

К.Г. Леви, С.А. Язев, Н.В. Задонина

Институт земной коры СО РАН, Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

**ГЛОБАЛЬНЫЕ ПОТЕПЛЕНИЯ И ПОХОЛОДАНИЯ
В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ И ИХ ПРИЧИНЫ**

K.G. Levy, S.A. Yazev, N.V. Zadonina

Institute of the Earth's crust SB RAS, Institute of solar-terrestrial physics, Irkutsk

**GLOBAL WARMINGS AND COLDINGS IN THE EARTH HISTORY
AND THEIR CAUSES**

The data on global climate changes in the Earth history including a lot of their space causes are considered. Classification of global climate changes on the base of their duration data is proposed. Conclusion about regularity of climate fluctuations parameters was made. Hypothesis about modern global warming seems to be insufficiently founded. Possibly we observe a recurrent ordinary short episode of global climate changes not connected with any anthropogenic factors a lot of which took place in the past.

В работе обсуждаются глобальные климатические изменения, протекавшие, судя по имеющимся данным, в геологическом прошлом Земли. Не подлежит сомнению тот факт, что для Земли были характерны крупномасштабные и длительные оледенения, перемежавшиеся интервалами теплого климата. Причины подобных изменений активно обсуждаются со времени открытия их достоверных следов и рассмотрены в настоящей статье с учетом современных представлений.

Кроме того, в последние годы в печати, а также в научной периодике появляется немало сообщений о начавшемся новом глобальном потеплении, которое (якобы) может привести к катастрофическим последствиям для человечества. Поэтому вопрос о том, действительно ли наблюдаемые в настоящее время процессы относятся к разряду глобальных изменений, весьма актуальны.

Анализ причин глобальных изменений климата требует уточнения отдельных вопросов. Во-первых, необходимо определить параметры явлений, которые можно было бы характеризовать как глобальные. Во-вторых, важно понять, как часто проявлялись глобальные климатические изменения в истории Земли. В-третьих, полезно обсудить набор возможных причин таких изменений, включая популярную теорию М. Миланковича. В-четвертых, следует попытаться уяснить, что же действительно происходит на Земле сегодня – глобальное изменение климата или некий незначительный эпизод, подобных которому в прошлом было несметное множество.

Для ответа на эти вопросы обратимся к геологическому прошлому планеты.

Оледенения и глобальные потепления в истории Земли

Научные исследования последних десятилетий существенно расширили наш кругозор в области возникновения оледенений далекого геологического прошлого Земли [Ричмонд, 1974; Сорохтин и Сорохтин, 1997; Федонкин, 2000; Сорохтин, 2002; Чумаков, 1978; Hambrey, Harland, 1985]. Э.Д. Ершов в 1996 году, анализируя оледенения в истории Земли, предложил классифицировать интервалы времени, в течение которых формировались ледниковые отложения, и именовать их ледниковыми эрами (если длительность оледенения оценивается первыми сотнями миллионов лет), ледниковыми периодами (миллионы – первые десятки миллионов лет), ледниковыми эпохами (первые миллионы лет). В истории Земли можно выделить следующие ледниковые эры: раннепротерозойскую (2500–2000 млн лет назад), позднепротерозойскую (900–630 млн лет назад), палеозойскую (460–230 млн лет назад) и кайнозойскую (30 млн лет назад – настоящее время). В рамках классификации Э.Д. Ершова первые три события являются ледниковыми эрами, последнее – ледниковым периодом.

Однако со времени публикации этой классификации произошли некоторые изменения в датировке минувших ледниковых событий [Сорохтин, Сорохтин, 1997]. Сегодня считается, что наиболее древнее из известных оледенений — Гуронское — происходило 2500–2300 млн лет назад. Заметим, что с учетом точности датировок событий этого времени нет оснований считать, что это оледенение длилось именно 200 млн лет. Указанный период – только интервал времени, в пределах которого оно имело место в геологическом прошлом Земли, без указаний его продолжительности. Таким образом, введение понятия об эрах оледенения длительностью в сотни миллионов лет выглядит неоправданным, поскольку столь длительных оледенений на Земле, похоже, никогда не было.

Предполагается, кроме того, что между 750 и 580 млн лет назад могли иметь место 2 или 4 оледенения. Однако на середину упомянутого интервала времени приходится Лапландское оледенение, которое датируется 670–630 млн лет назад. Вероятно, что в разных источниках речь идет об одном и том же оледенении, но с разными ошибками датирования. Оледенения возникали [Добрецов, 2004] в ордовике и силуре (около 460–420 млн лет назад), в девоне (370–355 млн лет), в карбоне-перми (290–225 млн лет) и, наконец, в раннем (65–38 млн лет) и позднем (1.5 млн лет назад) кайнозое. Если исключить длительный временной интервал между Гуронским и Лапландским оледенениями, то можно заметить, что похолодания наступали на Земле с частотой раз в 130–150 млн лет. Учитывая существующие неточности геолого-стратиграфических датиро-

50 млн лет. Учитывая существующие неточности геолого-стратиграфических датировок событий, укажем, что интервалы времени между оледенениями варьируют от 40 до 250 млн лет, а продолжительность оледенений составляет около 30–40 млн лет.

Можно заметить, что периодичность возникновения оледенений мало отличается от продолжительности вариаций активности других геологических процессов. Так, изменения по времени скоростей морской седиментации и формирования вулканогенных толщ и периодичности тектонических событий в фанерозое, выявленные с помощью фурье-анализа и метода автокорреляции, позволили установить, что длиннопериодные гармоники, характеризующие цикличность отдельно взятых процессов, примерно согласуются между собой. Отчетливо выделяются циклы 180, 140–110, 80–60 и около 40 млн лет [Леви, 1991]. Сходство же продолжительности циклов различных геологических процессов позволяет предположить, что их природа едина, а в ее основе лежат какие-то общие, возможно, космические причины.

Основным вопросом данной работы мы считаем вопрос о том, что же следует понимать под глобальными изменениями природы и климата. Можно сформулировать следующий подход. Глобальными явлениями будем называть те, которые характеризуются изменениями в масштабе всей планеты, а сами эти изменения приводят к значительным преобразованиям во всех геосферах одновременно. Понятно, что здесь присутствует определенный произвол, поскольку, строго говоря, необходимы численные оценки амплитуды изменения параметров геосфер, чтобы указать, относится ли к разряду глобальных то или иное изменение или событие. Следует ли, например, считать глобальным потеплением увеличение средней температуры Земли на 0.1 градуса за полвека? Остается много вопросов, но, с нашей точки зрения, на сегодняшний день нет смысла вводить строгие, математически корректные определения глобальных изменений. Как показано, например, в работе В.А. Дергачева и В.Ф. Чистякова [1998], по-видимому, параметры земных геосфер практически никогда не были постоянными! Непрерывные изменения климата постоянно происходили и на локальном, и на глобальном уровне на протяжении как всей истории человечества, так, очевидно, и до нее. Поэтому сам факт изменения каких-либо параметров еще не может считаться признаком глобального изменения. В большинстве случаев речь может идти о развитии кратковременных эпизодов (флуктуаций), в среднем же параметры среды могут оставаться примерно постоянными. По-видимому, глобальным изменением следует называть такое, которое приводит к значительным изменениям состояния среды (средних парамет-

ров геосфер). При этом климатический режим меняется, и кратковременные флуктуации происходят относительно нового среднего уровня.

Учитывая плавность (как правило) переходов природной среды из одного состояния в другое, необходимо предусмотреть и использование соответствующих терминов для обозначения процессов с различными характерными временными масштабами. В работе Э.Д. Ершова представляется вполне рациональной привязка к геохронологической шкале. Однако предложенная им классификация не имеет, с нашей точки зрения, под собой достаточных оснований, поскольку продолжительность оледенений, которые в ней именуются эрами, составляет сотни миллионов лет. В действительности длительность оледенений, судя по всему, никогда не превышала первых десятков миллионов лет [Федонкин, 2000]. Но тогда именно такие события целесообразно назвать ледниковыми эрами.

Может быть предложена следующая уточненная и расширенная классификация природных похолоданий. **Ледниковая эра** — период похолоданий продолжительностью первые десятки миллионов лет. **Ледниковая эпоха** — явление продолжительностью первые миллионы лет; все прочие потепления и похолодания длительностью в десятки или сотни тысяч лет можно характеризовать как **периоды**, а потепления или похолодания длительностью в первые тысячи лет — **фазы**. Похолодания продолжительностью первые сотни-десятки лет и менее могут рассматриваться только как **эпизоды** природно-климатических изменений. Последние соразмерны, например, "малому ледниковому периоду" в Европе или минимуму солнечной активности Маундера. Таким образом, мы предлагаем вслед за Э.Д. Ершовым уточненную, более адекватную классификацию природно-климатических изменений, которая учитывает как масштабность проявления изменений, так и их длительность.

Возможные причины глобальных потеплений и похолоданий

Причины крупномасштабных потеплений и похолоданий на Земле окончательно не ясны. Можно исходить из того, что Земля является принципиально открытой системой, и на состояние ее оболочек существенно воздействуют внешние (космические) причины.

В XIX — первой половине XX в. в науке господствовала парадигма, которая исходила из представлений о высокой степени стабильности условий, существующих в Солнечной системе. Неявно полагалось, что на протяжении сотен миллионов, а то и миллиардов лет практически не меняются параметры планетной системы: планеты

движутся по орбитам, "как по рельсам", параметры энерговыделения Солнца если и меняются со временем, то плавно и несущественно, физические условия на планетах достаточно стабильны.

Вторая половина XX в. принесла новую информацию, которая позволяет считать эту концепцию несостоятельной. Ярким примером ее несостоятельности явились результаты исследований Марса, полученные в последние годы. Они продемонстрировали пример катастрофического изменения климатических условий на планете в прошлом — от теплого и влажного с наличием открытых водоемов и, возможно, океанов, с мощной вулканической деятельностью, до "холодного и сухого" состояния планеты сегодня. Атмосферное давление упало в сотни раз, вся вода оказалась в замороженном состоянии в полярных шапках и, может быть, в виде вечной мерзлоты [Ксанфомалити, 1997].

Еще один пример — современные представления об орбитах планет и астероидов. Численные эксперименты показывают, что в больших интервалах времени их орбиты оказываются нестабильными, причем степень нестабильности тем выше, чем меньше масса небесного тела [Ипатов, 2000]. В результате оказалось, что заблаговременный прогноз параметров орбит небольших астероидов и метеороидов на длительные промежутки времени практически невозможен. Более того, при больших эксцентриситетах орбит планет (что наблюдается в экстрасолнечных планетных системах) вероятны даже их выбросы за пределы планетных систем.

В этом контексте и Земля не может рассматриваться как объект с неизменными орбитальными параметрами, что подтверждается многочисленными исследованиями. Относительно регулярная смена оледенений и межледниковий в Альпах легла в основу построений М. Миланковича [1939], создавшего математическую теорию, которая объясняла смены похолоданий и потеплений вариациями главных орбитальных параметров Земли — эксцентриситета орбиты (период изменения 110 тыс. лет), наклона земной оси к плоскости эклиптики (период изменения 42 тыс. лет), а также прецессией земной оси с периодом 19–23 тыс. лет. Все упомянутые параметры влияют на величину солнечной инсоляции либо ее распределение по земной поверхности, а следовательно, и на смену эпох потеплений и похолоданий. Таким образом, М. Миланковичу удалось дать теоретическое объяснение оледенений и межледниковий в плейстоцене за прошедшие 500 тыс. лет.

Однако следует указать, что, хорошо объясняя климатические вариации плейстоцена, теория М. Миланковича не дает объяснения периодам оледенений Земли в да-

леком геологическом прошлом, где промежутки между ледниковыми эпохами исчисляются 130–150 млн лет, а также в историческом прошлом, когда наблюдались похолодания, аналогичные "малому ледниковому периоду" Европы продолжительностью около 150 лет. Построения М. Миланковича успешно работают только в сменах похолоданий и потеплений внутри ледниковых периодов и являются "малыми" гармониками, наложенными на гармоники более высоких порядков, исчисляющиеся миллионами лет. В противном случае, оледенения в истории Земли должны были бы повторяться как минимум раз в 50–150 тыс. лет, но, по известным данным, этого никогда не происходило. В периоды, когда на Земле оледенения не наблюдаются, циклы М. Миланковича не находят столь яркого отображения в геосферах.

Для модельной реализации этой теории используются гармоники с продолжительностями 110, 42 и 19–23 тыс. лет. Это не позволяет объяснить явления, подобные "малому ледниковому периоду Европы": минимальная гармоника М. Миланковича продолжительностью 19–23 тыс. лет на три порядка превышает продолжительность любых самых "малых ледниковых периодов", документированных историческими летописями. Таким образом, математическое решение М. Миланковичем этой проблемы является лишь частным решением общей теории, описывающей причины глобальных оледенений Земли.

Итак, становится очевидным, что не только орбитальные параметры Земли ответственны за климатические похолодания и потепления.

Рассмотрим возможные причины значительных, в том числе и глобальных, изменений экосистемы Земли под воздействием отдельных космических факторов либо их комплексного влияния. Помимо изменений орбитальных параметров Земли, в этом ряду может быть названо существенное изменение по времени солнечной инсоляции, которое, в свою очередь, может вызываться разнообразными внешними причинами. На первом месте среди них стоит **изменение режима энергосыделения Солнца.**

Есть основания полагать, что на длительных интервалах времени этот режим может изменяться. Косвенные свидетельства этому обнаруживаются при анализе разнообразных палеоастрономических данных. Сегодня неизвестно, происходят ли в ядре Солнца длиннопериодные циклические изменения, которые могут или могли приводить к периодическим изменениям как интегральной светимости звезды, так и распределения энергии в ее спектре. Астрономические наблюдения показывают, что почти все звезды являются переменными, причем у некоторых типов звезд периодически изменяется как светимость, так и спектральный класс. На малых периодах времени (порядка

10 лет) Солнце является слабопеременной звездой, причем, судя по всему, по собственным внутренним причинам (отметим, что гипотеза, объясняющая 11-летний цикл солнечной активности гравитационным влиянием планет, не является общепринятой). Что же касается длиннопериодных изменений, то о них пока мало что известно, но возможность их существования выглядит весьма вероятной.

По-видимому, могут рассматриваться и изменения состояния Солнца под воздействием внешних причин. Солнце вращается вокруг центра Галактики с периодом, который не очень точно известен, но оценивается, по разным данным, продолжительностью от 200 до 240 млн лет. Если предположить, что галактическая орбита Солнца обладает отличным от нуля эксцентриситетом, то для различных участков орбиты будут характерны различная галактоцентрическая скорость движения Солнца, различное удаление Солнца от центра Галактики и т.д. Это может воздействовать (впрочем, пока неясным способом) на режим энерговыделения Солнца, что как цепная реакция найдет отражение в природно-климатических изменениях на Земле.

Недавно стало ясно, что во Вселенной присутствует так называемая "темная материя", суммарная масса которой почти на два порядка превышает массу "видимого" вещества [см., например, Сажин, 2002]. При этом "темная материя" влияет на крупномасштабные характеристики спиральных галактик, в частности на скорость вращения звезд вокруг их центров, что, собственно, и позволяет говорить о ее существовании. Полагая, что наша Галактика не является исключением, необходимо учитывать гипотетическое влияние "темной материи" на галактоцентрическую скорость Солнца, а возможно, и на иные его параметры. Крайне маловероятно равномерное распределение "темной материи" внутри Галактики. Тогда, с точки зрения пространственного распределения "темной материи", и галактическая орбита Солнца не должна быть однородной: какие-то участки орбиты могут подвергаться дополнительному воздействию со стороны неоднородностей плотности "темной материи". Поэтому должны проявляться кратные галактическому периоду циклические изменения состояния многих параметров Солнечной системы. Скорее всего, эти изменения могут оказаться незначительными, однако ввиду нелинейности некоторых типов причинно-следственных связей в сложных системах они могут привести к заметным последствиям, в частности природно-климатическим изменениям на Земле.

Еще одна гипотеза может быть связана с тем, что Галактика вращается достаточно сложным (дифференциальным) образом: скорость вращения звезд зависит от расстояния до центра Галактики, тогда как спиральные ветви плотности Галактики вращаются твер-

дотельно, как спицы колеса. Тогда, двигаясь вокруг центра Галактики, Солнечная система может либо "догнать" области повышенной плотности вещества - газопылевые облака, либо, отставая, - погружаться в такие области, которые "догоняют" Солнечную систему. В результате таких процессов на миллионы – десятки миллионов лет Солнце может погружаться в более плотную среду, что тоже может иметь ряд последствий. К их числу могут относиться как изменения режима солнечной активности под воздействием увеличенного потока аккрецирующей на Солнце газопылевой материи, так и изменения оптических свойств межпланетного пространства, сквозь которое на Землю поступает солнечное излучение. Кроме того, если бы Солнечная система вошла в один из спиральных рукавов, это привело бы к регулярному облучению Земли продуктами взрывов близких сверхновых. В результате на Земле происходили бы глобальные экологические катастрофы. Свидетельства таких событий, похоже, существуют.

В то же время есть доводы против этой гипотезы. Дело в том, что Солнце очень удачно оказалось на так называемом круге коротации, где вращение волн плотности, связанных со спиральными рукавами Галактики, синхронизовано с вращением Галактики и ее звездного населения в целом [Марочник, Мухин, 1986]. Это значит, что Солнце, находясь на строго определенном расстоянии от центра Галактики (23–28 тыс. св. лет) [Вибе, 1997], между спиральными рукавами Персея и Стрельца, движется примерно с той же угловой скоростью, что и эти рукава. В результате не должно происходить "вплывания" Солнечной системы внутрь спирального рукава, по крайней мере на протяжении ее существования. Это также означает, что скорость вращения Солнца должна быть такой же, как и у гипотетических газопылевых облаков, находящихся в рукавах, и их относительные скорости должны быть близкими к нулю, в результате чего расстояние между Солнечной системой и облаками должно оставаться постоянным. В этом случае периодические изменения становятся невозможными.

Тем не менее положение Солнца между двумя потенциально "опасными" спиральными рукавами не абсолютно стабильно. Прежде всего, сам факт существования Солнца говорит о том, что когда-то оно все-таки находилось внутри одного из спиральных рукавов (по имеющимся данным, звездообразование происходит только и именно там). Химический состав Солнца, содержащего, помимо прочего, атомы тяжелых элементов, указывает на то, что Солнце – звезда второго поколения, и сформировалось оно из туманности, появившейся в результате взрыва древней сверхновой – скорее всего, тоже в пределах спирального рукава. Л.С. Марочник и Л.М. Мухин [1986] делают оценки разности угловых скоростей Солнца и спиральных рукавов, получая около $1.4 \pm$

3.6 км/с * кпк. Это дает характерный масштаб временного интервала нахождения Солнечной системы между спиральными рукавами (от выхода из рукава Стрельца до будущего входа в рукав Персея) порядка миллиарда лет, т.е. времени жизни Солнечной системы. Это означает, что трудно за счет галактического вращения нашего светила объяснить периодические изменения в состоянии Солнечной системы (если не считать, что вращение Солнца происходит относительно невращающейся компоненты например, сгущения темной материи).

Однако, если вернуться к идее о том, что галактическая орбита Солнца все-таки имеет эллиптическую форму, следует предположить, что это может привести к ряду серьезных последствий. Прежде всего, из-за вытянутости орбиты Солнце будет периодически покидать пределы коротационного круга. При этом скорость Солнца по отношению к спиральным рукавам может заметно изменяться. Тогда с частотой, кратной периоду обращения вокруг центра Галактики, могут наблюдаться смещения Солнца относительно других объектов (звезд, газопылевых облаков) со всем спектром возможных следствий. Это может происходить и в том случае, если орбита Солнца наклонена к плоскости диска Галактики и Солнечная система периодически выходит за пределы этой плоскости. В итоге могут меняться параметры внутрисолнечных процессов, а также происходить вариации интенсивности падающего на Землю излучения Солнца в результате меняющихся свойств межпланетной среды. При погружении Солнечной системы в газопылевое облако неизбежно взаимодействие межпланетного магнитного поля с полем облака, что должно привести к изменениям в геомагнитном поле, включая трансформацию структуры магнитосферы. Все это, естественно, должно отражаться на глобальных характеристиках климата Земли.

Еще одна причина изменения солнечной инсоляции может быть связана с изменениями, **которые происходят на самой Земле.**

Количество солнечной энергии, поглощаемой в единицу времени атмосферой Земли и поверхностью планеты, существенно зависит от оптических свойств и атмосферы, и поверхности. Скажем, высокое альbedo облаков, покрывающих всю поверхность Земли и отражающих в космическое пространство значительную часть падающего солнечного излучения, может сказаться на количестве приходящей энергии гораздо сильнее, чем колебания солнечной постоянной. Изменения площади снежного покрова, доли площади суши по отношению к поверхности океана, изменение типов растительности, количества аэрозолей в атмосфере, степени парниковости атмосферы, уровня растворимости газов, особенно парниковых, в океане – весьма существенные факторы

для установления определенного температурного режима планеты. Очевидно, что важную роль играет интенсивность вулканизма.

Здесь работает множество факторов, которые не являются независимыми, с разными типами связей между ними. В геологии известно, что увеличение площади суши и понижение уровня Мирового океана приводят к неминуемым похолоданиям и, как следствие, к оледенениям. Эпохами похолодания, связанными с увеличением площади суши, в геологической истории Земли можно считать те геологические эпохи, когда, с позиций теории тектоники литосферных плит, формировались Моногеи, Родинии или Пангеи [Сорохтин, Сорохтин, 1997]. Такая гипотеза выглядит логичной, но требует дальнейшего углубленного изучения.

К другим эффективным факторам, влияющим на Землю, следует отнести **импактные события**. На ранней стадии развития Земли такие события были частыми и мощными. Это демонстрируют нам испещренные ударными кратерами разных масштабов поверхности планет земной группы, спутников планет и астероидов. Тем не менее, и в более поздние эпохи падение крупных астероидов с характерным размером более 10 км должно было вызывать глобальные изменения. Так называемое К/Т событие – падение астероида в Мексике 65 млн лет назад - вызвало выброс в атмосферу огромного количества пыли, что привело к резкому падению температуры на планете, массовой гибели флоры и фауны, замерзанию водоемов и т.п. [Микиша, Смирнов, 1999]. Теоретические оценки, а также наличие гигантских древних ударных кратеров-астроблем на Земле показывают, что подобные события, и даже еще более масштабные, происходили в прошлом неоднократно. Не исключено, что подобные столкновения могли являться триггерными событиями для начала оледенений. В результате "импактной зимы" площадь снежных и ледяных покровов могла резко увеличиться, что должно было приводить к росту эффективного альбеда земной поверхности и облачного покрова, дальнейшему скачкообразному падению средней температуры на поверхности Земли.

Вариации частоты падений ледяных ядер комет могут при этом иметь периодический характер. Считается, что гравитационные возмущения в так называемом кометном облаке Оорта, окружающем Солнечную систему на расстоянии порядка 1 св. года, могут вызывать массовые срывы кометных ядер с орбит и их перемещения к центральным областям Солнечной системы (кометные ливни), где становятся возможными столкновения с Солнцем и планетами. Такие гравитационные возмущения могут периодически повторяться при прохождении Солнечной системы вблизи крупных масс в процессе движения вокруг центра Галактики.

Падение крупных метеороидов, комет и астероидов на Землю могло вызвать и последствия другого типа. В работе Ч. Парка [Park, 1978], посвященной падению Тунгусского метеорита, указывается, что под действием ударной волны в атмосфере должно происходить образование оксида азота NO, который потом окисляется в NO₂. Такие изменения, помимо прочего, должны привести к изменению оптических свойств земной атмосферы, что неизбежно должно сказаться на уровне солнечной радиации, достигающей поверхности планеты. В целом же крупные импактные события вызывают разрушение озонового слоя, изменения химических, тепловых и оптических свойств атмосферы, что отражается на параметрах климата. Ответ на вопрос о том, может ли климат быстро восстановиться после такого удара, либо будет осуществлен переход на иное устойчивое состояние климата, по-видимому, зависит от мощности события и требует специального численного моделирования.

На сегодняшний день известны и другие космические события, способные повлиять на земные условия - это **взрывы сверхновых**. По оценке И.С. Шкловского [1987], за все время существования Солнечной системы по крайней мере несколько раз взрывы сверхновых происходили на расстояниях менее 10 пк от Солнца. Мощное коротковолновое излучение и космические лучи от сверхновой должны были уничтожить озоновый слой, существенно повысить степень ионизации в верхней атмосфере, вызвать нетипичные химические реакции в атмосфере, уничтожить большую часть биосферы, привести к мутационным взрывам у оставшейся части биоты. Уничтожение биосферы приводило, в свою очередь, к изменению химического состава атмосферы: нельзя забывать, что 21 % свободного кислорода присутствует в земном воздухе исключительно благодаря существованию зеленых растений. Такие изменения с неизбежностью должны были привести к изменениям климата.

Исследования последних лет показывают, что могут происходить весьма удаленные от Солнечной системы события, тем не менее оказывающие заметное влияние на геосферы. Это, например, **взрывы на магнетарах** [Язев, 1998; Язев, Жукова, 2001]. Примером может служить зафиксированный спутниками сверхмощный всплеск гамма-излучения на нейтронной звезде, расположенной в 20 тыс. св. лет от Солнца. Всплеск привел к повышению уровня ионизации ночной ионосферы Земли до значений, типичных для дневного периода. Очевидно, что это не самое мощное из возможных событий:

более значительные явления могут происходить на меньших расстояниях от Солнца и приводить к более существенным изменениям экосистемы Земли.

В числе возможных причин изменения климата часто называют резкие **изменения наклона оси вращения Земли** по отношению к плоскости орбиты. Приводятся соображения о том, что именно такое катастрофическое изменение повлекло за собой смену типа климата на Марсе. Однако такое явление выглядит практически невозможным из-за отсутствия сил, способных на подобный поворот: для того чтобы изменить ось вращения огромного маховика, которым, в сущности, является Земля, требуется громадная энергия, которую не способно сообщить даже столкновение с относительно крупным астероидом. Существуют и более экстравагантные идеи: например, обсуждается вопрос о проворачивании всей коры Марса (как кожуры апельсина) относительно мантийных слоев, в результате чего экваториальные водоемы переместились в полярные области и замерзли, что привело к резкому уменьшению парниковости атмосферы и ее частичному вымораживанию с осадением в полярных шапках [Ксанфомалити, 1997]. Появились рассуждения о возможности такого сценария и для Земли. Последний в применении к нашей планете, впрочем, выглядит крайне маловероятным.

Что происходит в настоящее время — глобальное потепление или локальный эпизод?

Итак, перечислен широкий (хотя, вероятно, неполный) ряд факторов космического происхождения, которые могут, в принципе приводить, к природно-климатическим изменениям на Земле.

Некие изменения мы наблюдаем и в настоящее время. Огромное количество публикаций посвящено обнаруженным процессам, при этом активно обсуждается, является ли наблюдаемое потепление глобальным и какова при этом роль антропогенного фактора.

Следует заметить, что, исходя из имеющихся данных, представляется, как минимум, преждевременным говорить о глобальном потеплении. Выше уже указывалось, что на протяжении всей истории Земли, по-видимому, никогда не было абсолютно стабильных периодов с точки зрения параметров климата. Климатические характеристики постоянно флуктуировали, но далеко не всегда флуктуации приводили к существенному (скачкообразному) изменению состояния геосфер, после чего флуктуации осуществлялись бы уже около другого среднего значения.

Не исключено, что и наблюдаемое ныне изменение климата (потепление), с этой точки зрения, не имеет права именоваться "глобальным". Ажиотаж вокруг сегодняшнего "глобального потепления" скорее всего связан с ростом наших наблюдательных возможностей в последние десятилетия и с особенностями человеческой психологии. Во всяком случае в IX – XIII вв., когда в Англии культивировали виноград [Ле Руа Ладури, 1971; Монин, Шишков, 1979; Дергачев, Чистяков, 1998], никто не анализировал рост среднегодовых температур (по понятным причинам) и не рассуждал о глобальном потеплении, хотя не исключено, что эффект был не менее значимым, чем в настоящее время.

С точки зрения имеющейся статистики изменений параметров климата на протяжении всей его истории, наиболее вероятной представляется гипотеза о том, что это лишь очередной незначительный климатический эпизод, и существенных преобразований в окружающей среде он не вызовет. Таких потеплений только в историческом прошлом человечества (не говоря уже о геологическом) было много, но ни одно из них не сопровождалось геологическими и биосферными кризисами. Заметим попутно, что грандиозные оледенения и потепления прошлого происходили неоднократно и в те времена, когда антропогенный фактор еще просто не существовал. Поэтому, с методологической точки зрения, прежде чем анализировать антропогенный фактор, следует сначала рассмотреть все прочие эффективные причины изменения климата, которые действовали всегда.

Природные события, даже имеющие широкомасштабные (в географическом плане) проявления, нет смысла называть "глобальными", если они не сопровождаются серьезными изменениями во всех геосферах Земли, включая, несомненно, и биосферу. Пока что таких изменений мы не наблюдаем. Несущественные колебания светимости Солнца в течение XX в. не дают (пока) оснований говорить о какой-то опасной тенденции. Не замечено значительных триггерных событий ни космического, ни земного происхождения, которые вызвали бы начало всесторонних изменений во всех земных оболочках. Процессы изменений параметров земной атмосферы и поверхности планеты пока лежат в пределах естественных локальных (в пространственном отношении), либо несущественных (во временном отношении) флуктуаций. Мы вправе заключить, что наблюдающееся сегодня потепление, хотя и имеет пространственно широкий размах, но вряд ли может претендовать на то, чтобы называться глобальным. Вероятно, сегодня мы являемся свидетелями очередного кратковременного эпизода природно-климатических изменений, который длится уже около полувека и, возможно, близок к

максимуму своего развития. Если это так, то в ближайшие десятилетия потепление снова пойдет на спад и опять станет относительно прохладно.

Работа выполняются в рамках интеграционных проектов ИГ СО РАН № 101/2003, и проектов РАН+СО РАН № 6.7.3/2003 и № 13.12/2003 и ФЦП "Интеграция" проект 100 и Б0009.

Библиографический список

- Вибе Д.В.** Наша Галактика и место Солнца в ней // *Астрономия. Энциклопедия.* Т. 8. – М.: Аванта+, 1997. – С. 460–466.
- Герман Дж.Р., Голдберг Р.А.** Солнце, погода, климат. –Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 319 с.
- Дергачев В.А.** Магнитное поле Земли, концентрация ^{14}C в период 4–7 тысяч лет назад и вопросы точности датировок // *Геохронология четвертичного периода.* – М.: Наука, 1980. – С. 5–14.
- Дергачев В.А., Чистяков В.Ф.** Крупномасштабные солнечные и климатические циклы и их влияние на жизнь народов // *Древняя астрономия: небо и человек / Материалы Междунар. науч.-метод. конф. Москва, ГАИШ МГУ, 19–24 ноября 1997 г.* – М., 1998. – С. 92–108.
- Добрецов Н.Л.** Что мы знаем и чего не знаем об эволюции // *Наука из первых рук.* –2004. –№ 0. –С. 9–19.
- Ершов Э.Д.** Эволюция мерзлых толщ в истории Земли // <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/25.html>
- Ипатов С.И.** Миграция небесных тел в Солнечной системе.– М.: Эдиториал УРСС, 2000.– 320 с.
- Ксанфомалити Л.В.** Парад планет. – М.: Наука. Физматлит, 1997.– 256 с.
- Леви К.Г.** Неотектонические движения в сейсмоактивных зонах литосферы. – Новосибирск: Наука, 1991. –166 с.
- Ле Руа Ладури.** История климата с 1000 года. – Л.: Гидрометеиздат, 1971.–264 с.
- Марочник Л.С., Мухин Л.М.** Галактический "пояс жизни" // *Проблема поиска жизни во Вселенной.*– М.: Наука, 1986. – С. 41 – 46.
- Микиша А.М., Смирнов А.М.** Угроза с неба: рок или случайность? – М.: Космоинформ, 1999. – 220 с.
- Миланкович М.** Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. – М.; Л.: ГОНТИ-НКТП, 1939. –247 с.

- Монин А.С., Шишков Ю.А.** История климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 407 с.
- Ричмонд Дж.М.** Сравнение стратиграфии четвертичных отложений Альп и Скалистых гор // Четвертичное оледенение Земли. – М.: Мир, 1974. – С. 66–106.
- Сажин М.В.** Современная космология в популярном изложении. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 240 с.
- Сорохтин Н.О.** Климат в раннем докембрии и природа Гуронского оледенения // Вестник МГТУ. – 2002. – Т. 5. – № 1. – С. 25–42.
- Сорохтин Н.О., Сорохтин О.Г.** Высота стояния континентов и возможная природа раннепротерозойского оледенения // Докл РАН. – 1997. – Т. 354, № 2. – С. 234–237.
- Федонкин М.А.** Холодная зоря животной жизни // Природа. – 2000. – № 9. – С.3-11.
- Чумаков Н.М.** Докембрийские тиллиты и толлоиды (проблемы докембрийских оледенений) // Труды ГИН. – М.: Наука, 1978. – Вып. 308. – С. 202.
- Шкловский И.С.** Вселенная, жизнь, разум. 6-е изд., доп. – М.: Наука. Гл ред. физ.-мат. лит., 1987. – 320 с.
- Язев С.А.** Крупнейшие оптические телескопы и космические обсерватории на рубеже тысячелетий // Астрофизика и физика микромира: Материалы Байкальской школы по фундаментальной физике. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1998. – С. 259–267.
- Язев С.А., Жукова О.В.** Природные риски космического происхождения // Анализ, оценка и управление рисками на уровне региона: техногенные, природные и социальные аспекты. / Сб. докл. Областной науч.-практ. конф. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2001. – С. 190 – 200.
- Besse J.** La valse des continents vue des oceans // La Recherche. – 2002. – № 355. – P. 34–35.
- Bopp L., Legendre L., Monfray P.** La pompe a carbone va-t-elle se gripper? // La Recherche. – 2002. – № 355. – P. 48–51.
- Briffa K.R.** Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees // Quaternary Sci. Rev. – 2000. – Vol. 19. – P. 87–105.
- Hambrey M.J., Harland W.B.** The Late Proterozoic Glacial Era // Palaeogeogr., palaeoclim., palaeoecol. – 1985. – № 51. – P. 255–272.
- Moberg A., Demaree G.** Ce que nous apprennent les thermometers // La Recherche. – 1999. – № 321. – P. 69–71.