

# БИОЛОГИЯ

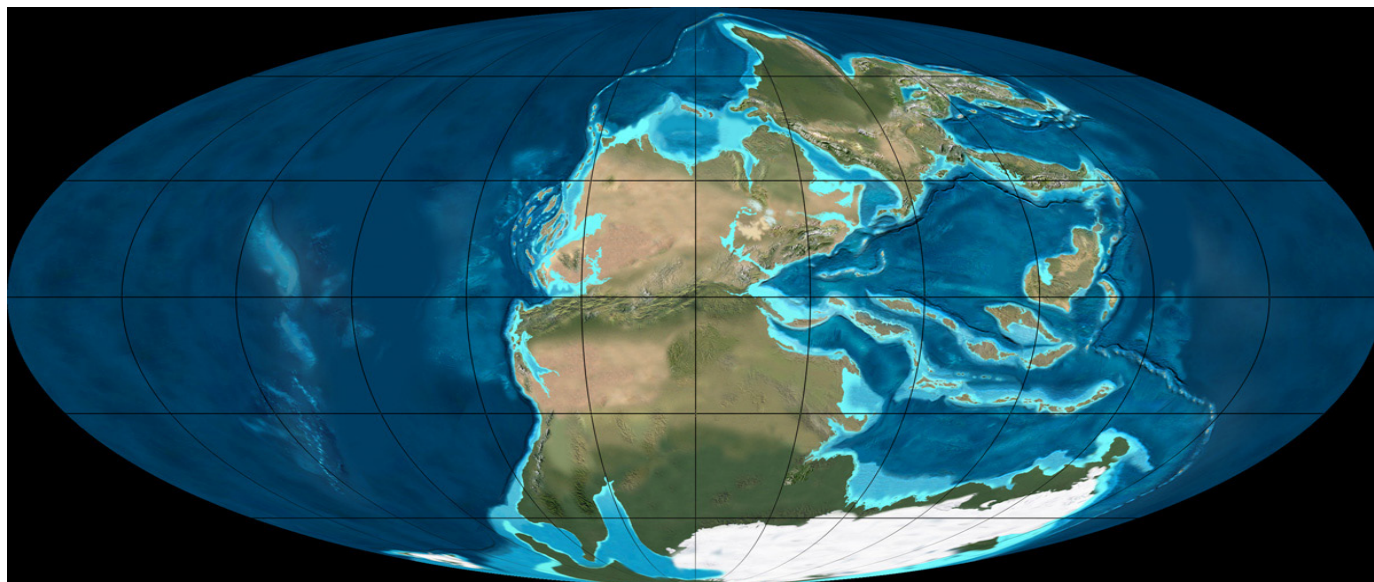
## Големите масови измирения

Автор: Валентина Петкова

**С**татията обобщава наличната информация за големите масови измирения. Съвсем естествено ще започна с това в края на перм. Но първо да дефинираме масово измиране. Това е изчезването на значителна част от световните флора и фауна за геологически незначителен период от време. При търсене на сведения за подобни резки промени в геоложките пластове обикновено се използва стратиграфията на базата на ръководните вкаменелости (биостратиграфия). Използването на ръководни фосили е изключително полезно не само за стратиграфската корелация, но и за интерпретиране на условията на средата и палеоекологията.

Пермският период, който обхваща периода преди 290 до 248 милиона години, завършва с едно от най-големите измирения в историята на живота. Вкаменелостите показват,

че в скалните легла от края на перм няма почти никакви следи от живот. Учените наричат това тотално унищожение на живота Голямото измиране. Около 90 процента от всички видове, включително насекоми, растения, морски животни, амфибии и влечуги изчезват, и животът се променя коренно. Не само по отношение на видовия състав, но и организацията и структурата на екосистемите. Сякаш някой е натиснал бутончето „рестарт“ на планетата. Измиренията от по-ранни (и по-късни) периоди са били нищо в сравнение с това. Пермското измиране обаче „прочиства“ еволюционните пътеки и екологични ниши от земноводните, и задвижва процесите, които довеждат впоследствие до така популярната Ера на динозаврите. Дори може да се каже, че настройва събитията, довели до това цинодонтите да станат истински бозайници, а впоследствие да се появим и ние...



*Карта на земното кълбо по време на перм.*

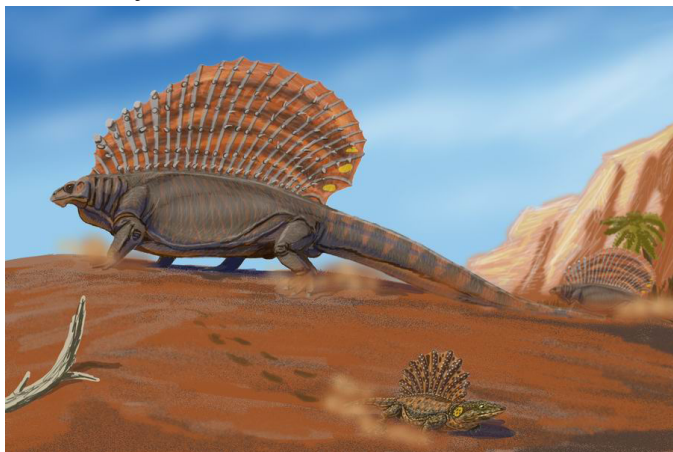
Началото на перм с нищо не подсказва, че следва такова масово измиране, въпреки че геоложка промяна вече е започнала. През пермския период продължава и завършва развитието на херцинския нагъвателен цикъл. От названието на планината Харц идва името на планините, означавани като херциниди и образувани в края на палеозоя. В резултат на тези мощни движения литосферата се променя съществено. Оформя се суперконтинента Пангея с два главни субконтинента - Лавразия и Гондвана. През късен перм плитък морски басейн, наречен Цехщайново море, залива сушата на европейската част на Русия, Германия, Полша, Шпицберген, Нова земя и Гренландия. Покъсно, при последващото издигане, морето се разкъсва на отделни участъци с характер на лагуни. Подобни условия са присъщи и на останалите континенти. Според много геолози херцинският тектонски етап е една от причините за промяната във физикогеографските условия през перм и съответно за измирането или рязкото намаляване на по-неприспособимите организми. Необичайната форма на Пангея означава, че животните и растенията са можели да се движат или разпространяват с лекота на сушата, при много малко бариери. Вътрешността на суперконтинента е била с горещ и сух климат, тъй като е била отдалечена от основни-

те водни басейни. Флората през ранен перм не се различава съществено от карбонската - дървесни плаунови, папратовидни, семенни папрати, клинолистни и хвощови растения. В късен перм флората се изменя съществено - развива се цехщайнова флора, растат иглолистни, сагови, семенни папрати, гинкгови, цикадови растения. Това са и основните растения, които господстват през мезозоя.

Животните, населявали пермските гори, биха изглеждали като пришълци от чужд свят днес. *Diplocaulus*, например, е представлявал животно с тяло на саламандър и глава с форма на огромен бумеранг. *Mesosaurus*, от друга страна, е наподобявал зловещ алигатор с тънки и остри зъби като игли, поместени в дълги, силни челюсти. Бронираният *Sasops* е имал тяло с форма на Volkswagen-бръмбар, с уши, способни да долавят изключително слаби шумове. Морската фауна е представена от развитието на големите фораминифери (фузулиниди), които в края на периода измират. Тетракоралите и табулатите са слабо представени, а трилобитите доживяват последните си дни. Охлювите имат многобройни представители, а мидите (бивалвии) имат прилика с карбонските и са широко разпространени. Силно развитие имат гониатите и някои белемнити. Развиват се характерните мъхови животни (брио-

зои). Изобилстват брахиоподите, а измират последните бластоидеи, много криноидеи и таралежи.

Преди около 251 милиона години започва така нареченото голямо измиране. Въпросът защо толкова много видове и цели екосистеми биват заличени остава дискуссионен. Около 96% от морските обитатели и над 70% от сухоземните изчезват през този период. Предположенията включват астероиден сблъсък, интензивна и продължителна вулканична дейност, драстични промени в климата. За първи път Дъглас Ървин посочва, че причините най-вероятно са комплексни, защото нито едно явление, независимо колко мащабно е, само по себе си не може да причини такава катастрофа. Причините за случилото се в края на перм не са така ясни, както тези за измирането в края на Креда. Съществуват няколко хипотези.



*Edaphosaurus sp.*

**Астероиден сблъсък.** След успеха на теорията за сблъсък като обяснение за масовото измиране в края на креда, се забелязва известен ентузиазъм сред изследователите, които смятат, че са открили ключа към всички масови измирения. Такива са били до последно и очакванията на Луис Алварес. В търсенето на доказателства в подкрепа на теорията за сблъсък се използват два подхода. Единият представлява търсене на факти в пластове съответстващи на периодите на масови измирения - иридиеви аномалии,

шоков кварц, тектити и астероидни кратери. Алтернативният подход е да се търсят подобни свидетелства във всички пластове и да се съпоставят след това с данните от пластове с масови измирения. Има свидетелства за иридиева аномалия в пермски пластове близо до Нанджинг, но те не са потвърдени от анализите на американските ядрени физици Франк Азаро (член на екипа на Луис Алварес) и Карл Орт. Освен това досега не са открити допълнителни доказателства като шоков кварц, тектити или кратер в тези хоризонти никъде по света.

### Регресия/трансгресия и аноксия

**на океанските води.** Друга вероятна причина за катастрофата е промяна в нивото на световния океан. За първи път Нюъл прави връзка между масовите измирения и големите спадове в морското равнище, въз основа на регресии в епиконтиненталните морета. В геологичното минало плитките морета с дълбочина под 200 метра са заемали голяма част от континенталните плочи. За разлика от океаните, при тези епиконтинентални морета една регресия с относително скромни размери може да доведе до значително свиване на местообитанията на бентоса - морските организми, населяващи дъното - както (макар и в по-малка степен) и тези на нектона и плуващите в повърхностните води организми. Въпреки че представители на всички основни категории животни се срещат в дълбокия океан, голяма част от организмите, биомасата, обитават плитките периконтинентални морета и горната част на континенталния склон. Нюъл предполага, че определените от него шест масови измирения на морски организми са причинени от редуциране на обитаемата зона, в резултат на регресия в епиконтиненталните морета. До момента едни от най-добре проучените драматични и относително бързи морски регресии са тези през кватернер, които са свързани с нарастването на полярните шапки за сметка на океанското ниво по време на периодите на захлаждане. И все пак не се наблюдават данни за масови измирения сред мор-

*Diplocaulus sp.*

ския бентос свързани с тях, което противоречи

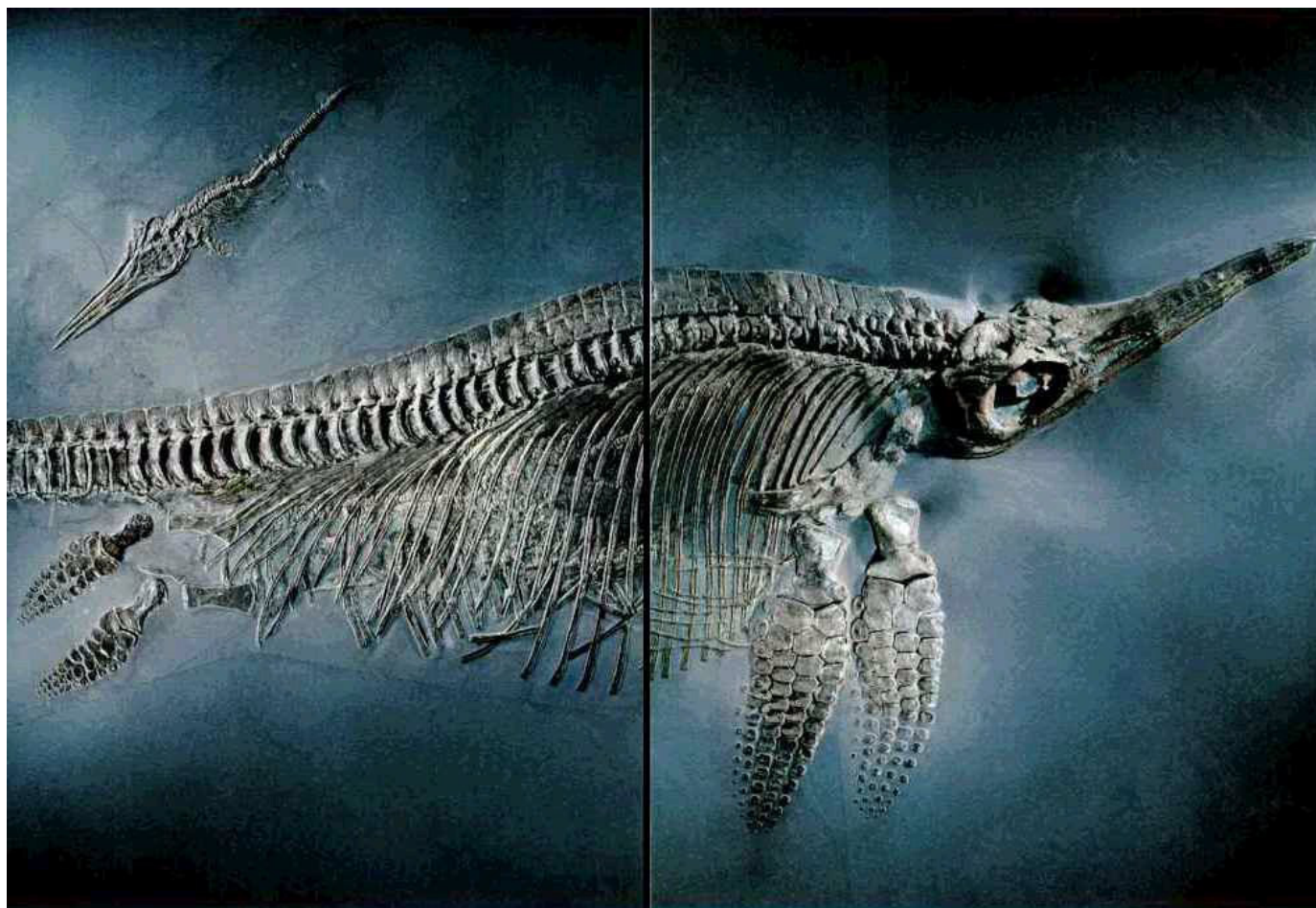
на хипотезата на Нюел. Разбира се, възможно е кватернерните регресии да са били твърде кратки (в геологически план), а засегнатите организми да са се оттеглили в определени рефугиуми, след което да е настъпило повторно разселване.

Драстичната промяна през последните години в разбирането на геолозите е в резултат на работата в южен Китай, където има, както се оказва, голяма площ, разкриваща непрекъснат морски преход от перм към триас. Пол Уигнал и Тони Халам правят проучвания върху пластове от този период в три части на света - Алпите, Пакистан (солните мини) и южен Китай. Целта е не само да се съберат данни за евентуален спад в морското равнище, но и за последвал кислороден дефицит. Данните, които събират, не показват връзка между регресията и изчезванията, която да подкрепи хипотезата на Нюел. Навсякъде се забелязва драматично изчезване на видове, става въпрос за границата, белязана от конodontите, както и спиране на въглеродния цикъл - т.нар. Стрейнджлъв ефект. Но не са намерени свидетелства за спад в нивото на морските води. Точно обратното, намерени са доказателства за повишаване на нивото, трансгресия. Тази част от морското дъно, която е под аноксичните слоеве вода, е богата на органична материя утаявана от повърх-

ността основно от планктона, защото при липса на кислород са възпрепятствани нормалните процеси на разграждане. Стратификацията на морските води се подсилва от разлики в солеността или температурата на водните пластове. В стратиграфията аноксията се познава по наличието на черни глинести шисти. Разбира се, не е задължително те да са наистина с черен цвят, нито да са точно глинести. Тези с малко органична материя няма да са по-тъмни от сивото. Всъщност най-отличителната черта на черните глинести шисти е тяхната слоестост, която понякога напомня годишни пръстени. Облик, който няма да се получи, ако във водата присъства кислород, защото тогава наличието на бентосен живот ще пречи на образуването на ясно изразени пластове и тяхното запазване във времето. Едни от най-добре запазените фосили са открити именно в такива скали, защото при попадането им на аноксичното дъно, където липсват кислород или хищници, трупове биват запазени почти непокътнати.

Регистрирани са много пластове черни глинести шисти досега по света, но много малко от тях могат да бъдат свързани с масови измирания. Локалната аноксия би повлияла бентосния и вероятно нектонния живот само в засегнатите региони, няма да причини масови измирания, тъй като след стабилизиране на условията ще настъпи повторно заселване. Колкото по-продължителни са периодите на аноксия, толкова по-значителни изчезвания биха настъпили.

При проучвания за влиянието на аноксията за масовото измирание през перм-триас е установено, че черните глинести шисти са пов-



*Ихтиозавър, запазен в черни глинести шисти.*

семестно разпространени в най-старите слоеве на триас, като има свидетелства не само за аноксични условия в придънните води, но и изтеглянето на тази зона към повърхността в резултат на трансгресия. Лежащите под тях пермски слоеве не съдържат доказателства за устойчива аноксия, макар че черни глинести шисти се откриват при дълбоководни сондажи в Китай. Това което прави впечатление в триаските пластове е, че липсват черни глинести шисти богати на органична материя, вместо това те са предимно сиви. Дефицитът на органична материя в дънните триаски слоеве е естествено следствие на масово изчезване на планктона. По-обстойни проучвания в Гренландия и Шпицберген показват, че събитията са били глобални. Както може да се очаква, бентосна фауна на практика отсъства, с изключение на ограничен брой хоризонти, често тънки едва до няколко сантиметра, които са богати на бивалвии от род *Claraia*. Техните фосили се характеризират

с много ниско разнообразие - обикновено са представени от само един вид, но в много висока численост. Това необичайно явление е резултат на стресови фактори на околната среда. В случая има основания да се смята, че те са предизвикани от аноксията. Макар и много рядко, биват откривани фосили на риби, амонити и други нектонни организми, което показва, че повърхностните водни слоеве са били обитаеми. Всички тези изследвания са проведени в пластове, които са натрупвани в плитки епиконтинентални морета. А как стои въпросът с дълбокия океан? Знанията ни са твърде ограничени в тази област, тъй като дъното на океаните от този период е до голяма степен под континенталните плочи днес в резултат на субдукция. В ограничени области по границите на Тихоокеанския басейн пластове от палеозойското океанско дъно е възможно да са избегнали субдукцията и да са съхранени чрез акреция на повърхността. Това се наблюдава, наприм-



*Фосилни миди от р. Claraia.*

мер, в Япония, където се срещат кварцови скали, богати на силиций, благодарение на обилно съдържащите се в тях радиоларии. В днешно време радиолариите доминират дълбините на океаните, така че е много вероятно японските залежи от радиоларии да представляват пермско океанско дъно. Забележителното е, че кварцовите пластове са прекъснати от П-Т граница съставена от черни глинести шисти. Едва ли може да има по-добро потвърждение на факта, че дълбоководните океани, също както и епиконтиненталните морета, са били аноксични по това време. Това показва също, че дълбоките води не са играели ролята на рефугиуми.

Сякаш за да утежнят положението още повече, аноксичните океани благоприятстват развитието на анаеробните бактерии, които продуцират сероводород. Сероводородът е високо токсичен. Той може да причини дори по-голяма вреда на морските екосистеми от аноксията. Освен това, освобождавайки се във въздуха е способен значително да повлияе и сухоземните екосистеми. Киел предполага, че сероводородът във въздуха също така задържа метана за по-дълго, което води до още по-силно затопляне на климата. Според

много учени 3-4 млн. години преди пермското измиране океаните вече са показвали признаци на кислороден дефицит и ниско Ph. В скални проби от централен Китай екип учени са открили химически вещества, които се използват като биомаркери, показващи, че зелени серни бактерии - *Chlorobium* - вече са обитавали океаните.

**Глобални промени в климата.** Най-доброто доказателство за начина, по който се е променял климатът през перм, идва от Южното полукълбо. То се дължи на австралиеца Грег Риталък, който е специалист по палеопочви, но има значителен опит и в палеоботаниката. Той установява, че къснопермските торфени слоеве в Антарктида и Австралия са подобни на тези, формирани при днешните големи географски ширини, където има продължително застудяване. Но те биват рязко заменени от палеопочви, характерни за климат с високи температури в началото на триас. На малко по-ниски географски ширини, в долината Кару в Южна Африка, доказателствата сочат за рязък преход от влажен умерен към горещ полусух климат в П-Т границата. Друго свидетелство за рязко и продължително затопляне в края на перм е изчезването на род *Glossopteris*, характерни растения за Гондвана, които обикновено са свързвани със студени климатични условия. В подкрепа на това е и т.нар. *fungual spike* - необичайно разпространение на гъби, свидетелстващо за силно увеличение на количеството мъртва дървесина.

**Вулканична дейност.** Основната причина за голямото измиране според болшинството специалисти се крие в Сибирските капани - вулканични скали, които покриват площ по-голяма от Аляска, намираща се в Сибир. Днес, регионът е покрит със сняг и растителност, но под повърхността лежат древните останки на най-голямото и разрушително вулканично изригване в историята на света. Този феномен е известен под името базалтов потоп. Базалтови потоци от лава се образуват т.нар.



*Карта на Сибирските капани.*

пукнатинни вулкани. Лавата е с базичен състав, слабо вискозна и много подвижна. Бедна е на газове, които се отделят от нея бързо, под формата на малки фонтанчета. Именно вулканите от пукнатинен тип формират т. нар. големи магмени провинции (лавови покрови), нито една от които не е образувана през последните няколко милиона години. Отделеният материал е от няколко стотин до няколко хиляди кубични километра. Много от тези вулкани изригват в интервали от по 1 до 2 милиона години. Продължителността на еруптивните интервали може да бъде до 10 000 години. Радиометричното датирание показва, че базалтовите изригвания в Сибирските капани са започнали горе-долу през периода на П-Т границата и са продължили около милион години. Количеството лава, което е изхвърлено няма аналог. Деканските капани дори не са близо до това количество. Един от първите учени, който разглежда повнимателно това събитие, е Венсан Куртело. Преди около 200 години в исландската област Лаки се случило подобно, но по-малко по мащаб изригване. То обаче съществено променило климата в северното полукълбо. Бенджамин Франклин, американски посланик в Париж по това време, документирал

неговия ефект върху европейския климат. 1816 г. пък, която последва годината на изригване на Тамбора, остава известна в историята като „годината без лято“ (трябва да се отбележи обаче, че са известни и други студени години от началото на 19 век, през които не е изригвал вулкан). Праховите частици и серният диоксид от вулканите формират нещо като екран за слънчевата светлина. Серният диоксид бързо реагира с водните пари и образува сулфатни аерозоли, които разсейват и абсорбират слънчевата радиация. Дължащите се на подобни причини глобални застудявания са добре записани в историята, но ефектът обикновено е за една, най-много две години, поради бързото отмиване на аерозолите от дъждовете. Прахът от вулканичната пепел е по-малко важен в случая, тъй като той бива отмиван дори още по-бързо. Много по-голямо значение има въглеродният диоксид. Той има характеристики на парников газ, способен да причини глобално затопляне, освен това се задържа в атмосферата много по-дълго от серния диоксид. Освен това вулканите от пукнатинен тип не са експлозивни, съпроводени са от много малки или почти никакви експлозии и количеството прахови частици, което се

отделя в атмосферата, не е голямо. Затова основно внимание при тях се обръща на CO<sub>2</sub>.

**Освобождение на метан.** Една от най-забележителните особености на П-Т границата е съотношението между въглеродните изотопи (C<sup>12</sup>/C<sup>13</sup>), което не може да се обясни само с преустановяването на биологичната продуктивност. Дъг Бруин първи предлага освобождението на метан от метановите хидрати като основна причина за това съотношение. На определени места по океанското дъно има огромни количества метан под формата на своеобразен лед или метанов клатрат. Възможно е в днешно време да има около 10<sup>19</sup> въглерод, заключен под океаните. Ако само 10% от него бъде освободена в атмосферата като метан или CO<sub>2</sub>, това би било достатъчно да предизвика наблюдавания спад в нивото на C<sup>13</sup>, тъй като въглеродът в метана е изключително „лек“, което означава, че съотношението C<sup>12</sup>/C<sup>13</sup> е необичайно високо. Т.е. вулканичната дейност, предизвиквайки затопляне на климата, е подействала като пусков механизъм за освобождение на метана, защото когато водата се затопля твърде много, метанът от клатратите се освобождава в атмосферата. Количеството въглероден диоксид в резултат от вулканичната дейност е било достатъчно да затопли планетата с 5 градуса над това, което вече е било (а то е било с поне 2 градуса по-топло от днес). Метанът е с много по-голям парников ефект от въглеродния диоксид. Това най-вероятно е повишило атмосферните температури с още около 5 градуса. Всичко това се е случило достатъчно бързо, за да повлияе катастрофално на живота. Ако тези данни се комбинират с моделите на Джеф Киел и Кристин Шийлдс, виждаме, че освобождението в атмосферата метан е способен да ликвидира голяма част от озона и да отприщи блокираните от него ултравиолетови лъчи към земята, което може също да увреди сухоземните екосистеми.

Наскоро бяха публикувани предположения, че огромна роля в пермската катастрофа

може да са изиграли и гигантските солени езера, чиито емисии на халогенирани газове в атмосферата са засилили парниковия ефект. Начало на тази идея дава откритието на учените, че микробни процеси в днешните солени езера в южната част на Русия и Южна Африка продуцират в атмосферата силно летливи халогенирани въглеводороди, като хлороформ, трихлоретан и тетрачлоретан. Те комбинират тези резултати с пермското Цехщайново море. Хиперхалинните плитководи са били изложени на горещ, сух климат и интензивно слънчево лъчение (подобно на днешните хиперхалинни морета). За сравнение днешните количества трихлоретан и тетрачлоретен изхвърляни в атмосферата от индустриалното замърсяване представляват около 20% от количеството през перм, а хлороформът днес представлява само 5% от тогавашното количество, са изчислили учените.

По време на пермската катастрофа Антарктида може би е била рефугиум за оцеляване на някои сухоземни видове. Сравнително нови фосилни находки показват, че някои сухоземни животни преживяват катастрофалното затопляне на климата именно там. Група учени от университета във Вашингтон са открили останките на далечен роднина на бозайниците - *Kombuisia antarctica* - който оцелява през този период именно в Антарктида. Новият вид принадлежи към голяма група родствена на бозайниците, наречени аномодонти, които са били широко разпространени и са представлявали доминантната група растителноядни животни през перм. *Kombuisia antarctica* е бил с размерите на дребна котка и твърде различен от днешните бозайници. Вероятно е снасял яйца, не е полагал грижи за потомството и не е притежавал козина, не е сигурно и дали е бил топлокръвен. *Kombuisia antarctica* не е директен предшественик на днешните бозайници, но е сред малкото групи животни, които оцеляват по време на измирането. По време на пермското измиране Антарктида е била разположена малко по на север от-

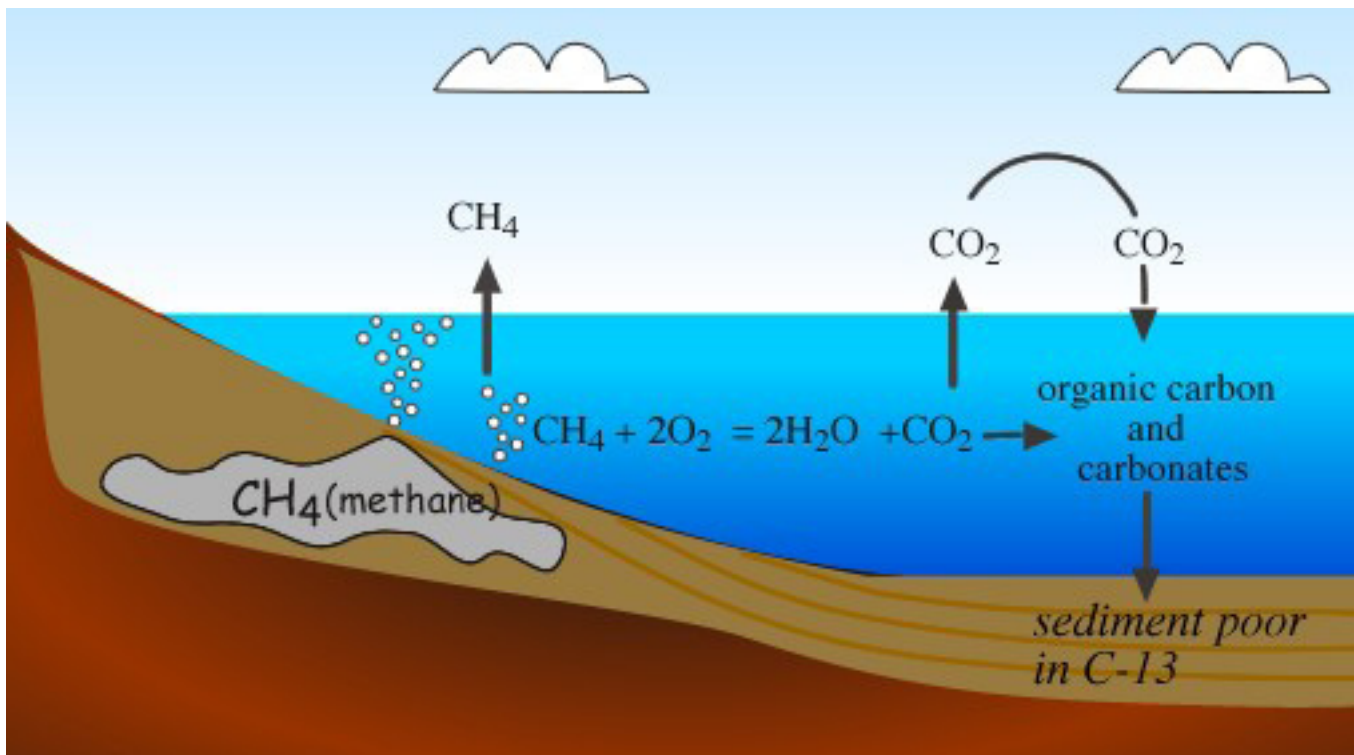


колкото е днес. Климатът е бил по-топъл, липсвали са ледници. Всъщност фосилните записи показват, че именно дребните и средни по размер животни преживяват масовите измирения.

Минават най-малко 6 млн. години преди животът да се възстанови напълно от катастрофата. Промените в условията повлияват първо най-чувствителните видове. Измирането и сред по-толерантните такива вече говори за катастрофални събития. След едно такова измиране обикновено се наблюдава ниско таксономично разнообразие и висока численост на определени таксони - т.нар. опортюнистични видове. Това е обяснението за обилното количество бивалвии *Claraia* в раннотриаски пластове. Те запълват овакантените екологични ниши от брахиоподите. Освен това моретата в началото на триас са били толкова бедни на бентосни организми, че това е позволило отново широко разпространение на строматолитите, след като тези структури (образувани от цианобактерии) първоначално изчезват от фосилните записи през палеозой, вероятно защото хранителната дейност на новопоявили се многоклетъчни бентосни безгръбначни е свила ареала им до ограничени местообитания,

като приливните зони, например. Сухоземната флора се характеризира с ниско разнообразие, доминирана от *Isoetes*, дървесната флора не се възстановява до средата на триас. По същото време започват да се възстановяват и морските рифове - около 6 млн. години след края на перм. Раннотриаските сухоземни влечуги също се характеризират с много слабо разнообразие, доминира космополитният *Lystrosaurus*. След възстановяване на условията в околната среда започва и бавно разселване на таксоните, отдръпнати в специфични рефугиуми, т.нар. лазарови таксони.

Проучванията относно причините за масовите измирения в историята на земята са все още непълни и предстоят много нови открития. Но доказателствата сочат, че нито едно от петте големи масови измирения не е причинено от само едно явление, пък било то и с глобален ефект. Съпоставката с аналогични и подобни по мащаб явления от други геологични периоди, които обаче не са белязани от масови измирения, показва, че катастрофалните масови измирения са резултат от съчетаването на няколко явления с глобално въздействие.



*Схема на освобождаване на метан в атмосферата.*