Фульда) — историческая граница перми и триаса в Германии, подошва асташихинской пачки вохминской свиты и подошва паторанского горизонта Сибири. По конхостраковой схеме этот уровень отвечает границе зон *Falsisca eotriassica* и *F. postera*. Он характеризуется появлением гондванских *Lystrosaurus* на Восточно-Европейской платформе и в Западном Китае (Синцзян), началом излияния паторанских базальтов в Сибири, в которых также обнаружен *Lystrosaurus*. В общей шкале эта граница соответствует появлению *Otoceras boreale*, с которого обычно начинают триас (Tozer, 1984). Этот рубеж чрезвычайно знаменателен в конодонтовой шкале, фиксируя начало зоны *Clarkina meishanensis*—*Hindeodus praeparvus* (последний вид именовался ранее *H. latidentatus*, а некоторые исследователи (S. Mei) ошибочно принимали его за *H. parvus*). В палеомагнитных шкалах Германии и России данный рубеж проходит внутри положительных зон  $I_n$  и  $N_1$  соответственно.

**Третий** рубеж располагается внутри формации Кальвёрге в Германии, в основании рябинской пачки вохминской свиты Восточно-Европейской платформы, между марининским и паторанским горизонтами Сибирской платформы. В конхостраковой шкале он разделяет зоны *Falsisca verchojanica* и *F. postera*. При увязке данных уровней с общей шкалой устанавливается, что на этом рубеже появляется конодонт *Hindeodus parvus* — маркер официально принятой нижней границы триасовой системы. В палеомагнитной шкале рубеж проходит, как и предыдущий, внутри той же положительной палеомагнитной зоны, но несколько выше. Отвечает минимуму  $\delta^{13}C_{min}$ .

Основной вывод из вышесказанного следующий: *вымирание континентальных организмов предшествовало таковому морских*. Об этом явлении уже писали С. Лукас (Lucas, 2009) и Х. Коцура и Р. Вимс (Kozur, Weems, 2011). В настоящей статье я попытался дать объяснение этому явлению, для чего изложил несколько фактов, проливающих свет на решение данной проблемы.

#### **Недубровская пачка вохминской свиты — ключ к решению проблемы перми-триасового кризиса**

Недубровская пачка в принятой стратиграфической схеме (Лозовский и др., 2011) составляет основание вохминской свиты нижнего триаса. Стратотип ее располагается в Вологодской обл. у д. Недуброво на правом берегу р. Кичменги (левый приток р. Юг) (рис. 2, 3), подробное ее описание содержится в статье В.Р. Лозовского и др. (2001). От вышележащих ритмопачек вохминской свиты она отличается присутствием в нижней части характерного слоя зеленовато-серого цвета, состоящего из ленточного переслаивания глин и алевролитов (мощностью до 2 м), при макроскопическом изучении напоминающего пепловые отложения. Микроскопическое изучение подтвердило этот факт: светло-зеленый оттенок породе придает глинистый минерал смектит железисто-кальциевого состава с небольшой примесью калия (Ерошев-Шак и др., 2002), образование которого связано с эолово-пепловой пировулканокластикой. Эти авторы высказали предположение, что пирокластическая была привнесена из района гряды Чернышева и Коротайхинской впадины, ближайшего к бассейну р. Юг района проявления триасового вулканизма, расположенного в 800 км северо-западнее. Тимано-Печорское Приуралье представляет собой краевую зону крупнейшего в мире поля трапповых излияний Сибирской платформы.

Недубровская пачка содержит обильные остатки флоры, у которой отмечены многочисленные аномалии эпидермального строения кутикулы (выклини-

<sup>4</sup> Это сопоставление подтверждается наличием несомненно пермских двустворок *Palaeonodonta* в тутончанской свите (Могучева, Бетехтина, 1998), триасовых остракод зоны *Darwinula mera*, *Gerdalia variabilis* в хунгтукунском горизонте (Мишина, 1969) и позвоночных *Lystrosaurus* в мокулаевских базальтах (средняя часть паторанского горизонта (Шишкин, Лозовский, Очев, 1986)).



Рис. 2. Расположение местонахождения Недуброво

вание устьичных зон, неправильное расположение, спаренные устья и др.), а также аномальные пыльцевые зерна (развитие дополнительного воздушного мешка, а у мешковых тениатных форм — дополнительно развитые лопасти и ориентация ребер (Ерошев-Шак и др., 2002; Krassilov et al., 1999; Lozovsky et al., 2001). Как полагают эти авторы, главная причина подобных изменений заключается в интенсивном ультрафиолетовом излучении, обусловленном разрушением стратосферного озона. Последнее мог-

ло быть следствием загрязнения атмосферы продуктами выброса вулканов (твердых частиц, кислых газов), особенно активных во время извержений.

Мы предполагаем, что основной причиной разрушения озонового слоя и создания огромной озоновой дыры могло послужить падение крупной кометы или ее взрыв в атмосфере. Следы этой кометы следует искать в многочисленных высокоуглеродистых микросферах и сфероидах диаметром около 10 мкм, обнаруженных в недубровской пачке (О.А. Корчагиным и автором готовится к печати статья об этих микросферах). От мегаспор выявленные сфероиды отличаются существенно меньшими размерам (10 мкм против 200 мкм), а от эндофуллеренов (углеродистых шариков  $C_{60}$ ) — присутствием кислорода и существенно большими размерами (10 мкм против 1 мкм).

В этой связи следует отметить, что подобный горизонт углеродистых шариков установлен в верхнеплейстоценовых отложениях Северной Америки с возрастом 12 000—13 000 лет, когда произошло одно из наиболее значимых вымираний крупной биоты — мамонтов. Происхождение углеродистых шариков Северной Америки проблематично, по одной версии, они связаны с жизнедеятельностью насекомых в грибах, по другой, представляющей нам наиболее вероятной, — с падением на Землю кометы и последовавшими за этим пожарами<sup>5</sup>.



Рис. 3. Фотография разреза Недуброво на левом берегу р. Кичменги. Стрелкой обозначен слой 2, содержащий аномальные остатки цехштейновой флоры и углеродистые микросферы

<sup>5</sup> Информация о высокоуглеродистых шариках Северной Америки содержится на сайте <http://www.inauka.ru/news/article102234.html>



**Предполагаемое место падения кометы,  
вызвавшей масштабную катастрофу  
в конце пермского периода, —  
Тунгусская синеклиза**

Как сказано выше, высокоуглеродистые микросферы и сфероиды в отложениях недубровской пачки относятся к остаткам крупной кометы, упавшей или взорвавшейся в воздухе, что и вызвало масштабную геологическую катастрофу. Наиболее вероятным местом ее падения, по мнению автора, является Тунгусская синеклиза на Сибирской платформе, по иронии судьбы там же, где в 1908 г. произошло падение знаменитого Тунгусского метеорита.

Тунгусская синеклиза — особый тип платформенных впадин, названный М.В. Муратовым (1975) амфилизой. Это гигантский амфитеатр с довольно плоским дном и крутыми крыльями по бортам, с большим количеством обрамляющих по краям и секущих разломов. Для амфилиз характерны огромные массы вулканических продуктов (лав и туфов), вынесенных из глубины по разломам и образующих очень мощные накопления. Причина образования подобных платформенных впадин, как писал М.В. Муратов, ссылаясь на мнения различных авторов (от Н.С. Шатского до С.И. Субботина), лежит в процессах, происходящих под земной корой, либо из-за оттока подкорового вещества, либо его **уплотнения**. Соглашаясь в целом с такой концепцией, я допускаю, что уплотнение могло быть следствием импактного события, связанного с падением очень крупной кометы или ее взрывом вблизи поверхности.

К косвенным данным, подтверждающим данное предположение, следует отнести небольшую иридиевую аномалию в слое 26 (черные глины) вместе с обогащением его сидерофильными элементами Co, Ni и Au и увеличенное содержание халькофильных элементов (As, Se, Sb и Mo) в слое 25 (белые глины) знаменитого разреза Мейшань ниже принятой границы перми и триаса (Yin, 1996, p. 85). К другим признакам следует отнести многочисленные микросферулы железо-никелевого состава космической природы, зафиксированные как в этом разрезе (Корчагин и др., 2010; Yin, 1996), так и в континентальных разрезах Германского бассейна в том же стратиграфическом диапазоне (Kozur, Bachmann, 2005) (рис. 1).

Теперь попробуем восстановить ход событий. Приблизительно 252,8 млн лет назад произошло падение на Землю крупной кометы, которая либо упала непосредственно в бассейне нынешней р. Тунгуски, либо взорвалась в воздухе. Образовавшаяся от этого взрыва озоновая дыра обеспечила беспрепятственное попадание ультрафиолетовых лучей на земную поверхность, что и вызвало мгновенную гибель

основной массы всех живых сухопутных организмов. На территориях, расположенных на периферии озоновой дыры, губительное излучение было несколько ослаблено. Так, в Южной Африке в бассейне Карру на границе зон *Dicynodon* и *Lystrosaurus* зафиксировано крупнейшее вымирание наземных организмов и появление других, приспособленных к новым условиям, прежде всего амфибий. Только немногие формы (проколофон *Owenetta*, тероцефалы *Tetracynodon* и *Moschorhinus*) смогли пережить катастрофу и какое-то время еще продолжают встречаться в отложениях зоны *Lystrosaurus* (Rubidge, 1995). Аналогичным образом пермские дицинодонты, полностью вымершие в России к концу перми, в Синцзянском бассейне некоторое время продолжали существовать вместе с листрозаврами, а затем исчезли (Кухтинов и др., 2011; Kozur, Weems, 2011).

На Сибирской платформе в тунгусское и ледбеевское время вулканическая деятельность была еще довольно слабой, здесь формировались туфопесчаники, туфоаргиллиты, туфоалевролиты с редкими прослоями туфов, изредка встречаются единичные покровы базальтов. Тунгусское событие привело к резкому усилению вулканической деятельности, вспышке выброса туфов, она ускорила образование многочисленных трещин и разломов. Произошло формирование верхней части туфовой толщи (учамская свита), имеющей, в отличие от нижней, гораздо более грубый состав (туфобрекчии, туфоконгломераты, грубообломочные ксенотуфы и др.) с редкими прослоями базальтов.

Выброс огромных масс пеплового материала в воздух вызвал сильное запыление атмосферы и выпадение этих продуктов в моря и океаны, что наряду с кислотными дождями и сильным ультрафиолетовым излучением, проникавшим в воду на глубину до нескольких десятков метров, и было главной причиной довольно быстрой гибели морских, преимущественно бентосных, организмов. В глубоководных осадках нижнего триаса зафиксировано отсутствие радиоляриевых пород, кризис сказался массовым вымиранием радиолярий вследствие резкого падения обилия кремневого планктона (Брагин, 2000). Характерным для этого времени было насыщение морских вод зелеными водорослями *Tympanicysta (Reduviasporonites) stoschiana* Valme, что делало их похожими на современное Саргассово море<sup>6</sup>. Последовавшее за выбросом туфов излияние пуроранских лав, как и эйменьшанский вулканизм на Китайской платформе, на пермо-триасовый кризис напрямую существенного влияния не оказывали.

С описанным сценарием хорошо согласуется факт глобального прекращения торфообразования и, сле-

<sup>6</sup> Первоначально установленная в морских отложениях нижнего инда *Tympanicysta stoschiana* Valme впоследствии была встречена в изобилии в вохминском горизонте (Ярошенко, Лозовский, 1998). Рассматривалась большинством исследователей как остатки грибов (грибной эпизод), но затем было убедительно показано, что должна быть отнесена к зеленым водорослям (Krassilov, Afonin, Varinova, 1999).

довательно, угленакопления на рубеже перми и триаса (Retallack et al., 1996).

Заканчивая рассмотрение пермо-триасового кризиса, необходимо подчеркнуть, что, по мнению автора, главной его причиной была галактическая (по классификации А.С. Алексеева), обусловленная падением на Землю крупной кометы. Последовавшие за тем события (усиление вулканизма на Сибирской и Китайской платформах, вымирание наземных организмов из-за ультрафиолетовой радиации, морских, преимущественно бентосных организмов, а также сокращение морского планктона) явились лишь его следствием.

### Где же следует проводить границу перми и триаса?

Принятая нижняя граница триаса по появлению конодонтов *Hindeodus parvus*, хотя и легко распознается в морских разрезах, крайне неудачна для континентальных отложений. Выбор этого уровня триасовой комиссией Межведомственного стратиграфического комитета России признан неудачным и глобальная корреляция этого уровня малоприменима (Олейников, Гаврилова, 2008). Резко против этого уровня ранее выступали автор настоящей статьи (Караулов, Лозовский, 2002) и многие зарубежные специалисты. Корреляция континентальных отложений по конхостракам (Kozur, Weems, 2011) привела

к неожиданному для Х. Коцура, ярого приверженца этого уровня, результату: отмеченный выше второй корреляционный уровень удивительным образом совпал с исторической границей триасовой системы, намеченной Фон Альберти в 1834 г.! В знаменитом разрезе Далонгкоу он точно совпадает с принятым китайскими и американскими исследователями (Lucas, 1993; Кухтинов и др., 2011) уровнем границы в подошве слоя 54, где отмечено появление первых листрозавров. «Останутся» в триасе полностью альпийская формация Тесеро, формации Блайн Фьорд и Ворди Крик Восточной Гренландии (Lozovsky et al., 2001, Fig. 3). В аммонитовой шкале триасовый *Otoceras boreale* «вернется» в свою родную систему (Tozer, 1984), а пермо-триасовый GSSP должен быть перемещен в конодонтовой шкале несколько ниже на другой, более заметный уровень первого появления *Hindeodus praeparvus*. Не надо будет и уничтожать монумент РТ GSSP, открытый в провинции Мейшань на месте известного разреза, там следует лишь уточнить, что граница проведена в основании слоя 25. Тогда же улягутся и все страсти вокруг данной проблемы.

В заключение автор выражает благодарность проф. Й. Шнайдеру (Фрайбергская академия, Германия), И.В. Новикову, А.Г. Сенникову и Б.И. Морковину (ПИН РАН) за ценные указания и помощь в процессе написания данной статьи.

### ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев А.С. Глобальные геологические кризисы и массовые вымирания в фанерозойской истории Земли // Биотические события на основных рубежах фанерозоя. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. С. 22—47.
- Брагин Н.Ю. Проявления пермо-триасового кризиса в глубоководных отложениях Палеоокеана // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2000. Т. 8, № 3. С. 26—37.
- Голубев В.К., Куркин А.А., Сенников А.Г. О возрасте сундырского комплекса пермских тетрапод Восточной Европы // Пермская система: стратиграфия, палеонтология, палеогеография, геодинамика и минеральные ресурсы: Сб. материалов Междунар. науч. конф., посвящ. 170-летию со дня открытия пермской системы (5—9 сент. 2011 г.). Пермь: Пермский ун-т, 2011. С. 299—302.
- Голубев В.К., Сенников А.Г., Наугольных С.В. Новые данные по стратиграфии и палеонтологии верхнепермских отложений окрестностей г. Вязники (Владимирская обл.) // Палеострат-2005. Годич. собр. секц. палеонтол. МОИП и Моск. отд. Палеонтол. о-ва. Москва, 14—15 февраля 2005 г. Прогр. и тез. докл. М.: ПИН РАН, 2005. С. 14—15.
- Гоманьков А.В., Мейен С.В. Татаринская флора. М.: Наука, 1986. 174 с.
- Гусев А.К. Неморские двустворчатые моллюски верхней перми европейской части СССР. Казань: Изд-во Казанского ун-та. 1990. 293 с.
- Добрускина И.А. Триасовые флоры Евразии. М.: Наука, 1982. 182 с.
- Ерошечев-Шак В.А., Лозовский В.Р., Афонин С.А. Пепловый материал в нижнем триасе Московской синеклизы, его генетическая природа и постэруптивные изменения // Изв. Секц. наук о Земле Рос. акад. естеств. наук. Вып. 9. М., 2002. С. 180—189.
- Ивахненко М.Ф., Голубев В.К., Губин Ю.М. и др. Пермские и триасовые тетраподы Восточной Европы // Тр. Палеонтол. ин-та РАН. Т. 268. М.: ГЕОС, 1997. 216 с.
- Каландадзе Н.Н. Первая находка листрозавра на территории европейской части СССР // Палеонт. журн. 1975. № 4. С. 140—142.
- Карасев Е.В. Смена палеофлористических комплексов в переходном стратиграфическом интервале на рубеже перми и триаса Московской синеклизы: Автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. М.: ПИН РАН, 2009. 24 с.
- Караулов В.Б., Лозовский В.Р. О разных подходах к созданию общей стратиграфической шкалы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2002. Т. 10, № 6. С. 3—19.
- Корчагин О.А., Цельмльвич В.А., Поспелов И.И., Цаньтао Бэнь. Космические магнетитовые микросферы и металлические частицы вблизи границы пермь-триас в точке глобального стратотипа границы (слой 27, Мейшань, Китай) // Докл. АН. 2010. Т. 432, № 2. С. 1—7.
- Коцура Х., Лозовский В.Р., Мовшиович Э.В., Лопато А.Ю. Стратиграфическое положение важнейших местонахождений вертексид в триасовых отложениях Европы // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1983. Т. 58, вып. 5. С. 60—72.
- Кухтинов Д.А. Остракоды // Граница перми и триаса в континентальных сериях Восточной Европы. М.: ГЕОС, 1998. С. 90—96.



- Кухтинов Д.А., Лозовский В.Р., Воронкова Е.А. О находке неморских остракод *Darwinulosorina* в отложениях формации Гуодикенг Западного Китая в связи с проблемой межрегиональной корреляции верхнепермских отложений // Недра Поволжья и Прикамья. 2011. Вып. 68. С. 12—21.
- Липатова В.В., Лопато А.Ю. Триасовые листоногие ракообразные Евразии и их стратиграфическое значение. М.: ГЕОС, 2000. 124 с.
- Лозовский В.Р. Корреляция триасовых отложений Восточно-Европейского и Германского бассейнов и проблема границы перми и триаса // Палеонтология и стратиграфия перми и триаса Северной Евразии: Мат-лы V Междунар. конф., посвящ. 150-летию со дня рождения Владимира Прохоровича Амалицкого (1860—1917). (Москва, 22—23 ноября 2010). М.: ПИН РАН, 2010. С. 86—87.
- Лозовский В.Р., Есаулова Н.К. (ред.). Граница перми и триаса в континентальных сериях Восточной Европы // Мат-лы к Междунар. симпозиуму «Верхнепермские стратотипы Поволжья». М.: ГЕОС, 1998. 246 с.
- Лозовский В.Р., Красилов В.А., Афонин С.А. и др. О выделении новой пачки в составе вохминской свиты Московской синеклизы // Бюл. РМСК по центру и югу Русской платформы. Вып. 3. М., 2001. С. 151—163.
- Лозовский В.Р., Кухтинов Д.А. Вязниковский ярус — самое молодое подразделение верхней перми Европейской России // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2007. Т. 82, вып. 6. С. 17—26.
- Лозовский В.Р., Олферьев А.Г., Новиков И.В. и др. Уточненная субрегиональная стратиграфическая схема триасовых отложений запада, центра и севера Восточно-Европейской платформы (Польско-Литовская, Московская и Мезенская синеклизы, Вятско-Камская впадина). М.: ПИН РАН, 2011. 32 с.
- Миних М.Г. Первая находка зубной пластинки двоякодышащей рыбы в верхней перми СССР // Палеонтол. журн. 1989. № 1. С. 121—123.
- Мишина Е.М. Граница верхней перми и нижнего триаса по остракодам // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1969. № 5. С. 85—95.
- Могучева Н.К., Бетехтина О.А. Актуальные вопросы стратиграфии континентального триаса Сибири // Геол. и геофиз. 1998. Т. 39, № 3. С. 286—297.
- Муратов М.В. Происхождение материков и океанических впадин. М.: Наука, 1975. 176 с.
- Новожилов Н.И. Вымершие лимнадиоидеи. М.: Наука, 1970. 237 с.
- Олейников А.Н., Гаврилова В.А. Триасовая система // Постановления Межвед. стратиграф. ком. и его пост. ком. Вып. 38. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. С. 69—76.
- Пономаренко А.Г., Сукачева И.Д. Смена континентальной биоты на рубеже палеозоя и мезозоя. Насекомые // Граница перми и триаса в континентальных сериях Восточной Европы. М.: ГЕОС, 1998. С. 96—106.
- Садовников Г.Н., Орлова Э.Ф. Таймырский ярус — терминальный ярус континентальной перми // Докл. АН. 1994. Т. 338, № 5. С. 658—661.
- Сенников А.Г., Голубев В.К. Континент пермского периода и его обитатели. Позднепермская эпоха: речная равнина // Геологическая история Подмосковья в коллекциях естественно-научных музеев Российской академии наук. М.: Наука, 2008. С. 60—79.
- Сенников А.Г., Голубев В.К. Пограничные отложения перми и триаса района гг. Вязники и Гороховец (Владимирская обл.) // Палеонтология и стратиграфия перми и триаса Северной Евразии: Мат-лы V Междунар. конф., посвящ. 150-летию со дня рождения Владимира Прохоровича Амалицкого (1860—1917). (Москва, 22—23 ноября 2010). М.: ПИН РАН, 2010. С. 102—107.
- Сенников А.Г., Новиков И.В. Раннетриасовые дицинодонты Восточной Европы // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2011. Т. 86, вып. 5. С. 61—64.
- Шишкин М.А. Амфибии-тупилакозавриды (*Temnospondyli*) в пионерных тетраподных сообществах раннего триаса: происхождение и вопрос об очаге экспансии // Позвоночные палеозоя и мезозоя Евразии: эволюция, смена сообществ, тафономия, палеобиогеография: Мат-лы конф., посвящ. 80-летию со дня рождения Виталия Георгиевича Очева (1931—2004), 6 декабря 2011 г., ПИН РАН. М.: ПИН РАН, 2011. С. 53—57.
- Шишкин М.А., Лозовский В.Р., Очев В.Г. Обзор местонахождений триасовых наземных позвоночных азиатской части СССР // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1986. Т. 61, вып. 6. С. 51—63.
- Ярошенко О.П., Лозовский В.Р. Изменения палиофлоры на границе перми и триаса Московской синеклизы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1998. Т. 3, № 5. С. 43—57.
- Benton M.J. When Life Nearly Died. The Greatest Mass Extinction of All Time. L.: Thames & Huston, 2005. 336 p.
- Kozur H.W. Some aspects of the Permian-Triassic boundary (PTB) and of the possible causes for the biotic crisis around this boundary // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 1998. Vol. 143. P. 227—273.
- Kozur H.W. Integrated ammonoid, conodont and radiolarian zonation of the Triassic and some remarks to stage — substage subdivision and the numeric age of the Triassic Stage // *Albertiana*. 2003. Vol. 28. P. 57—74.
- Kozur H.W., Bachman H. Correlation of the Germanic Triassic with the international scale // *Albertiana*. 2005. Vol. 32. P. 21—35.
- Kozur H.W., Weems R.E. Detailed correlation and age of continental Changhsingian and earliest Triassic beds: implications for the role of the Siberian Trap in the Permian-Triassic biotic crisis // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 2011. Vol. 308. P. 22—40.
- Krassilov V.A., Afonin S.A., Barinova S.S. *Timpanicysta* and the Terminal Permian Events // *Permophiles*. 1999. N 35. P. 16—17.
- Krassilov V.A., Karasev E. Paleophloristic evidence of climate change near and beyond the Permian-Triassic boundary // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 2009. Vol. 284. P. 324—336.
- Lozovsky V.R., Krassilov V.A., Afonin S.A. et al. Transitional Permian-Triassic deposits in European Russia and non-marine correlations // *Natura Breschiana. Ann. Mus. Civ. Sci. Nat. Monografia. Breschia*, 2001. Vol. 25. P. 129—138.
- Lucas S.G. Vertebrate biochronology of the Triassic of China // *The Nonmarine Triassic. New Mexico Mus. Nat. Hist. Sci. Bull.* 1993. N 3. P. 301—306.
- Lucas S.G. Timing and magnitude of tetrapod extinction across the Permo-Triassic boundary // *J. Asian Earth Sci.* 2009. Vol. 36. P. 491—502.
- Molostovskaya I.I. Toward broadening the correlation prospects of the East European stratigraphic scale for the Upper and Middle Permian // *The Nonmarine Permian. New Mexico Mus. Nat. Hist. Sci. Bull.* 2005. N 30. P. 219—224.

*Naugolnykh S.V.* Upper Permian flora of Vjazniki (European part of Russia), its Zechstein appearance and nature of the Permian/Triassic extinction // The Nonmarine Permian. New Mexico Mus. Nat. Hist. Sci. Bull. 2005. N 30. P. 226–242.

*Retallack G.J., Veevers J.J., Morante J.* Global coal gap between Permian-Triassic extinction and middle Triassic recovery of peat-forming plants // Geol. Soc. Amer. Bull. 1996. Vol. 108, N 2. P. 195–207.

*Rubidge B.S.* (ed.). Biostratigraphy of the Beafort Group (Karoo Supergroup) // South African Committee for Stratigraphy. Biostratigraphic Series. 1995. N 1. 46 p.

*Tozer E.T.* Triassic and its ammonites: The evolution of a time scale // Canada Geol. Surv. Misc. Rep. 1984. N 35. 171 p.

*Yin H.* (ed.) The Paleozoic-Mesozoic boundary: Candidate of the global stratotype section and point of the Permian-Triassic boundary. Wuhan China Univ.: Geoscience Press, 1996. 137 p.

## PERMIAN-TRIASSIC CRISIS AND ITS MAIN CAUSE

*V.R. Lozovsky*

Permian-Triassic crisis was the most prominent one in the geological history of the Earth. The behavior of continental biota on the Permian-Triassic transition in the East European Platform is investigated. It is shown that continental biotic crisis preceded the marine one. The assumption of that is made, as the main cause of crisis could serve falling of a large comet and the processes subsequent to it. As the remains of this comet the carbon microspherules which have been found in the Nedubrovo Member presumably are considered. The point of view about a historical priority of the lower boundary of the Triassic System over accepted nowadays in the base of conodont *Hindeodus parvus* Zone is supported.

*Key words:* Permian, Triassic, biotic crisis, East European Platform, impact model.

**Сведения об авторе:** *Лозовский Владлен Рувимович* — докт. геол.-минерал. наук, проф. каф. региональной геологии и палеонтологии РГГПУ, *e-mail:* vlozovsky@mtu-net.ru