

КОСМИЧЕСКИЙ ФАКТОР «ИЗБЫТОЧНОГО» ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЯ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ И ПЛАНЕТ

Статья 6. **Варианты, альтернативные частицам темной материи**

А.Н. Макаренко

(Рекомендовано акад. НАН Украины В.М. Шестопаловым)

*Научно-инженерный центр радиогидрогеоэкологических полигонных исследований НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: poshuk@mail.ru
Главный геофизик.*

Помимо энергии радиогенного происхождения, в недрах Земли действует дополнительный источник энергии, имеющий космическую природу, модулируемый положением и направлением движения Солнечной системы в Галактике. Рассмотрены некоторые возможные теплопроизводящие факторы.

Ключевые слова: космический источник внутренней энергии Земли и планет, галактический теплопроизводящий фактор.

SPACE FACTOR OF THE «EXTRA» HEAT GENERATION IN THE EARTH AND OTHER PLANETS INTERIOR

Paper 6. **Alternatives to the particles of dark matter**

A.N. Makarenko

(Recommended Acad. NAS of Ukraine V.M. Shestopalov)

*RADIO-ENVIRONMENTAL CENTRE NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, E-mail: poshuk@mail.ru
Chief Geophysicist.*

In addition to the energy of radiogenic origin in the Earth's interior a secondary source of energy exists of the cosmic origin, modulated by the position and direction of motion of the solar system in the galaxy. Some of the possible heat-generating factors are considered.

Key words: cosmic source or internal energy of the Earth and Planets, galactic heat-generating factor.

КОСМІЧНИЙ ФАКТОР «НАДЛИШКОВОГО» ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ В НАДРАХ ЗЕМЛІ І ПЛАНЕТ

Стаття 6. **Варіанти, альтернативні частинкам темної матерії**

О.М. Макаренко

(Рекомендовано акад. НАН України В.М. Шестопаловим)

*Науково-інженерний центр радіогідрогеоекологічних полігонних досліджень НАН України, Київ, Україна, E-mail: poshuk@mail.ru
Головний геофізик.*

Крім енергії радіогенного походження, в надрах Землі діє додаткове джерело енергії, що має космічну природу, модульоване місцезнаходженням і напрямком руху Сонячної системи в Галактиці. Розглянуто деякі можливі теплогенеруючі фактори.

Ключові слова: космічне джерело внутрішньої енергії Землі та планет, галактичний теплогенеруючий фактор.

Введение

В предыдущих статьях 1-3 [Макаренко, 2011а; Макаренко, 2011б; Макаренко, 2012] была приведена доказательная база существования в земных и планетных недрах источника энергии космической природы, модулируемого внешними по отношению к Солнечной системе условиями (космической печи), а также описаны его свойства. Напомним эти свойства:

1. Выделение «избыточной» (космического происхождения) энергии модулируется плотностью распределения вещества в проходимом Солнечной системой галактическом пространстве (диске). Наличие скоплений вещества в окрестностях Солнечной системы приводит к усилению тепловыделения в планетных недрах [Макаренко, 2011а]. Выделение энергии максимально при прохождении галактических спиральных рукавов, а также плоскости Галактики.

2. Воздействие на планетные недра анизотропно и максимально с той стороны, в направлении которой Солнечная система движется в Галактике (в направлении апекса) [Макаренко, 2011б].

3. Интенсивность энерговыделения также определяется взаимной ориентацией направления движения Земли в галактическом пространстве и плоскости эклиптики, а именно всплески энерговыделения происходят в тех двух противоположных областях земной орбиты в Галактике, где вектор скорости Солнечной системы в Галактике оказывается лежащим в плоскости эклиптики [Макаренко, 2011а].

4. Планетные недра обладают экранирующими свойствами в отношении галактического теплопроизводящего фактора, который в значительной мере поглощается или ослабевает при прохождении через них [Макаренко, 2011а; Макаренко, 2011б]. Относительно полное поглощение (или ослабление) производится толщей вещества, равной примерно 1-2 радиусам Земли, но и слой вещества толщиной в несколько сотен километров поглощает значительную долю проникающего сквозь него космического теплопроизводящего фактора.

5. Интенсивность выделения космической энергии зависит от химического состава планетных недр (содержания водорода и железа) [Макаренко, 2012а].

6. Мощность космических печек больших планет (Земля и планеты-гиганты) связана общей для них степенной зависимостью от массы планеты [Макаренко, 2012а].

7. Применительно к Земле удельное тепловыделение на единицу объема равно 20 Вт/км^3 (или $2 \cdot 10^{-14} \text{ Вт/см}^3$), что составляет примерно половину суммарного тепловыделения от всех тепловых источников. В ядре – 50 Вт/км^3 , мантии – 10 Вт/км^3 [Макаренко, 2011а; Макаренко, 2011б].

Какой именно из возможных галактических факторов мог бы привести к такому достаточно специфическому избыточному выделению тепла в недрах планет? Поиски ответа на этот вопрос в физической литературе привели к идее, высказанной, кстати, задолго до нашего исследования, что таковым фактором могла бы быть какая-либо из компонент так называемой темной материи, – гипотетической труднообнаружимой субстанции, в изобилии, предположительно, рассеянной в галактическом пространстве. Применительно к возможности тепловыделения в недрах планет темная материя рассматривается в физической литературе чаще других потенциально возможных факторов. Поэтому и в нашем исследовании она была рассмотрена в первоочередном порядке.

В статье 4 [Макаренко, 2012б] данной работы были найдены значительные параллели между наблюдаемыми свойствами космического источника внутренней энергии планетных недр и предполагаемыми в физической литературе особенностями тепловыделения в планетных недрах частицами темной материи. В статье 5 [Макаренко, 2013] были определены наиболее подходящие в качестве «топлива» для космических печек частицы-кандидаты, из тех, которые ранее были предложены в этом качестве в физической литературе. Но почему обязательно именно или только темная материя? В Галактике ведь есть и другие, более реально осязаемые факторы?

Наше исследование не будет полным без рассмотрения возможности влияния на процессы тепловыделения и со стороны других, вполне реально наблюдаемых субстанций, встречающихся в галактических окрестностях Солнечной системы. Поиски альтернативных теплопроизводящих факторов являются задачей данной статьи.

Возможные физические явления, которые могли бы лежать в основе космических печек, условно можно разделить на две группы: 1) явления, вызываемые переменностью *полей* и характеризующих их фундаментальных физических констант в пространстве или времени, и 2) явления, вызываемые воздействием какой-либо из компонент окружающего Солнечную систему *вещества* непосредственно на вещество Земли и планет.

Непостоянство фундаментальных постоянных и связанных с ними полей и процессы в недрах Земли

Проблема возможного изменения фундаментальных физических констант имеет давнюю историю и все еще далека от окончательного решения. Как более ранние, так и современные физические теории допускают возможность того, что фундаментальные константы могли бы иметь другие значения в иные космологические эпохи, а также в пространственно удаленных областях Вселенной. Изменение этих постоянных могло бы сопровождаться изменениями в геологической активности Земли.

Вариации силы тяжести – наиболее часто и издавна привлекаемый фактор для объяснения природы космических ритмов, в частности ритмов, соответствующих галактическому году (~200 млн лет) и сезонной ритмичности скорости вращения Земли и ее эндогенной активности. Такие вариации гравитационного поля в Солнечной системе и ближайших окрестностях мирового пространства часто предполагались сторонниками теорий расширяющейся и пульсирующей Земли, получивших большую популярность в геологии в 40-50-е годы XX ст. Чередование периодов эндогенной геологической активности и покоя сторонники пульсационной гипотезы объясняли попеременным сокращением и увеличением радиуса Земли на несколько сотен километров под действием еще не известных космических факторов предположительно гравитационной природы. Такие колебания радиуса Земли должны были вызывать периодическое усиление или ослабление деформаций земной коры. Энергия, высвобождающаяся в ходе деформаций, могла бы вызывать разнообразные проявления

геологической активности или модулировать их.

Однако существенные колебания гравитационной постоянной или массы небесных тел крайне маловероятны, поскольку этому решительно противоречат астрономические наблюдения, согласно которым отклонения гравитационной постоянной на протяжении последних нескольких миллиардов лет на обозримом участке Вселенной не могут слишком сильно (более чем на 1% за время существования Вселенной) отличаться от современного значения.

Противоречит эта гипотеза и геологическим данным. В частности, авторы работы [Сорохтин, Ушаков, 1991] указывают, что предполагаемые сторонниками расширяющейся или пульсирующей Земли масштабы изменений гравитационной постоянной или массы Земли должны приводить к многократным изменениям ускорения силы тяжести на земной поверхности, что делало бы проблематичным развитие высокоорганизованной жизни на планете и заметно сказывалось на рельефе. Изменялись бы и орбиты планет – Земля была бы то в несколько раз ближе к Солнцу, чем сейчас, то в несколько раз дальше. Светимость Солнца пропорциональна четвертой степени его массы и, таким образом, также крайне чувствительна к изменению массы или гравитационной постоянной. Соответственно этому катастрофически изменялся бы и климат, чего на самом деле не было.

Тем не менее все сказанное относится только к возможности значительных изменений гравитационной постоянной – на десятки и более процентов. Остается еще вариант очень незначительных по амплитуде, но высокочастотных колебаний. Незначительные колебания гравитационной постоянной не исключены экспериментально. В последнее время выяснилось, что существует некоторый разброс в измеряемых в различных лабораториях и в разное время значениях гравитационной постоянной, превышающий заявляемую точность наблюдений. Существует мнение, что этот разброс как раз характеризует малоамплитудное пространственно-временное непостоянство гравитационной постоянной.

Некоторые не общепризнанные (но отнюдь и не маргинальные) физические тео-

рии допускают возможность таких колебаний гравитационной постоянной. Так, согласно популярной в середине XX в. скалярно-тензорной теории гравитации Бранса-Дикке [Дикке, 1965; Brans, Dicke, 1961; Dicke, 1959], величина локально измеренной гравитационной постоянной зависит от потенциала поля тяготения в данной точке. Таким образом, величина гравитационной постоянной в конкретном месте зависит от наличия вблизи от этого места каких-нибудь больших масс. Эквивалентным изменению гравитационной постоянной может быть также изменение «активной массы». Также из этой теории следует, что гравитационная постоянная зависит от скорости тела по отношению к отдаленной материи (Метагалактике). Согласно Р. Дикке, вследствие перераспределения масс во Вселенной также могут происходить небольшие волнообразные флуктуации потенциала поля тяготения и гравитационной постоянной, которые он назвал φ -волнами.

Пытаясь найти экспериментальное подтверждение своей теории, Р. Дикке предположил, что флуктуации величины гравитационной постоянной должны сопровождаться колебаниями скорости вращения Земли и частоты землетрясений, так как при увеличении величины гравитационной постоянной или скорости Земли относительно больших удаленных масс Земля, согласно этой теории, должна несколько сокращаться в объеме и, наоборот, при уменьшении – расширяться. Вариации скорости вращения Земли и частоты землетрясений (как периодического, так и непериодического характера) действительно существуют, причем наблюдается их хорошая корреляция друг с другом, что было проинтерпретировано как подтверждение теории. Поскольку скорость Земли относительно отдаленных масс Метагалактики изменяется с годовой периодичностью, Р. Дикке провел статистический анализ частоты землетрясений по месяцам года, так как предполагаемые изменения массы Земли, а следовательно, и ее размеров и механических напряжений растяжения – сжатия должны были бы сказываться на сейсмической активности.

Обработка данных по нескольким тысячам землетрясений действительно выявила

отчетливый период, равный в точности одному году. Максимум скорости вращения, так же, как и эндогенной активности Земли, по времени оказался близок к тому времени года (июню), когда направление движения Земли по орбите совпадает с проекцией направления движения Солнца в Галактике и суммарный вектор скорости достигает наибольшей величины. В свою очередь, направление движения Солнца в Галактике в нашу эпоху отличается не более, чем на 20° от направления движения Солнца в Метагалактике. Позже геологические аспекты скалярно-тензорной теории гравитации были развиты рядом других ученых, в особенности можно отметить работы акад. РАН П.Н. Кропоткина [Кропоткин, 1970; Кропоткин, Трапезников, 1963].

Заметим, что предложенное объяснение природы флуктуаций скорости вращения Земли и ее эндогенной активности не является единственно возможным. Те же данные по вращению Земли вполне успешно объясняют сезонным влиянием ветров и сопутствующим перераспределением вращательного момента между атмосферой и твердой Землей.

Тем не менее геологические ритмы, связанные с обращением Солнечной системы вокруг центра Галактики, можно объяснить, как и было предложено Р. Дикке, периодическими (с периодичностью, равной галактическому году) совпадениями направления движения Солнца в Галактике и Метагалактике. Аналогично можно объяснить и ритмы, равные половине галактического года: «Угол θ между вектором движения Солнца в Галактике и плоскостью эклиптики изменяется от 0 до почти 90° в течение периода обращения Солнца вокруг центра Галактики, если ориентировка плоскости эклиптики в мировом пространстве остается неизменной. Простой подсчет показывает, что при $\theta = 90^\circ$ вышеописанные годовые периодические изменения массы и радиуса Земли должны быть равны нулю, тогда как при $\theta = 0^\circ$ они будут примерно в сто раз больше, чем сейчас. Интенсивность тектонических процессов, форсированных такими пульсациями, должна была бы тоже резко изменяться» [Кропоткин, 1970]. Иными словами, дважды в течение галактического года (а именно когда угол между век-

тором движения Солнца в Галактике и плоскостью эклиптики равен нулю) сезонные колебания скорости движения Земли в некоей общемировой системе координат достигают максимальных значений. Соответственно этому максимальных значений достигают годовые колебания гравитационной постоянной или «активной массы» Земли и сопутствующие им деформации сжатия–растяжения земного шара. И, таким образом, Земля более активно «разминается» под воздействием гравитационных флуктуаций. Естественно, что такие «разминки» должны сопровождаться тепловыделением в земных недрах, что, в свою очередь, ускоряло бы конвекцию и сопутствующие тектономагматические проявления геологической активности.

Пребывание Земли в плотных спиральных рукавах или скоплениях вещества в галактической плоскости и вне их также должно сказываться, согласно скалярно-тензорной теории гравитации, на изменении значения гравитационной постоянной и сопутствующих этому геологических процессах.

Высказывалось также предположение о возможности влияния искривляющего пространство гравитационных волн, предсказываемых общей теорией относительности, на деформации фигуры Земли, сопровождаемые изменениями напряжений в ней и, как следствие, такими геодинамическими процессами, как сейсмичность, вулканизм и т. п. [Халилов, 1989]. Предполагается существование сверхдлинных гравитационных волн, для которых характерна гигантская длина волны. Эти волны, периодически проходят через нашу планету и вызывают в ней квадрупольное изменение ее формы, вытягивая Землю по направлению своего движения, одновременно сузив перпендикулярно к нему, а затем, наоборот, сжимая по направлению движения и расширяя перпендикулярно к нему. Имеются некоторые признаки коррелированности отмеченных геофизических процессов с предполагаемым прохождением гравитационной волны (колебаниями измеряемых значений гравитационной постоянной) [Халилов, 1989].

Непостоянство радиоактивного распада. Изменение констант фундаментальных сильного и электрослабого взаимодей-

ствий должно было привести к изменениям скорости распада радиоактивных изотопов. Если бы эти скорости зависели от направления движения или местоположения Земли в космическом пространстве, то можно было бы объяснить причины появления космической ритмичности в эндогенной активности Земли.

Однако геологические данные накладывают жесткие ограничения на возможность непостоянства радиоактивного распада. В физике известен закон Гейгера-Неттола для α -распада, устанавливающий четкую зависимость между периодом полураспада изотопа и энергией α -частицы, испускаемой в ходе распада. В ходе распада практически вся выделяемая энергия переходит в кинетическую энергию α -частицы. Длина пробега α -частицы в веществе определяется ее энергией и в целом является величиной дискретной. Чем больше эта энергия, тем дальше улетает α -частица от родительского ядра. Торможение происходит за счет потерь энергии на ионизацию окружающего вещества. С уменьшением скорости α -частицы возрастают ее возможности производства ионов. Таким образом, на завершающем этапе ее движения нарушения, возникающие в кристаллической решетке минерала под воздействием пролетающей частицы, оказываются максимальными и при определенных обстоятельствах и длительности воздействия в некоторых минералах (например, в слюдах) становятся видны невооруженным глазом в виде так называемых плеохроических колец вокруг зерен радиоактивных минералов.

Производившиеся неоднократно многими исследователями измерения радиусов плеохроических колец в древних минералах показывают, что никаких ощутимых изменений в скоростях радиоактивного распада в течение геологического времени не было.

Лабораторные тесты, анализ данных по изотопному составу метеоритов и древних геологических пород Земли, «отработанного топлива» природного ядерного реактора в Окло, спектров квазаров – все это также накладывают очень жесткие ограничения на возможные изменения констант, определяющих скорость распада радиоактивных изотопов [Варшалович и др. 1999].

Кроме того, достаточно значительное для объяснения переменности энерговыделения в земных недрах изменение констант сильного и электрослабого взаимодействий должно было ощутимо сказаться на скорости протекания ядерных реакций в солнечных недрах и сопровождаться климатическими катастрофами, чего не было.

Сложно объяснить, почему распад в земных недрах должен происходить с разной скоростью еще и в зависимости от географического расположения участка, как того требуют свойства космической печки.

Появляющиеся в последнее время в печати лабораторные данные о зависимостях периодов полураспада для ряда изотопов от направления движения Земли в космическом пространстве – сомнительны, подвергаются критике и противоречат другим экспериментам; к тому же эти гипотетические колебания находятся в пределах 0,5% значений измеряемых величин, чего явно мало для объяснения природы геологических ритмов.

Вещественное воздействие на планетные недра со стороны галактического окружения Солнечной системы

Перейдем теперь к анализу *вещественного* воздействия на Солнечную систему и объекты, ее составляющие, со стороны внешнего космического окружения. В частности, такое воздействие могло бы исходить со стороны обычного вещества – звезд и сгущений диффузной материи (газопылевых оболочек и комплексов). Наиболее вероятный механизм – пертурбации кометного облака Оорта на окраинах Солнечной системы и сопутствующие им бомбардировки планетных поверхностей. Но насколько обширным может быть такое воздействие? Простирается ли оно глубже самых поверхностных слоев вещества планет?

Могут ли импактные события индуцировать вулканические извержения?

Могут ли падения комет и астероидов быть тем механизмом, который вызывает разогрев планетных недр (способствуя конвекции в ядре и мантии, дрейфу литосферных плит и т.п.)?

Отмечена очевидная зависимость между интенсивностью бомбардировок земной

поверхности и вулканизмом [Rampino, 1987]. В работе [Abbot, Isley, 2002] был проведен статистический анализ распределения во времени как импактных событий, так и проявлений активности мантийных плюмов. Получен коэффициент корреляции 0,9 между плюмовой активностью и импактными событиями, а между наиболее мощными проявлениями активности плюмов и импактами – 0,97. Вполне очевидно, что какая-то связь между этими явлениями существует (см. также нашу предыдущую статью 1 [Макаренко, 2011a], где такая связь обосновывается на независимых данных). Однако нет ясности в причинно-следственных отношениях. Характерно, что в ряде случаев всплески вулканической активности предшествуют импактным событиям, хоть и очень близки к ним по времени. К примеру, гигантская вулканическая активность, приведшая к формированию Деканской трапповой провинции, началась все же несколько раньше столь же грандиозного Чикскулубского импактного события. То есть связь здесь может быть опосредованной – и активизация магматизма, и активизация импактного процесса могут и не иметь прямой причинно-следственной связи, но быть связанными одной общей причиной. Такой причиной может быть пребывание Солнечной системы в каком-нибудь крупном скоплении вещества в Галактике.

Тем не менее очевидная синхронность метеоритных бомбардировок и вспышек вулканизма и сопутствующих им иных проявлений эндогенной активности Земли наводит многих исследователей на мысль о причинной обусловленности эндогенной активности крупными импактами. Впервые эта идея была изложена в работе [Rogers, 1982]. Дальнейшее развитие эта гипотеза получила в публикациях [Abbot, Isley, 2002; Jones et al., 2002; Jones et al., 2003; Rampino, 1987; Rogers, 1982].

Исходя из того факта, что ударные бассейны на Луне заполнены изверженными породами. Однако было установлено, что не все, и что промежуток времени между образованием собственно бассейнов и заполнением их лавой слишком велик и составляет иногда более 1 млрд лет, и, таким образом, причинная связь между импактами и извер-

жениями может быть поставлена под сомнение. Скорее, что просто ударные бассейны оказались наиболее удобными местами для выхода расплава на лунную поверхность. Можно добавить, что и вулканы на Земле извергались совсем не там, где падали крупные метеориты. Ни для одной планеты не обнаружено ни одного свидетельства вулканического извержения, непосредственно произведенного падением метеорита. Более того, изучение земных кратеров показало, что только малая часть вещества в кратере подвергается значительному разогреву и плавлению [H rz, Vanholzer, 1980].

Среди гипотетических механизмов импактного вулканизма часто называют декомпрессионное плавление. Предполагается, что образование гигантского кратера может сопровождаться плавлением глубинных слоев в астеносфере по причине быстрого снятия нагрузки вышележащих слоев пород в результате их экскавации при импакте. Однако оценки размеров кратеров, при которых возможно декомпрессионное плавление, показывают, что возможно оно только для очень больших кратеров диаметром более 250-300 км, образующихся в среднем не чаще одного раза в 100 млн лет [Ivanov, Melosh, 2003b; Ivanov, Melosh, 2003c]. Синхронность же импактных событий и вулканизма проявляется и на гораздо более малых временных масштабах.

Также иногда предполагают, что сейсмические волны от импакта могут фокусироваться где-нибудь у поверхности на противоположной стороне Земли и этим провоцировать вулканизм. Однако результаты численного моделирования показывают [Ivanov, Melosh, 2003b; Ivanov, Melosh, 2003c], что даже при очень «оптимистичном» подборе параметров в случае такого крупного импакта, как Чикскулубский ($D = 180$ км), температура астеносферы в месте фокусировки сейсмических волн повысится на 0,4 К, а более реалистичные оценки дают повышение на ~0,15 мК.

И наблюдательные данные, и результаты численного моделирования оставляют мало шансов импактному вулканизму как фактору, нагревающему недра планет [Ivanov, Melosh, 2003a; Ivanov, Melosh, 2003b; Ivanov, Melosh, 2003c; Melosh, 2000].

Даже если бы он и происходил, еще нужно объяснить, каким образом вынос вулканического материала, весьма малого по объему в сравнении с объемом Земли, мог бы способствовать усилению конвекции в мантии, не говоря уже о ядре. Приходим к выводу: индуцированная импактными событиями эндогенная активность также не может быть тем механизмом, с помощью которого осуществляется воздействие со стороны галактического окружения Солнечной системы на нашу планету.

Усиление галактических воздействий посредством дополнительного выделения химической энергии

Очевидно, что все рассмотренные выше потенциальные тепловыделяющие факторы не могут объяснить упомянутое выше свойство 5 космических печек – зависимость масштабов тепловыделения от химического состава планетных недр (содержания в них железа и водорода). Эти трудности можно обойти, если предположить, что указанное свойство не принадлежит собственно космическому источнику энергии планетных недр (космической печке), но такими свойствами обладает какой-нибудь другой зависимый от работы космической печи источник энергии внутрипланетной природы. То есть в таком случае космическая печка может быть «запалом» для какого-либо другого, возможно более мощного, теплового источника, периодически, в соответствии с галактическими ритмами, усиливая и модулируя его работу.

Вполне очевидно, что зависимость тепловыделения от химического состава планетных недр может быть связана с выделением химической энергии. Прежде всего это относится к химическим реакциям с участием водорода.

Водород и его соединения относятся к наиболее распространенным веществам во Вселенной. Присутствие водорода и «водородистых тел» и значительную роль их в жизни Земли допускал В.И. Вернадский, а также многие другие авторитетные отечественные и зарубежные ученые.

В моделях валового состава Земли исследователями обычно предполагается, что в основу ее пошло вещество, представляющее собой смесь недифференцированного,

примитивного вещества метеоритов-хондритов в той или иной пропорции. Важными особенностями этого вещества является следующее. Для обыкновенных и энстатитовых хондритов характерно присутствие значительного количества (до 10% вес.) металлического никелистого железа. В то же время углистые хондриты содержат в себе значительные количества летучих – воды (от 1 до 15%) в виде гидросиликатов. Попав в недра планеты, это вещество подвергалось высокому давлению и растущему разогреву, что способствовало разложению гидросиликатов с образованием воды в свободном состоянии, а также частичному плавлению силикатных минералов.

Из химии известно о том, что при взаимодействии воды с раскаленным металлическим железом происходит ее разложение с образованием молекулярного водорода. Учитывая наличие свободного железа в недрах Протоземли, можно предположить, что неизбежный разогрев их сопровождался образованием свободного водорода и кислорода. Процесс имел эндотермический характер, происходило накопление химической энергии путем преобразования избыточной тепловой энергии окружающей среды. Учитывая наличие в среде значительных количеств двухвалентного железа и железа в форме с нулевой валентностью, можно предположить, что избыточный кислород шел на его доокисление.

Опыты по моделированию поведения водорода в условиях первичных земных недр [Ohtani et al., 2009] показали, что свободный молекулярный водород переходит большей частью в металлическую фракцию (многие металлы, в том числе железо и никель, как известно, способны поглощать водород в количествах, значительно превышающих собственный объем) и опускается вместе с ней на дно расплава, т. е. водород в присутствии металлического железа является сидерофильным элементом. Из этого можно предположить, что в условиях протопланетных недр обогащенное водородом металлическое железо в ходе гравитационной дифференциации также осядет к центру протопланеты и сформирует там насыщенное водородом ядро.

В то же время нельзя исключать, что значительные количества первичной воды

и, может быть, молекулярного водорода сохраняются также изначально и в мантийном веществе. Термодинамические условия в самых глубоких земных недрах таковы, что, по-видимому, молекулярный водород в значительной мере диссоциирует в атомарную форму [Летников, 2001]. Этот процесс также идет с поглощением энергии из окружающей среды.

Таким образом, в условиях ранней Земли в самых глубоких ее недрах сложилась восстановительная обстановка, сформировался значительный запас водно-водородных флюидов, произошло накопление химической энергии, преобразующейся из избытка тепловой, выделившейся в ходе аккреции, гравитационной дифференциации, распада короткоживущих радиоактивных изотопов (алюминий-26, йод-129, железо-60, плутоний-244 и некоторые другие) и других высокоэнергетических процессов.

По мере дальнейшего накопления тепла земными недрами и повышения температур процесс через некоторое время пошел вспять. Началась дегазация. Поднимающийся в вышележащие геосферы водород переходил из атомарной в молекулярную форму, что сопровождалось выделением энергии. Далее происходило восстановление окислов железа в породах мантии и земной коры. Окисление водорода и его восстановленных соединений также сопровождалось значительным выделением тепловой энергии и образованием воды. Также следует отметить возможную роль водорода и его соединений в качестве переносчиков тепла в вышележащие геосферы.

Учитывая, что, по современным данным, в недрах Земли может содержаться объем воды, равный нескольким наземным океанам, можно предполагать и значительные масштабы тепловыделения посредством преобразования химической энергии восстановленного водорода и его соединений как в прошлом, так и в настоящее время.

Естественно, что «горение» водорода в недрах Земли от ее космического окружения напрямую никак не зависит. Но теперь представим, что в земных недрах действует некий «запал» или передаточное звено внешних влияний – космический источник энергии. Производимые им температурные всплески, конечно, будут сказываться

на интенсивности дегазации и выходе запасаенной химической энергии водорода и его восстановленных соединений. Железо же – необходимая составляющая водородной энергетики планетных недр. По крайней мере, это относится к планетам земной группы, для которых известна зависимость избыточного тепловыделения от содержания железа [Макаренко, 2012а]. Планетам-гигантам могут быть свойственны другие механизмы. В их ядрах может существовать металлический водород. При изменении давления или температуры возможен фазовый переход из металлического состояния в диэлектрическое, что сопровождается значительным тепловыделением. Р. Дикке, о гравитационной теории которого речь шла в начале данной статьи, высказывал, в частности, и такое предположение, что уменьшение гравитационной постоянной со временем (или колебания ее в соответствии с движениями Земли в Галактике) с неизбежностью будет сопровождаться снижением давления в планетных недрах и фазовыми переходами водорода с выделением значительной энергии [Дикке, 1965].

Заметим также, что усиление космических модуляций в энергетических процессах в планетных недрах может быть обусловлено не только химическими превращениями водорода, но и его особой ролью в качестве наиболее эффективного теплоносителя в передаче тепла наружу, во внешние оболочки. То же относится и к другим геофлюидам (а это преимущественно вода). Увеличение тепловыделения может сопровождаться также еще более интенсивным потоком геофлюидов во внешние оболочки, соответственно усилится и выход тепла наружу.

Теории, признаваемые ошибочными или безосновательными

Существует ряд предположений относительно тепловыделения космической природы в недрах планет, отвергаемых современной наукой или признаваемых ничем не обоснованными. Информация о них имеет не только исторический интерес, но также на их примере можно видеть, сколь различными могут быть причины космически модулируемого тепловыделения планетных недр. Вовсе не исключено, что могут быть и

такие тепловыделяющие факторы, о существовании которых мы еще совсем ничего не знаем.

Частицы с отрицательной массой («космическая материя», «экзотическая материя»). Частицы с отрицательной массой никогда не наблюдались экспериментально, однако было показано [Bondi, 1957], что их существование не противоречит известным законам физики (как, впрочем, и не следует из каких-либо теорий). Удастся описать ожидаемые свойства таких частиц. В частности, было показано, что в смеси вещества, состоящей из частиц как положительной, так и отрицательной масс, положительная часть будет увеличивать свою температуру, а отрицательная – охлаждаться. Если встречается плюс- и минус-вещество, то положительная масса притягивает отрицательную к себе, в то время как отрицательная отталкивает ее от себя. Если массы не равны, то большая далеко отбросит от себя меньшую. Свойства частиц с отрицательной массой (другие названия – «экзотическая», или «космическая» материя) позволяют предполагать нагрев крупных космических тел такими рассеянными в пространстве частицами [Forvard, 1983].

Запредельные частицы, частицы Лесажа, радионы, передача кинетической энергии частицами. Согласно кинетической теории гравитации Фатио-Лесажа (the Fatio-Lesage Theory, «push гравитация», «теневая гравитация»), предложенной вскоре после открытия Ньютоном закона всемирного тяготения для объяснения природы гравитации, притяжение между телами возникает в результате дисбаланса механического давления неких мельчайших рассеянных в космосе частиц (запредельные частицы, частицы Лесажа, радионы в более поздних вариантах теории), движущихся на высокой скорости во всех направлениях и падающих на тела со стороны открытого пространства и со стороны расположенных вблизи других тел, которые частично экранируют собой поток приходящих извне частиц. Бомбардирующие частицы вследствие эффекта экранирования должны передавать часть своей кинетической энергии поглощающим их телам. Максвелл и Пуанкаре рассмотрели этот процесс с точки зрения термодинамики и показали, что ин-

тенсивность потока частиц будет столь существенной, что Земля, к примеру, будет разогрета за считанные секунды до солнечных температур, чего, как известно, не наблюдаем.

Несмотря на то, что основным научным сообществом теория считается опровергнутой, позже были развиты ее варианты, в которых наблюдаемое в ряде случаев избыточное тепловыделение в недрах космических тел стало рассматриваться как доказательство справедливости этих теорий [Shneiderov, 1943; Shneiderov, 1961]. Хотя данный класс теорий относится скорее к разряду маргинальных, хронологически они были первыми, из которых следовало существование частиц, проникающих из внешнего пространства в недра космических тел и разогревающих их (в данном контексте следует также упомянуть идею Марии Склодовской-Кюри о некоем всепроникающем космическом излучении, инициирующем распад радиоактивных элементов).

Как бы там не было, но если в земные недра поступают какие-либо частицы, то они несут определенную кинетическую энергию. В ходе их взаимодействия с земным веществом происходит их упругое или неупругое рассеяние на ядрах кристаллической решетки минералов. Ядра отдачи передают приобретенную в результате столкновений энергию путем ионизации и тепловых процессов окружающему веществу. Оценки [Mask et al., 2007] показывают, что при допустимых плотностях распределения темной материи (которая как раз может проникать в недра планет) в окружающем Солнечную систему пространстве нагрев земных недр посредством передачи кинетической энергии частицами темной материи не превышает $3 \cdot 10^9$ Вт (против предполагаемой мощности космических источников энергии в пределах $2 \cdot 10^{13}$ Вт). Таким образом, этот механизм приходится отбросить – в окрестностях Солнечной системы попросту нет необходимого количества вещества.

Причинная механика Н.А. Козырева [Козырев, 1991] – теория о физических свойствах времени, признаваемая современным научным сообществом ошибочной. Н.А. Козырев рассматривал время как некую материальную субстанцию, имею-

щую собственную энергию, а все процессы в природе – происходящими с излучением и поглощением времени. Наблюдаемое выделение энергии в недрах звезд и планет автор этой теории объяснял приходом энергии извне, за счет хода времени [Kozyrev, 2005].

Выводы

Фактором первого выбора в качестве носителя внешних по отношению к Солнечной системе воздействий на планетные недра по-прежнему остается темная материя, населяющая диск Галактики. Разнообразные варианты темной материи были предложены в физической литературе в качестве источника тепловой энергии планетных недр.

В предыдущих статьях 4 и 5 [Макаренко, 2012б; Макаренко, 2013] было показано, что возможны такие разновидности частиц темной материи, существование которых объясняет сразу все наблюдаемые свойства космических печек планетных недр, в том числе и зависимость тепловыделения от химического состава планет (гидрогенофильность и сидерофильность).

В особенности это относится к частицам из так называемого четвертого поколения элементарных частиц. Они удачно вписываются в складывающуюся картину мира, будучи хорошо мотивированными теоретически и наблюдаемыми с высокой степенью вероятности в физических экспериментах. Причем имеем в наличии удивительно хорошее соответствие между предполагаемыми свойствами частиц, которые следуют из особенностей работы космических печек, и теми, которые, возможно, наблюдаются экспериментально [Макаренко, 2013], что вряд ли может быть случайным совпадением. Также находят удачное объяснение в том числе и имеющиеся признаки протекания ядерных реакций синтеза в недрах Земли. В варианте с частицами темной материи мы видим, что все многообразие наблюдаемых явлений может быть описано в едином ключе с введением минимального количества новых «сущностей», что выглядит удачным с методологической точки зрения.

Как следует из обсуждения в данной статье, гравитационные воздействия на планеты со стороны окружающего Солнечную систему вещества также могут рас-

смагиваться в качестве вероятного теплопроизводящего фактора. Предполагаемые гипотетические особенности гравитации достаточно успешно объясняют ряд ключевых свойств космического тепловыделения планетных недр, в частности такие, как 100- и 200-миллионнолетняя цикличность геологической активности. И все же они не объясняют все свойства без введения дополнительных предположений. Поэтому гравитационные воздействия можно считать фактором второго выбора.

Свойство 5 космических печек – зависимость тепловыделения от химического состава планетных недр (гидрогенофильность и сидерофильность) – на самом деле может и не быть именно свойством космических печек, а характеризовать параллельно действующий в планетных недрах источник энергии, связанный с химическими и физическими превращениями водорода. В недрах планет земной группы значительную роль в этих процессах играет железо, способствуя химическим превращениям водорода и его соединений и служа на определенном этапе его переносчиком в глубокие недра. Космические печки в таком случае

могут выполнять роль «запала», инициируя и модулируя тепловыделение посредством химической энергии. Возможное «падение» свойства 5 расширяет круг вероятных вариантов (в частности, и теплопроизводящих частиц темной материи; как мы знаем из анализа в статье 5 [Макаренко, 2013], не все потенциально подходящие на роль теплопроизводящих частицы являются сидерофильными или гидрогенофильными).

Соответственно, заявленные в свойстве 7 масштабы тепловыделения космическими печками следует рассматривать как верхнюю границу возможного тепловыделения.

Также из проведенного анализа следует, что предлагавшееся в литературных источниках многообразие вариантов космического тепловыделения достаточно велико и разнообразно, чтобы предположить возможность существования еще и каких-то иных, не известных современной науке теплопроизводящих факторов.

Автор выражает глубокую признательность акад. НАН Украины В.М. Шестопалову за интерес к данной работе, полезные замечания и детальный анализ рукописи этой статьи.

Список литературы / References

1. Варшалович Д.А., Иванчик А.В., Потехин А.Ю. Фундаментальные физические константы: одинаковы ли их значения в различных областях пространства-времени? *Журн. техн. физ.* 1999. Т. 69, вып. 9. С. 1-5.

Varshalovich D.A., Ivanchik A.V., Potehin A.Y., 1999. Fundamental physical constants: whether their values are identical for different space-time domain? J. Techn. Phys., Vol. 69, issue 9, P. 1-5 (in Russian).

2. Дикке Р. Влияние переменного во времени гравитационного взаимодействия на Солнечную систему. В кн.: Гравитация и относительность. М.: Мир, 1965. С. 251-294.

Dicke R. Influence of the time-varying gravitational interaction on the Solar system. In: Gravitation and Relativity. Moscow: Mir, 1965. P. 251-294 (in Russian).

3. Козырев Н.А. Избранные труды. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. 448 с.

Kozyrev N.A. Selected Works. Leningrad: Leningrad University Publishers, 1991. 448 p. (in Russian).

4. Кропоткин П.Н. Возможная роль космических факторов в геотектонике. *Геотектоника*. 1970. № 2. С. 30-46.

Kropotkin P.N., 1970. Possible role of cosmic factors in geotectonics. Geotectonics, № 2, P. 30-46 (in Russian).

5. Кропоткин П.Н., Трапезников Ю.А. Вариации угловой скорости вращения Земли, колебаний полюса и скорости дрейфа геомагнитного поля и их возможная связь с геотектоническими процессами. *Изв. АН СССР. Сер. геол.* 1963. № 11. С. 32-50.

Kropotkin P.N., Trapeznikov Y.A., 1963. Variations of the Earth's angular velocity, polar oscillations and geomagnetic field drift velocity as well as their possible relation to geotectonic processes. Proc. USSR Acad. Sci., Geolog, № 11, P. 32-50 (in Russian).

6. Летников Ф.А. Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза. *Геология руд. месторождений*. 2001. Т. 43, № 4. С. 291-307.

Letnikov F.A., 2001. Ultra deep fluid systems of the Earth and problems of ore genesis. Geology of ore deposits, Vol. 43, № 4, P. 291-307 (in Russian).

7. Макаренко А.Н. Космический фактор «избыточного» тепловыделения в недрах Земли и планет. Ст. 1. Космические ритмы в геологиче-

ской летописи. *Геол. журн.* 2011а. № 3 (336). С. 116-130.

Makarenko O.M., 2011а. Space factor of the "extra" heat generation in the Earth and other planets interior. Paper 1. Cosmic rhythms in the geological record. *Geol. zhurnal*, № 3, P. 116-130 (in Russian).

8. *Макаренко А.Н.* Космический фактор «избыточного» тепловыделения в недрах Земли и планет. Ст. 2. Пространственно-временные закономерности распределения тепловыделяющих зон в недрах Земли. *Геол. журн.* 2011б. № 4 (337). С. 83-96.

Makarenko O.M., 2011b. Space factor of the "extra" heat generation in the Earth and other planets interior. Paper 2. Space-time regularities of heat-generating zones distribution in the Earth's interior. *Ibid.*, № 4 (337), P. 83-96 (in Russian).

9. *Макаренко А.Н.* Космический фактор «избыточного» тепловыделения в недрах Земли и планет. Ст. 3. Общие для планет космические причины «избыточного» выделения тепла. *Геол. журн.* 2012а. № 2 (339). С. 104-115.

Makarenko O.M., 2012а. Space factor of the "extra" heat generation in the Earth and other planets interior. Paper 3. Common space causes for planets «excess» heat generation. *Ibid.*, № 2 (339), P. 104-115 (in Russian).

10. *Макаренко А.Н.* Космический фактор «избыточного» тепловыделения в недрах Земли и планет. Ст. 4. Предполагаемая природа теплопроизводящего фактора. *Геол. журн.* 2012б. № 3 (340). С. 117-126.

Makarenko O.M., 2012б. Space factor of the "extra" heat generation in the Earth and other planets interior. Paper 4. Expected nature of heat producing factor. *Ibid.*, № 3 (340), P. 117-126 (in Russian).

11. *Макаренко А.Н.* Космический фактор «избыточного» тепловыделения в недрах Земли и планет. Ст. 5. Вероятные теплопроизводящие частицы. *Геол. журн.* 2013. № 4 (345). С. 85-101.

Makarenko O.M., 2013. Space factor of the "extra" heat generation in the Earth and other planets interior. Paper 5. Possible heat generating particles. *Ibid.*, № 4 (345), P. 85-101 (in Russian).

12. *Сорохтин О.Г., Ушаков С.А.* Глобальная эволюция Земли. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1991. 446 с.

Sorohtin O.G., Ushakov S.A. Global Evolution of the Earth. Moscow: Moscow University Publishers, 1991. 446 p. (in Russian).

13. *Халилов Э.Н.* Цикличность природных катаклизмов и некоторые проблемы гравитации / под ред. Ш.Ф. Мехтиева. Баку: Гянджлик, 1989. 42 с.

Khalilov E.N. Cyclicity of natural cataclysms and some gravity problems / Ed. Sh.F. Mehtiyev. Baku: Ganjlik, 1989. 42 p. (in Russian).

14. *Abbot D.H., Isley A.E.*, 2002. Extraterrestrial influences on mantle plume volcanism. *Earth Planet. Sci. Lett.*, Vol. 205. P. 53-62.

Abbot D.H., Isley A.E., 2002. Extraterrestrial influences on mantle plume volcanism. *Earth Planet. Sci. Lett.*, Vol. 205, P. 53-62 (in English).

15. *Bondi H.*, 1957. Negative mass in General Relativity. *Reviews of Modern Physics.*, Vol. 29, № 3, P. 423-428.

Bondi H., 1957. Negative mass in General Relativity. *Reviews of Modern Physics.*, Vol. 29, № 3, P. 423-428 (in English).

16. *Brans C., Dicke R.H.*, 1961. A scalar theory of gravitation and Mach's principle. *Phys. Rev.*, Vol. 124, № 3, P. 925-935.

Brans C., Dicke R.H., 1961. A scalar theory of gravitation and Mach's principle. *Phys. Rev.*, Vol. 124, № 3, P. 925-935 (in English).

17. *Dicke R.H.*, 1959. Gravitation – an enigma. *Amer. Scientist.*, Vol. 47, № 1, P. 25-40.

Dicke R.H., 1959. Gravitation – an enigma. *Amer. Scientist.*, Vol. 47, № 1, P. 25-40 (in English).

18. *Forvard R.L.* Alternate Propulsion Energy Sources, Final report AFRPL TR-83-067, Air Force Rocket Propulsion Laboratory, Air Force Space Tech. Ctr. Space Div., Air Force Systems Command. Edwards AFB, CA, 1983. P. A1-A14.

Forvard R.L. Alternate Propulsion Energy Sources, Final report AFRPL TR-83-067, Air Force Rocket Propulsion Laboratory, Air Force Space Tech. Ctr. Space Div., Air Force Systems Command. Edwards AFB, CA, 1983. P. A1-A14 (in English).

19. *Hz F., Banholzer G.S.*, 1980. Deep seated target materials in the continuous deposits of the Ries Crater, Germany. Proc. Lunar Highland Crust Conf. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol. 12, P. 211-232 (in English).

Hz F., Banholzer G.S. 1980. Deep seated target materials in the continuous deposits of the Ries Crater, Germany. Proc. Lunar Highland Crust Conf. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol. 12, P. 211-232.

20. *Ivanov B.A., Melosh H.J.*, 2003а. Impacts do not initiate volcanic eruptions: Eruptions close to the crater. *Geology*, Vol. 31, P. 869-872.

Ivanov B.A., Melosh H.J., 2003а. Impacts do not initiate volcanic eruptions: Eruptions close to the crater. *Geology*, Vol. 31, P. 869-872 (in English).

21. *Ivanov B.A., Melosh H.J.* Impacts do not initiate volcanic eruptions. 34th annual lunar and planetary science conference, March 17-21, 2003b, League City, Texas, abstract № 1338.

Ivanov B.A., Melosh H.J., 2003b. Impacts do not initiate volcanic eruptions. 34th annual lunar and planetary science conference, March 17-21, League City, Texas, abstract № 1338 (in English).

22. Ivanov B.A., Melosh H.J. Large scale impacts and triggered volcanism: Third international conference on large meteorite impacts, August 5-7, 2003c, Nrdlingen. Germany, abstract № 4062.

Ivanov B.A., Melosh H.J. Large scale impacts and triggered volcanism: Third international conference on large meteorite impacts, August 5-7, 2003c, Nrdlingen. Germany, abstract № 4062 (in English).

23. Jones A.P., Price G.D., De Carli P.S. et al. Impact decompression melting: a possible trigger for impact induced volcanism and mantle hotspots? In: Koeberl C., Martinez-Ruiz F. (Eds). Impact markers in the stratigraphic record. Springer, Berlin, 2003. P. 91-120.

Jones A.P., Price G.D., De Carli P.S. et al. Impact decompression melting: a possible trigger for impact induced volcanism and mantle hotspots? In: Koeberl C., Martinez-Ruiz F. (Eds). Impact markers in the stratigraphic record. Springer, Berlin, 2003. P. 91-120 (in English).

24. Jones A.P., Price G.D., Price N.J. et al., 2002. Impact induced melting and the development of large igneous provinces. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, Vol. 202. P. 551-561.

Jones A.P., Price G.D., Price N.J. et al., 2002. Impact induced melting and the development of large igneous provinces. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, Vol. 202, P. 551-561 (in English).

25. Kozyrev N., 2005. Sources of Stellar Energy and the Theory of the Internal Constitution of Stars. *Progress in Phys.*, Vol. 3, P. 61-99.

Kozyrev N., 2005. Sources of Stellar Energy and the Theory of the Internal Constitution of Stars. *Progress in Phys.*, Vol. 3, P. 61-99 (in English).

26. Mack G.D., Beacom J.F., Bertone G., 2007. Towards Closing the Window on Strongly Interacting Dark Matter: Far-Reaching Constraints from Earth's Heat Flow. *Phys. Rev. D*, Vol. 76, № 043523.

Mack G.D., Beacom J.F., Bertone G., 2007. Towards Closing the Window on Strongly Interacting Dark Matter: Far-Reaching Constraints from Earth's Heat Flow. *Phys. Rev. D*, Vol. 76, № 043523 (in English).

27. Melosh H.J. Can impacts induce volcanic eruptions? : International conference on catastrophic

events and mass extinctions: impacts and beyond, 9-12 July 2000, Vienna, Austria, abstract № 3144.

Melosh H.J. Can impacts induce volcanic eruptions? : International conference on catastrophic events and mass extinctions: impacts and beyond, 9-12 July 2000, Vienna, Austria, abstract № 3144 (in English).

28. Ohtani E., Shibasaki Y., Terasaki H.G. Distribution of Hydrogen in the Deep Earth and its Role in Earth's dynamics (Invited) : American Geophysical Union, Fall Meeting 2009, abstract № V14C-01.

Ohtani E., Shibasaki Y., Terasaki H.G. Distribution of Hydrogen in the Deep Earth and its Role in Earth's dynamics (Invited) : American Geophysical Union, Fall Meeting 2009, abstract № V14C-01 (in English).

29. Rampino M.R., 1987. Impact cratering and flood-basalt volcanism. *Nature*, Vol. 327, P. 468.

Rampino M.R., 1987. Impact cratering and flood-basalt volcanism. *Nature*, Vol. 327, P. 468 (in English).

30. Rogers G.S., 1982. Oceanic plateaus as meteorite impact signatures. *Nature*, Vol. 299, P. 341-342.

Rogers G.S., 1982. Oceanic plateaus as meteorite impact signatures. *Nature*, Vol. 299, P. 341-342 (in English).

31. Ronca L.B., 1966. Meteoritic impact and volcanism. *Icarus*, Vol. 5, P. 515-520.

Ronca L.B., 1966. Meteoritic impact and volcanism. *Icarus*, Vol. 5, P. 515-520 (in English).

32. Shneiderov A.J., 1943. The exponential law of gravitation and its effects on seismological and tectonic phenomena. *Transactions of the American Geophysical Union.*, Vol. 3, P. 61-88.

Shneiderov A.J., 1943. The exponential law of gravitation and its effects on seismological and tectonic phenomena. *Transactions of the American Geophysical Union.*, Vol. 3, P. 61-88 (in English).

33. Shneiderov A.J., 1961. On the internal temperature of the earth. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, Vol. 3, P. 137-159.

Shneiderov A.J., 1961. On the internal temperature of the earth. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, Vol. 3, P. 137-159.

Статья поступила
25.09.2013