

В.П.НЕЧАЕВ

## О галактическом влиянии на Землю в последние семьсот миллионов лет

Сопоставляются некоторые астрофизические данные и представления, касающиеся динамики нашей галактики, и обобщенные геологические данные с целью объяснить глобальные изменения Земли на ближайшем к нам этапе ее эволюции. Высказано предположение, что галактический год солнечной системы укорачивался со временем: в последнем цикле он составлял 250—300 млн лет, а в предыдущие — 350—400 и около 500 млн лет. Отмеченные формы проявления галактической сезонности на Земле свидетельствуют, что расстояние между Землей и Солнцем существенно менялось — во время движения по галактической орбите солнечная система растягивалась при подходе к центру галактики (зимнее время) и сжималась при удалении от него (летнее время). На этом пути наша планета напоминала то Марс с его холодным климатом, разреженной атмосферой и концентрированной утолщенной корой (суперконтинентом?), то Венеру с ее жарким климатом, плотной «загазованной» атмосферой, широко распространенным базитовым магматизмом и рассредоточенной утолщенной корой.

*On the galactic influence on the Earth during the last seven hundred million years. V.P.NECHAEV (Far Eastern Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok).*

*The author compares some astrophysical data and ideas on the dynamics of our galaxy with the generalized geological data to explain the global changes during late stage of the Earth evolution. It has been assumed that the galactic year of the Solar system has been shortening with time: it amounted to 250—300 million years in recent cycle, 350—400 and about 500 million years in the previous cycles. The registered effects of the galactic seasonality on the Earth indicate that the average distance between the Earth and the Sun significantly changed. The Solar system gravitationally expanded as it approached the galactic center (winter) and contracted when it moved off the center (summer). In this way, our planet resembled sometimes Mars with its cold climate, rarefied atmosphere and laterally concentrated thickened crust (supercontinent?) during the galactic winters, sometimes Venus with its hot climate, dense carbon-dioxide gas-laden atmosphere associated with strong greenhouse effect, widespread magmatism and disseminated thickened crust during the galactic summers.*

Каждый геолог хоть раз в жизни задумывался над вопросами связи между Землей и окружающим космосом, так как совершенно очевидно, что такая связь имеет значительное влияние на геологическую историю. Те же, кто занимался геологической историей, наверняка обращали внимание на некоторые ее странности, которые трудно объяснить внутривоздушными причинами. Такие, например, как удлинение подразделений хронологической шкалы с удалением в прошлое (кайнозой — 65 млн лет, палеозой — 180 млн лет, протерозой — 2 млрд лет) или периодическая смена глобальных холодных и жарких периодов. Автор набрался смелости попробовать найти ответы на эти вопросы.

НЕЧАЕВ Виктор Павлович — кандидат геолого-минералогических наук (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток).

Главный вопрос данной работы — что происходило с Землей во время ее путешествия от места рождения до современной позиции в нашей галактике? Пытаясь ответить на него, мы сконцентрируем внимание на долговременных и постепенных (эволюционных) изменениях и оставим в стороне резкие (критические или катастрофические) события, что сразу отличит данное исследование от большинства предшествующих. Обратиться к этой более чем глобальной теме стало возможным благодаря работам последних лет, в которых собран и обобщен гигантский объем информации, полученной в различных отраслях геологической науки, особенно в палеоклиматологии и палеотектонике (Кристофером Скотезе из Техасского университета в Арлингтоне и др.), палеонтологии (Джоном Сепкоски из Чикагского университета и др.), палеогеохимии (Робертом Бернером из Йельского университета и др.) и палеовулканологии (Миллардом Коффином из Института геофизики Техасского университета в Аустине и др.). Следует подчеркнуть, что наш анализ основан на обобщенных данных, которые прошли апробацию в международных научных изданиях и стали, таким образом, общепринятыми.

### Галактические данные и обобщения

Наше понимание настоящего места Земли и ее эволюции в галактике становится все более и более четким, хотя множество неопределенностей продолжает существовать. Согласно Энциклопедии Солнечной системы [19], наша галактика имеет спиральную структуру. В этой системе Солнце и планеты движутся по эллиптической орбите на расстоянии 8,4—9,7 кпк (1 килопарсек =  $3,0857 \times 10^{16}$  м) от галактического центра (ГЦ) с периодом обращения вокруг него (галактическим годом) примерно 240 млн лет. В настоящее время наша солнечная система находится в рукаве Орион, который представляет собой смычку между двумя основными структурами галактической спирали, названными рукавами Стрельца (внутренний по отношению к нам) и Персея (внешний). При этом Солнце и планеты находятся на расстоянии 8,5 кпк от ГЦ вблизи точки перигалактикона (ближайшего от центра галактики пункта орбиты) и движутся в направлении этой точки. Самые последние наблюдения и вычисления, впрочем, указывают на несколько меньшую дистанцию от Солнца до галактического центра — около  $7,9 \pm 0,3$  кпк и, соответственно, меньшую длительность галактического года —  $229 \pm 6$  % млн лет [13, 15], что не меняет наших представлений о месте Солнца в галактике по существу. Согласно многим исследованиям (например, [14]), орбита Солнца в настоящее время расположена очень близко к кругу коротации нашей галактики, находящемуся на расстоянии примерно 8,3 кпк от ее центра, где угловая скорость вращения галактической спирали равна скорости вращения галактического диска. В этом круге расстояния между различными космическими объектами гораздо более постоянны, чем в других местах галактики, что делает этот круг наиболее комфортабельным и безопасным местом.

Согласно Л.С.Марочнику [2, 12], проанализировавшему спиральную структуру галактики в целом, Солнце и планеты образовались 4,6 млрд лет назад в одном из ее главных рукавов, где вещество сконцентрировано под влиянием волны плотности и где в результате мощнейших столкновений и взрывов умирают старые и рождаются новые космические объекты. В дальнейшем солнечная система двигалась в менее агрессивной среде между спиралями (волнами плотности) Персея и Стрельца. Некоторые исследователи имеют иную точку зрения. Например, А.В.Галанин [1] предположил, что солнечная система периодически пересекает основные спиральные рукава галактики и что различные условия гравитации внутри и за

пределами рукавов заставляют Землю пульсировать — сжиматься внутри и расширяться снаружи этих объектов. Однако земная жизнь вряд ли смогла бы перенести мощнейший удар волны плотности [8]. Таким образом, маловероятно, что наша планета пересекала основные спиральные рукава галактики в последние 700 млн лет, обсуждаемые в настоящей статье.

Аномально высокая металличность (отношение содержания совокупности элементов тяжелее гелия к содержанию водорода) Солнца свидетельствует, что оно мигрировало от места своего рождения во внутренней части галактики вовне на расстояние  $1,9 \pm 0,9$  кпк за всю свою историю [20]. Во время этой миграции, длившейся 4,6 млрд лет, солнечная система полностью сформировалась и на Земле возникла и развилась органическая жизнь.

Важно также упомянуть, что более молодые звезды и звезды, находящиеся ближе к галактическому центру, движутся медленнее, чем более старые и удаленные. Причем движение звезд значительно ускоряется при встрече с крупными скоплениями, что случается со звездами в нашем галактическом диске с периодичностью 300—500 млн лет [19].

Приведенные астрофизические данные наталкивают на мысль, что вращение солнечной системы вокруг центра галактики убыстрялось со временем и галактический год в прошлом мог быть длиннее. Можно также предположить, что галактическая орбита Солнца шаг за шагом менялась в промежутке между главными спиральными рукавами в результате периодических встреч с газово-пылевыми туманностями и последующими изменениями скорости вращения. Орбита Солнца могла также меняться под влиянием каких-нибудь массивных объектов вроде нейтронных звезд или различных звездных скоплений, если они оказывались вблизи солнечной системы. Таким образом, в нашей попытке определить влияние галактического года на Землю мы должны искать как регулярные сезонные последовательности, случающиеся с периодичностью 200—250 млн лет (длительность галактического года по оценкам последнего цикла) и/или больше, так и события другого ранга, отражающие встречи солнечной системы с другими космическими объектами, которые могут выглядеть как сезонные (вроде звездопадов в августе) или случаться без видимой регулярности. Следует подчеркнуть, что такой подход существенно отличает наше исследование от попыток определить «магические даты» (неизменную периодичность), контролировавшие историю Земли (например, [3]).

Возможные изменения солнечной системы во время ее движения по эллиптической орбите и эволюция этой орбиты во времени могут быть выражены следующим образом. В результате гравитационного взаимодействия Солнца, его планет и колоссальной массы, сконцентрированной в центре галактики, солнечная система должна быть искривлена и растянута, когда она находится ближе к центру (рис. 1). Соответственно, в удаленной позиции планеты должны концентрироваться ближе

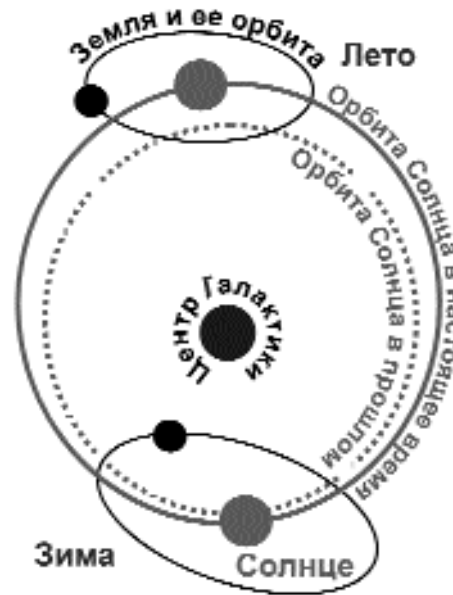


Рис. 1. Схема, иллюстрирующая предполагаемые временные положения Солнца и Земли относительно центра галактики (вне масштаба)

**Сравнительные физико-химические характеристики Марса, Земли и Венеры**

Параметр	Марс	Земля	Венера
Орбита	Более растянутая и отдаленная от Солнца, чем земная	Слегка эллиптическая	Почти круговая, более близкая к Солнцу, чем земная
Давление на поверхности	<1 % от земного	1 бар	92 бара
Атмосфера	95,3 % CO <sub>2</sub> ; 2,7 % N <sub>2</sub> ; 1,6 % Ar; 0,1 % O <sub>2</sub>	78,1 % N <sub>2</sub> ; 20,9 % O <sub>2</sub>	96,5 % CO <sub>2</sub> ; 3,5 % N <sub>2</sub>
Парниковый эффект	Очень слабый, поднимающий температуру поверхности менее чем на 5 °С или даже анти-парниковый	Слабый, поднимающий температуру поверхности не более чем на 35 °С	Сильный, поднимающий температуру поверхности примерно на 400 °С
Средняя температура поверхности	-65 °С	+15 °С	+464 °С
Оледенение	Постоянные шапки в полярных областях	Две полярные шапки, исчезавшие в теплые времена прошлого	Нет
Магнетизм	Крупные по занимаемой площади и слабые по силе региональные поля	Сильный глобальный диполь, существенно ослабляющийся или исчезавший в прошлом	Очень слабые и локальные поля
Вулканизм	Менее 100 вулканов центрального типа, потухших сотни миллионов лет назад	Около 800 действующих вулканов преимущественно вдоль границ плит и, редко, как горячие точки внутри них. Иногда в прошлом вулканизм охватывал огромные площади — крупные изверженные провинции	Более 100 000 вулканов, больше, чем на любой другой планете солнечной системы. Примерно 85 % поверхности покрыто вулканитами — крупными изверженными провинциями.
Тектоника	Плитовая тектоника отсутствует в настоящее время, но, возможно, была в прошлом. Мощная (80 км) кора на юге (65 % поверхности), тонкая (35 км) — на севере	Литосфера разделена на жесткие плиты с континентальной (мощностью до 80 км, в среднем 40 км, 25 % поверхности) и океанической (до 36 км, в среднем 7 км) корами, без видимого порядка распределенные по поверхности; тектоническая активность сосредоточена на границах плит	Кора мощностью 25—40 км, достигает 60 км лишь в отдельных, отдаленных друг от друга местах. Тектонические напряжения рассредоточены по поверхности
Жизнь	Не обнаружена	Очень развитая и разнообразная	Не обнаружена

Примечание. Данные взяты из баз данных Национального космического центра США (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/>), сайта Билла Арнетта из лаборатории Луны и планет Аризонского университета в Тусконе, США (<http://seds.lpl.arizona.edu/nineplanets/nineplanets/nineplanets.html>) и Энциклопедии Солнечной системы [19].

к Солнцу, занимая более правильные круговые орбиты. Если это так, Земля становилась более похожей на Марс, когда Солнце приближалось к центру галактики, и более похожей на Венеру, когда оно удалялось от центра (см. таблицу). Все знают,

что Марс значительно холоднее Венеры. Таким образом, наше предположение звучит парадоксально: галактическая зима на Земле должна совпадать с «летним» (близким к центру галактики) положением Солнца, а галактическое лето — с «зимним» (удаленным от центра галактики) положением Солнца (рис. 1). Не вписывающиеся в сезонную периодичность и менее масштабные похолодания, а также связанные с ними изменения могли иметь место на Земле, когда солнечная система испытывала влияние массивных космических объектов и/или встречалась с газовой–пылевыми скоплениями.

### **Температура поверхности, космическое излучение и биоразнообразие**

Хорошо известно, что в истории Земли чередовались теплые и холодные периоды, которые образуют два палеозойских суперцикла [7]. Когда Земля находилась в холодной фазе (настоящее время, 300 и 630 млн лет назад), полярные и холодные климатические пояса расширялись. В теплые же времена (100, 200 и 400 млн лет назад) аридные и теплые климатические зоны захватывали Землю, а полярные шапки исчезали с ее поверхности. К.Р.Скотезе на своем сайте в Интернете (PALEOMAP, <http://www.scotese.com>) иллюстрирует эти изменения на графике (рис. 2, слева).

На кривой графика мы можем различить холодные периоды двух типов. На границах ордовика и силура, а также юры и мела отмечаются относительно короткие и резкие похолодания. Они контрастируют с длительными и постепенно сменяющимися тепло периодами холода в докембрийском, карбон–пермском и позднекайнозойском временах. Как предположено выше, длительные периоды похолодания можно идентифицировать как периодические галактические зимы, тогда как короткие оледенения, возможно, соответствуют нерегулярным встречам солнечной системы с газовой–пылевыми туманностями. Эти скопления тонкого космического вещества могут рассеять солнечные лучи и, таким образом, значительно понизить температуру земной поверхности, что не будет связано с удалением нашей планеты от Солнца. Альтернативным объяснением коротких похолоданий может быть также влияние значительной гравитационной массы близкого объекта, не принадлежащего нашему галактическому центру (возможно, нейтронной звезды или скопления звезд).

Нил Шавив [17] на основе изучения изотопов Ве ( $^{10}\text{Be}/\text{Be}$ ) в разновозрастных Fe–Ni метеоритах показал, что всем указанным выше глобальным похолоданиям соответствуют эпохи повышенного притока на Землю космических лучей. Этот приток контролируется интенсивностью солнечного излучения — солнечный ветер подавляет внешнее космическое излучение. Сам Шавив интерпретировал свои результаты следующим образом. Он разделяет точку зрения тех, кто считает, что солнечная система с неизменной периодичностью ( $143 \pm 10$  млн лет) пересекает спиральные рукава (волны плотности) нашей галактики. В рукавах космическое излучение усиливается, главным образом, в результате происходящих там взрывов сверхновых и других явлений катастрофического характера, а влияние солнечного «щита» уменьшается из-за рассеивания солнечного излучения газовой–пылевыми скоплениями, которые там (в рукавах) сконцентрированы. Внешнее космическое излучение вызывает усиление низкой облачности, и это является основной причиной похолоданий на Земле. Наше объяснение, связывающее глобальные изменения климата с изменением позиций Земли и Солнца и/или пересечением ими газо-

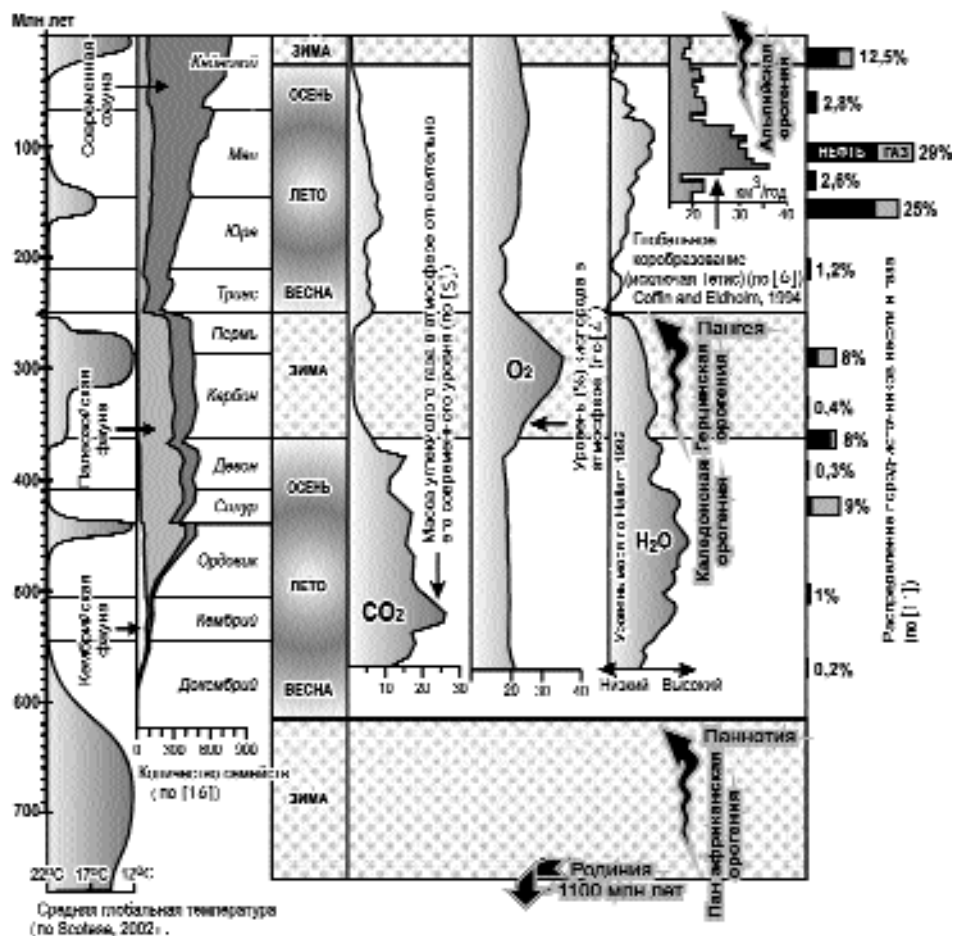


Рис. 2. Комбинация графиков, показывающих на шкале геологического времени предполагаемые геологические сезоны, в которые происходили глобальные изменения: средней температуры поверхности (<http://www.scotese.com>), биоразнообразия морской фауны [16] — слева, массы углекислого газа в атмосфере относительно его современного уровня [5], процентного содержания кислорода в атмосфере [4], уровня моря [10] — справа. Обозначены главные эпохи орогенеза, формирующие суперконтиненты ([18]; <http://www.scotese.com>); интенсивность корообразования [6] и стратиграфическое распределение пород — эффективных источников нефти и газа — в процентах от их общемирового ресурса, созданного этими породами [11]

во-пылевых туманностей вне основных спиральных рукавов галактики, не противоречит указанному механизму влияния космического излучения на земной климат и, как будет показано ниже, объясняет гораздо большее количество данных о временных изменениях нашей планеты. Чтобы подтвердить это, мы можем сравнить палеоклиматические изменения с эволюцией жизни на Земле.

Джон Сепкоски [16] проанализировал и графически отобразил распределение выделенных им кембрийской, палеозойской и современной групп морских организмов в геологическом времени. Сопоставляя графики Сепкоски и Скотезе на рис. 2, можно в первом приближении распознать галактические сезоны поздней истории Земли.

Расцвет кембрийской фауны в венде указывает, что это была первая галактическая весна, достаточно теплая и благоприятная по другим условиям для развития

органической жизни на Земле. Перед этим все сезоны были, вероятно, слишком суровыми для нее. Лето, следовавшее за вендской весной, было, похоже, экстремально жарким (хотя не таким жарким, как Венера сегодня) для кембрийской фауны, так что более теплолюбивые палеозойские животные значительно потеснили кембрийских. Впрочем, максимального развития палеозойская фауна достигла только осенью. Ордовикско–силурийское событие катастрофического характера (встреча солнечной системы с газово–пылевой туманностью?) в некоторой степени нарушило это развитие, но не смогло остановить его полностью. На карбон–пермскую зиму палеозойская фауна ответила значительным упадком разнообразия, чем воспользовались более приспособленные животные, отнесенные Сепкоски к современной фауне. Этот сезон закончился драматично — самым значительным в истории Земли вымиранием на границе перми и триаса. Данное событие традиционно интерпретируется как катастрофическое. По нашему мнению, эта катастрофа была столь значительной потому, что совпала с самым суровым галактическим сезоном, ведь конец зимы и начало весны — наиболее трудное для живого время на Земле.

Современная фауна стала господствовать во время следующих теплых сезонов в мезозое и кайнозое. Юрско–меловое лето, полностью растопившее полярные шапки и создавшее глобальный парник, определенно сделало Землю похожей на Венеру, хотя эта планета, конечно, гораздо теплее. Короткое похолодание на границе юры и мела смягчило испепеляющее галактическое лето, что отразилось локальным всплеском биоразнообразия среди морских животных. Однако наилучшим сезоном для современной фауны была мел–кайнозойская осень. Даже известная космическая катастрофа 65 млн лет назад (на границе мезозоя и кайнозоя) не смогла подорвать ее господства. Текущая галактическая зима началась по галактическим меркам совсем недавно (около 20 млн лет назад), создав несколько позднекайнозойских оледенений, сопровождавшихся ростом полярных шапок. В этом свете наблюдаемое в настоящее время потепление климата, пугающее нас экологическими катастрофами, выглядит временным явлением.

### **Циклы углерода, кислорода и уровня моря**

Роберт Бернер с соавторами [4, 5] проанализировали количество  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  в атмосфере как отражение глобального обмена этих веществ между атмосферой и литосферой за последние 550 млн лет. Их модель GEOCARB III, приведенная на рис. 2, учитывает многие факторы, в том числе: 1) усредненную для всей земной поверхности температуру, определяющуюся изменениями солнечной радиации и палеогеографии; 2) фактор выветривания, базирующийся на данных по изотопии стронция и хорошо коррелирующий с объемом терригенного осадконакопления и скоростью эрозии суши; 3) скорость выветривания, контролируруемую изменениями состава растительности на континентах и вулканической активностью; 4) количества  $\delta^{13}\text{C}$  для известняков и органического материала; 5) глобальный сток воды с континентов и другие показатели. Эта модель показывает очень высокие концентрации атмосферного  $\text{CO}_2$  в кембрии и ордовике, сильный упадок его в девоне и карбоне, высокий уровень в раннем мезозое и постепенное понижение начиная со 170 млн лет до настоящего времени. С нашей точки зрения, уровень углекислого газа в атмосфере четко отражает галактическую сезонность: он падает в осенне–зимние времена и повышается в весенне–летние (рис. 2). Мы могли бы предсказать такое поведение  $\text{CO}_2$ , учитывая, что плотная атмосфера Венеры состо-

ит преимущественно из углекислого газа (табл. 1). Следует отметить, что  $\text{CO}_2$  преобладает также на Марсе, но там атмосфера в целом очень незначительна, ее давление на поверхность в 10 тыс. раз меньше, чем на Венере, и в 100 раз — чем на Земле.

Количество кислорода в атмосфере изменяется прямо противоположно объему углекислого газа. Соответственно, масса  $\text{O}_2$  наибольшая во время галактической зимы, что, помимо прочего, отразилось в широком распространении на суше позвоночных животных, появлении гигантских насекомых, изменении дыхательных органов морских организмов [9].

Следует отметить, что кривые изменений  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  на рис. 2 не отражают явления похолоданий на ордовикско–силурийской и юрско–меловой границах. Это подтверждает наше предположение, что причинами данных событий не были регулярные галактические зимы. То же самое можно сказать о глобальных изменениях уровня моря [10], которые не реагируют на «краткосрочные» похолодания, но четко — значительными поднятиями уровня — отражают теплые галактические сезоны, выделенные нами по другим данным (рис. 2).

Количества  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  на Земле в определенной степени определяются соотношением процессов дегазации летучих компонентов из недр Земли в ходе вулканизма и гидротермальной активности и их погружения вместе с осадками внутрь планеты в ходе субдукции литосферных плит. Следовательно, галактические летние периоды являются, по-видимому, эпохами повышенной вулканической активности и дегазации, делая Землю напоминающей Венеру (см. таблицу).

## Тектоника

Что касается тектоники, то Земля существенно отличается от других планет солнечной системы. Ее верхняя оболочка — литосфера — разделяется на плиты с корой континентального и океанического типов, которые без видимого порядка распределены по глобусу. Тем не менее в настоящее время крупные материки, например Евразия и Африка, соединяются друг с другом вдоль Средиземноморской, Альпийской и Гималайской зон современного скупивания литосферы, образуя гигантскую континентальную массу. В прошлом были периоды, когда практически вся континентальная литосфера собиралась воедино, создавая так называемые суперконтиненты: Пангею, Паннотию и Родинию, примерно 300, 600 и 1100 млн л. н. соответственно. В то же время в позднелюрско–меловые и ордовикско–силурийские эпохи континенты были рассредоточены по поверхности Земли гораздо более, чем сейчас. Глобальные тектонические изменения, отлично коррелирующие с изменениями климата, были положены в основу выделения так называемых тектоно–климатических суперциклов [18], что еще раз подтверждает активность сделанных нами выше наблюдений.

Анализируя палеорекострукции К.Р.Скотезе (Scotese C.R., 2002, PALEOMAP website, <http://www.scotese.com/>), легко заметить, что суперконтиненты формировались в осенне–зимние галактические сезоны, а их распад случался в весенне–летние периоды. Соответственно, в осенне–зимние сезоны Земля становилась похожей на Марс с его концентрированной утолщенной (континентального типа) корой, а в весенне–летние времена — на Венеру с ее повсеместно доминирующей тонкой (океанического типа) корой (см. таблицу). Механизм этих трансформаций на Земле, вероятно, включает: 1) широко распространенный и интенсивный базитовый магматизм, формирующий новую океаническую литосферу в линейных зо-



нах спрединга и крупные изверженные провинции площадного распространения (интенсивная плюмовая тектоника?), в весенне–летние сезоны и 2) интенсивную складчатость, динамометаморфизм и кислый магматизм, образующие литосферу континентального типа в осенне–зимние периоды. Последние могут быть отражены эпохами глобального орогенеза (складчатости и горообразования), кульминацией которых были столкновения континентов, как это показано на рис. 2. Само собой разумеется, наращивание и разрушение океанической и континентальной литосфер постоянно происходят в истории Земли, но максимально рост океанической литосферы усиливался, видимо, в летние галактические времена, а процессы утолщения земной коры — в зимние.

Исходя из сказанного, Земля претерпевает некие пульсации, дышит: сжимается в холодные галактические сезоны и расширяется в теплые, что в определенной степени подтверждает гипотезу пульсирующей Земли [1 и др.]. Эта гипотеза предполагает, что объем нашей планеты значительно (20 % и более) меняется под гравитационным влиянием галактики, которое различно внутри и за пределами спиральных рукавов, периодически пересекаемых Землей. Наша интерпретация иная. Астрофизические и палеонтологические данные свидетельствуют, что органическая жизнь на Земле со времен ее возникновения не подвергалась гравитационным ударам волн плотности, которые она вряд ли смогла бы пережить [2, 8, 12, 14]. Кроме того, земные пульсации, были, по–видимому, не столь объемны (предположительно не более нескольких процентов), так что современные модели тектоники плит и, особенно, плюмовой тектоники вполне вписываются в эти пульсации и, более того, объясняют механизмы их реализации: преобладающая над спредингом субдукция может обеспечить некоторое сжатие Земли галактической зимой, а преобладающий спрединг совместно с плюмовым магматизмом способен заполнить веществом дополнительный объем нашей планеты в летнее время.

### **Магматизм и другие процессы**

Главные эпохи вспышек базитового магматизма, вероятно отражающие рассредоточенное положение континентов на земной поверхности, трудно проследить в геологической летописи глубже 150 млн л. н., так как более древняя океаническая кора почти полностью субдуцирована. Что же касается последнего отрезка времени, то мы можем проследить процесс разрастания коры, подавляющую часть которого составляют воспроизводство океанического дна в ходе спрединга и формирование крупных изверженных провинций, на диаграмме (рис. 2, верхняя правая часть), заимствованной из широко известной сводки Коффина и Элдхольма [6]. На этом графике видно, что теплый сезон последнего галактического года совпал с гигантским всплеском роста земной коры, как мы и ожидали. Кроме того, этот период времени характеризуется наивысшим подъемом уровня моря, спокойным состоянием геомагнетизма и накоплением огромного количества черных (углеродсодержащих) осадков, отражающих восстановительные условия седиментации [6]. Ничего удивительного, все это сближает нашу планету с Венерой, поверхность которой покрыта лавовыми полями базальтоидов (крупными изверженными провинциями в терминологии Коффина и Элдхольма) и характеризуется слабыми магнитными полями, углекислой атмосферой и рассредоточенной корой повышенной мощности.

Как можно видеть справа на рис. 2 [11], отложения осенне–зимнего времени последнего галактического года являются важнейшим источником энергии для нашей цивилизации. Холодный сезон ордовикско–силурийского времени был гораз-

до менее продуктивным, возможно из-за того, что древние залежи углеводородов были разрушены, переработаны или спрятаны в ходе «распыляющих» геологических процессов, особенно интенсивных в последовавшее весенне-летнее время. Тем не менее колоссальное выделение  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  из земных недр, отмеченное для кембрийско-девонского времени [5, 10], позволяет предположить будущие открытия новых нефтегазовых ресурсов, захваченных каледонско-герцинскими структурами и связанными с кембрийско-девонскими источниками.

Генерализованные данные об изменениях основных физико-химических и биологических характеристик Земли на позднем этапе ее эволюции наталкивают на предположение, что орбита Солнца на Млечном Пути менялась в ходе геологического времени: в прошлом она была ближе к центру нашей галактики. В то же время, из-за меньшей орбитальной скорости, галактический год солнечной системы был длиннее — около 500 млн лет в позднем докембрии, на что указывает временной промежуток между формированием суперконтинентов Паннотия и Родиния, в сравнении с 350—400 млн лет от позднего докембрия до пермско-триасового времени (от Паннотии до Пангеи) и 250—300 млн лет между текущей и пермской галактическими зимами (рис. 2).

Выявленные сезоны галактических лет на Земле, похоже, отражают значительные изменения ее положения относительно Солнца в связи с его обращением вокруг центра галактики по эллиптической орбите. Под влиянием гигантской массы галактического центра солнечная система расширялась при прохождении близко к нему и сжималась на удаленных участках орбиты. Таким образом, галактические зимы на Земле совпадали с летним (удаленным от галактического центра) положением солнечной системы и наоборот. Галактические зимы имели место в вендском, карбон-пермском и позднекайнозойском периодах земной истории, характеризуюсь долговременными и глобальными понижениями температуры поверхности и разнообразия морских организмов, а также формированием суперконтинентов, что делало нашу планету напоминающей Марс. В теплые сезоны Земля напоминала Венеру с ее широко распространенным базитовым вулканизмом, слабыми магнитными полями, рассредоточенной утолщенной корой, плотной загазованной атмосферой и парниковыми эффектами.

Несомненно, специалисты из различных областей геологии, планетологии и астрофизики могут распознать гораздо больше примет галактической сезонности, особенно углубляясь в геологическую историю. Такое углубленное изучение может иметь не только теоретическое значение, но и практический эффект, помогая разобраться с происхождением многих природных ресурсов. Например, мощная углеродно-водородная дегазация земных недр в летние галактические времена предполагает, что осадочные породы соответствующего возраста имеют лучшую перспективу оказаться источниками нефти и газа, чем зимние отложения. Однако холодные галактические сезоны с их напряжениями сжатия могут создать условия для мобилизации рассеянных осадочных углеводородов — их миграции и скопления в виде крупных газовых и нефтяных резервуаров.

Идеи, суммированные выше, в своей совокупности представляют новую модель, позволяющую объяснить на качественном уровне многие особенности земной эволюции, связав ее с изменениями положения солнечной системы в галактике. Нужна проверка этих идей математическими расчетами с использованием теоретической базы различных областей науки. Для этого необходимо сотрудничество астро- и геофизиков, геологов и палеонтологов.

В конце хотелось бы еще раз подчеркнуть, что концепция этой статьи ни в коей мере не является альтернативой плитовой и плюмовой тектоникам или гипоте-

зам расширяющейся, сжимающейся и пульсирующей Земли. Тектоники плит и плюмов объясняют литосферную машину, приводимую в движение тепловым двигателем земных недр, тогда как гравитационная система галактики может контролировать режим работы этой машины, как дорога контролирует движение автомобиля. Этот режим может быть пульсирующим в масштабе галактического года или сжимающим и расширяющим — для разных галактических сезонов, галактических декад и столетий. Эта работа также не противоречит большинству катастрофических гипотез, так как фокусируется на другом предмете — постепенных эволюционных изменениях.

Автор искреннюю благодарен А.В.Галанину и В.С.Маркевич за то, что они возбудили его интерес к теме исследования, А.И.Ханчуку, Ю.Д.Захарову, С.В.Высоцкому, С.А.Щеке и Гарольду Строму за их полезные замечания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Галанин А.В. Гипотеза пульсирующей Земли. Владивосток: Дальнаука, 2001. 72 с.
2. Марочник Л.С., Сучков А.А. Галактика. М.: Наука, 1984. 392 с.
3. Ясаманов Н.А. Галактический год и периодичность геологических событий // Докл. РАН. 1992. Т. 328. С. 373—375.
4. Berner R.A., Canfield D.E. A new model for atmospheric oxygen over Phanerozoic time // *Am. J. Sci.* 1989. Vol. 289. P. 333—361.
5. Berner R.A., Kothavala Z. GEOCARB III: a revised model of atmospheric CO<sub>2</sub> over Phanerozoic time // *Am. J. of Science.* 2001. Vol. 301. P. 182—204.
6. Coffin M.F., Eldholm O. Large igneous provinces: crustal structure, dimensions, and external consequences // *Rev. Geophys.* 1994. Vol. 32. P. 1—36.
7. Fischer A.G. The two Phanerozoic supercycles // *Catastrophes and Earth History — the New Uniformitarianism.* Princeton, New Jersey: Princeton Univ. Press, 1984. P. 129—150.
8. Gonzalez G. Solar system bounces in the right range for life // *Facts & Faith.* 1997. Vol. 11(1). P. 4—5.
9. Grahame J.B., Dudley R., Aguilar N.M., Gans C. Implications of the late Paleozoic oxygen pulse for physiology and evolution // *Nature.* 1995. Vol. 375. P. 117—120.
10. Hallam A. Phanerozoic sea-level changes. New-York: Columbia Univ. Press, 1992. 266 p.
11. Klemme H.D., Ulmishek G.F. Effective petroleum source rocks of the world: stratigraphic distribution and controlling depositional factors // *AAPG Bull.* 1991. Vol. 75. P. 1809—1851.
12. Marochnik L.S. On the origin of the solar system and the exceptional position of the Sun in the Galaxy // *Astrophysics and Space Science.* 1983. Vol. 89(1). P. 61—75.
13. McNamara D.H., Madsen J.B., Barnes J., Ericksen B.F. The distance to the Galactic center // *The Publications of the Astronom. Soc. of the Pacific.* 2000. Vol. 112(768). P. 202—216.
14. Mishurov Yu.N., Zenina I.A. Yes, the Sun is located near the corotation circle // *Astronom. Astrophys.* 1999. Vol. 341. P. 81—85.
15. Reid M.J., Readhead A.C.S., Vermeulen R.C., Treuhaft R.N. The proper motion of Sagittarius // *A. I. First VLBA Results. Astrophys. J.* 1999. Vol. 524. P. 816—823.
16. Sepkoski J.J. A kinetic model of Phanerozoic taxonomic diversity // *Paleobiology.* 1984. Vol. 10. P. 246—267.
17. Shaviv N.J. The spiral structure of the Milky Way, cosmic rays and ice age epochs on Earth // *New Astronomy.* 2002. Vol. 8. P. 39—77.
18. Veevers J.J. Tectonic-climatic supercycle in the billion-year plate-tectonic eon: Permian Pangean ice-house alternates with Cretaceous dispersed-continents greenhouse // *Sedimentary Geology.* 1990. Vol. 68. P. 1—16.
19. Weissman P.R. The Solar system and its place in the Galaxy // *Encyclopaedia of the Solar System. L.:* Academic Press, 1998. P. 1—33.
20. Wielen R., Fuchs B., Dettbarn C. On the birth-place of the Sun and the places of formation of other nearby stars // *Astron. Astrophys.* 1996. Vol. 314. 438 p.