



А. Н. Макаренко

КОСМИЧЕСКИЙ ФАКТОР "ИЗБЫТОЧНОГО" ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ И ПЛАНЕТ

Статья 4. **Предполагаемая природа теплопроизводящего фактора**

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

Крім радіогенної енергії в надрах Землі діє "додаткове" джерело енергії, яке має космічне походження, модулюється положенням і напрямком руху Сонячної системи в Галактиці. Фактором, що призводить до виділення енергії, може бути темна матерія галактичного диска.

Besides radiogenic energy, the "supplementary" energy source occurs in the Earth interior. This source is of cosmic origin and modulated by position and direction of the solar system motion in the Galaxy. Dark matter from the galactic disk might be a factor leading to the energy release.

В предыдущих наших статьях 1–3 [4–6] были рассмотрены астрономические и геологические признаки действия в недрах Земли и планет источника энергии неизвестной природы (названного здесь "космической печкой"), управляемого внешними по отношению к Солнечной системе космическими силами.

В общих чертах свойства "космической печки" сводятся к следующему:

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 [4].

2. Воздействие на планетные недра анизотропно и максимально с той стороны, в направлении которой Солнечная система движется в Галактике [5].

3. Интенсивность энерговыделения 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 [4].

4. Планетные недра обладают экранирующими свойствами в отношении теплопроизводящего фактора, который в значительной мере поглощается или ослабевает при прохождении через них [5, 6]. Относительно полное поглощение (или ослабление) происходит 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, с которой космический теплопроизводящий фактор взаимодействует с веществом планетных недр, зависит от их химического состава (предположительно – содержания водорода и железа) [6].

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

7. Применительно к Земле удельное тепловыделение на единицу объема составляет около 20 Вт/км³ (или $2 \cdot 10^{-14}$ Вт/см³), т. е. примерно половину от суммарного тепловыделения от всех тепловых источников. В ядре – 50 Вт/км³, мантии – 10 Вт/км³ [5].

Наличие такого источника тепла позволяет говорить о присутствии в окружающем нас галактическом пространстве некоего материального теплопроизводящего фактора, воздействие которого и приводит к выделению энергии. Очевидно, что имеющиеся сведения о характерных особенностях избыточного тепловыделения, происходящего в недрах планет, уже достаточно детальны для того, чтобы заняться поиском его причин, а также сделать определенные предположения относительно того фактора, влияние которого приводит к выделению энергии. Это является задачей данной статьи.

Исходя из свойств "космической печки", вполне очевидно, что источником внешних влияний является окружающее Солнечную систему вещество, причем именно то вещество, которое сосредоточено в галактическом диске. Известно, что вещество в Галактике присутствует в двух формах – в виде "обычного" вещества (звезды,

газопылевые облака, планеты и т. п., т. е. все, что состоит из протонов, нейтронов и электронов) и так называемой темной материи (или, иначе, скрытой массы). Здесь мы ограничимся предполагаемым воздействием со стороны темной материи, поскольку в физической литературе последних лет неоднократно высказывались предположения относительно теплопроизводящих свойств в отношении земных или планетных недр именно этой компоненты окружающего Солнечную систему вещества [1, 7–11, 14, 16, 17, 28, 30, 31, 33 и др.], то есть будем исходить из гипотезы, что проникающая в недра Земли и планет темная материя и есть тот фактор, который производит выделение энергии. Мы сейчас не касаемся конкретных механизмов энерговыделения, а сосредоточимся на принципиальной проверке данной гипотезы.

Параллели между свойствами темной материи и особенностями "космической печки". Наблюдениями установлено (по особенностям движения звезд), что большая часть вещества нашей Галактики представляет собой невидимое нечто, получившее название темной материи (скрытой массы). Считается, что она состоит из неких частиц, слабо взаимодействующих с обычным веществом (протонами, нейтронами, электронами), обладающих высокой проникающей способностью. Современные физические теории предсказывают десятки гипотетических кандидатов на роль частиц темной материи (так называемый "зоопарк частиц"). Поиски частиц темной материи и выяснение ее природы являются сейчас одним из важнейших направлений современной физики. *Предполагаемые физические свойства некоторых из этих частиц таковы, что допускают значительное тепловыделение ими при попадании в недра планет.* Называют различные механизмы тепловыделения. Для нас сейчас важно, что с точки зрения физики в окружающем нас космическом пространстве могут быть такие "скрытые" частицы, которые, попадая в недра планет, могут там выделять значительную энергию.

Существует несколько разновидностей темной материи. По энергетическим характеристикам различают горячую темную материю, частицы которой движутся с субсветовыми скоростями, и холодную темную материю, частицы которой движутся со скоростями на 3–4 порядка ниже скорости света. Первая расположена преимущественно в межгалактическом пространстве и считается ответственной за формирование макроструктуры Вселенной (на уровне сверхскоплений галактик). Предположительно она состоит из трех уже известных науке сортов ("поколений") нейтрино: электронного, мюонного, тау, а также соответствующих им античастиц.

Возможно, присутствуют еще и какие-то другие частицы. Вторая сосредоточена преимущественно внутри отдельных галактик и скоплений галактик, окружая их в виде гало. Она определяет структуру Вселенной на уровне галактик и их скоплений. Состав ее неизвестен и является предметом обсуждения весьма обширного числа статей и предметом поиска многочисленных, зачастую крайне дорогостоящих экспериментов. Обычно предполагают, что она состоит из неких слабо взаимодействующих с обычной материей массивных частиц, известных под собирательным названием "вимпы" (от англ. аббревиатуры WIMPs – weakly interacting massive particles – слабо взаимодействующие массивные частицы). Наша частица относится к холодной темной материи, точнее к той ее ультрахолодной (сверхнизкоскоростной) части, которая населяет галактический диск.

Темная материя галактического диска (темный диск). Из астрономических данных известно, что распределение темной материи во Вселенной в значительной мере повторяет распределение обычного вещества, которое как бы "вкраплено" в наиболее плотные сгущения темной материи. Существуют определенные предположения считать справедливым это предположение и для внутреннего строения нашей Галактики. Если это так, то темная материя должна не только формировать гигантское сферическое гало вокруг диска Галактики, как это обычно предполагается, но также концентрироваться к галактической плоскости и образовывать в ней плотные скопления вещества, повторяя, в целом, структуру видимого нам звездного диска.

Существование темного диска следует из результатов численного моделирования формирования и эволюции иерархической структуры дисковых галактик [35]. Известно, что наша Галактика подвержена постоянному процессу роста. Она поглощает газ и карликовые галактики-спутники из окружающего ее пространства. Результаты численного моделирования показывают, что в ходе этого процесса (его называют "галактический каннибализм") поглощаемые мелкие галактики разрушаются, а содержащаяся в них темная материя концентрируется преимущественно в диске Галактики. Этот темный диск имеет плотность, сопоставимую с локальной плотностью темного гало нашей Галактики ($0,2-1,5 \rho_{\text{гало}}$, при $\rho_{\text{гало}} \approx 5 \cdot 10^{-25} \text{ г/см}^3$). Наблюдения ограничивают локальную плотность темного диска величиной в $3 \rho_{\text{гало}}$ [26]. Суммарная локальная плотность вещества в диске составляет $4,7 \cdot 10^{-23} \text{ г/см}^3$, т. е. обычное вещество в нем преобладает.

Важной особенностью частиц темной материи диска является их скорость. По отношению к

Земле они движутся со скоростями примерно 40–50 км/с, типичными для вещества наших ближайших окрестностей, в то время как скорости частиц гало (~300 км/с) многократно превышают эти значения. Малые скорости частиц в темном диске могут определять повышенную интенсивность "вычерпывания" земным (и планетным) веществом. Чтобы проходящая через планету частица темной материи оказалась гравитационно захваченной, она должна в ходе серии столкновений отдать часть своей кинетической энергии частицам планетного вещества с тем, чтобы ее скорость стала ниже скорости захвата (11–15 км/с для Земли). Чем ниже начальная скорость, тем меньше столкновений необходимо испытать частице и тем выше вероятность ее захвата. Эти обстоятельства способствуют более интенсивному захвату частиц планетными недрами (в 10–100 раз в сравнении с частицами гало [15]).

Таким образом, если какая-либо из частиц темной материи способна выделять энергию при попадании в планетные недра, то мы знаем, что в галактическом диске такие частицы могут быть сконцентрированы, причем именно там находятся они в особо "подготовленном" для этого низкоскоростном состоянии. Интенсивность поглощения ("вычерпывания") частиц недрами планет будет повторять плотность распределения частиц в проходимом Солнечной системой темном диске, т. е. его структуру, так как чем больше частиц попадает в недра планеты из окружающего пространства, тем больше их и поглощается. Отсюда следует свойство 1 "космической печки" (см. также [4]).

Ветер частиц темной материи. Считается, что продвижение Солнечной системы сквозь облако частиц темной материи должно формиро-

вать анизотропию потока приходящих к нам частиц. Предполагаемые кинематические свойства частиц темной материи как гало, так и диска таковы, что Солнечная система должна опережать их в своем движении вокруг центральных масс Галактики. То есть следует ожидать существования некоторого направленного против движения Солнечной системы потока ("ветра") частиц темной материи (рис. 1) [24, 25]. Вимп-ветер – таково общепринятое наименование этого потока.

Заметим, что "избыточное" тепловыделение в планетных недрах также анизотропно и максимально как раз с "наветренной" стороны, т. е. "прогрев" совершается с той стороны, в направлении которой Солнечная система движется в Галактике (свойство 2 "космической печки", подробнее см. статью [5]).

Фокусировка Солнцем потока частиц темной материи. Также зависимость энерговыделения от пространственной ориентации проявляется в том, что всплески энерговыделения определяются взаимной ориентацией направления движения Земли в галактическом пространстве и плоскости эклиптики, а именно происходят в тех двух противоположных областях земной орбиты в Галактике, где вектор скорости Солнечной системы в Галактике оказывается лежащим в плоскости эклиптики (свойство 3 "космической печки", см. рис. 2 и статью [4]).

Сам факт зависимости от положения плоскости эклиптики может свидетельствовать о процессе, происходящем внутри Солнечной системы, о возможном значительном перераспределении темной материи в ее пределах, что может быть связано только с самим Солнцем. Создается впечатление, что даже эпизодические (ежегодные) появления Солнца с той стороны, в

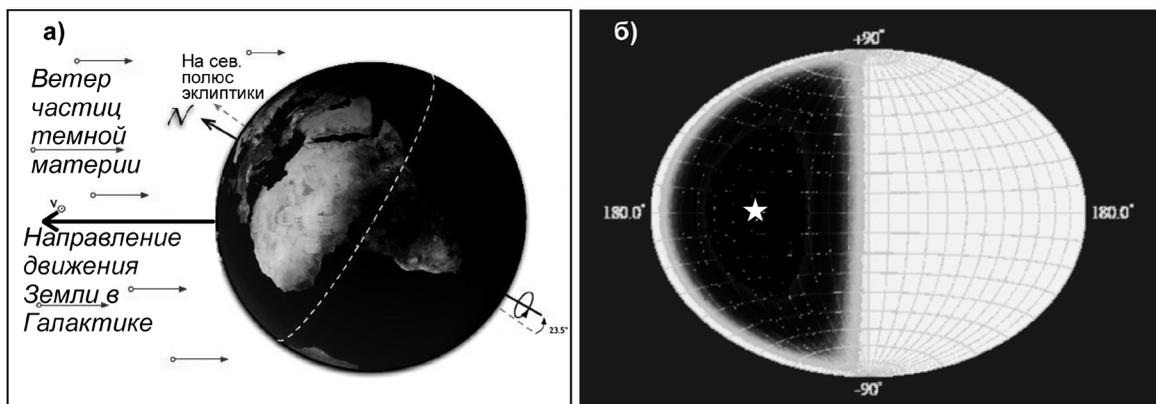


Рис. 1. Ветер частиц темной материи: а) Общая схема формирования ветра движением Земли в Галактике [36]; б) Корреляция распределения плотности потока частиц темной материи с движением Земли в Галактике [24]. Показана карта неба в галактических координатах. Меридианы – галактическая долгота, параллели – галактическая широта. Плоскость Галактики (Млечный путь) простирается вдоль экватора. Центральная точка – направление на центр Галактики. Звездочкой показано направление движения Земли в Галактике (направление на апекс). Заливкой (темным цветом) – распределение плотности потока частиц темной материи (данные численного моделирования)



Рис. 2. Взаимная ориентация плоскости эклиптики, галактической плоскости и направления движения Солнечной системы в Галактике [34]. Современному направлению на центр Галактики соответствует точка с галактическими координатами $l=0^\circ$, $b=0^\circ$. Ориентация обеих плоскостей остается неизменной относительно друг друга, в то же время вектор скорости движения Солнечной системы вокруг центральных масс Галактики совершает один оборот вдоль галактической плоскости в течение галактического года. Максимальное энерговыделение происходит тогда, когда вектор скорости попадает на плоскость эклиптики

направлении которой Земля (или другая планета) движется в Галактике, приводят к общему усилению избыточного тепловыделения в планетных недрах. То есть усиление происходит, когда апекс (точка на небесной сфере, в направлении которой Солнечная система движется в Галактике), Солнце и планета выстраиваются в одну линию. Это становится возможным как раз только в те эпохи, когда вектор скорости Солнеч-

ной системы в Галактике попадает на плоскость эклиптики.

Получается так, что периодическое наличие крупного тела со стороны, с которой происходит воздействие, приводит к усилению, фокусировке воздействия (потока частиц темной материи, если придерживаться гипотезы, что тепло-выделение производит именно она) (рис. 3).

Гравитационная фокусировка происходит с *любым* потоком привходящей извне в Солнечную систему материи. На данный момент она *наблюдается* для атомов гелия и частиц космической пыли, поступающих к нам из межзвездной среды [2, 3, 32]. К каким последствиям это приводит, видно на рис. 4, где показаны результаты численного моделирования плотности распределения атомов гелия, поступающих из межзвездной среды в ближние окрестности Солнца. В поле тяготения Солнца атомы отклоняются от своего прямолинейного движения и пролетают мимо него по гиперболическим траекториям. Чем ближе к Солнцу они движутся, тем сильнее

отклоняются. Поток межзвездных атомов, движущихся в сторону Солнца, фокусируется солнечной гравитацией и формирует солнечный гравитационный конус. Как можно видеть на рис. 4, концентрация частиц вдоль земной орбиты здесь примерно в 3–4 раза превышает такую с наветренной стороны. На рис. 4 показан модельный вариант, когда ветер частиц направлен вдоль плоскости эклиптики. Если бы эти час-

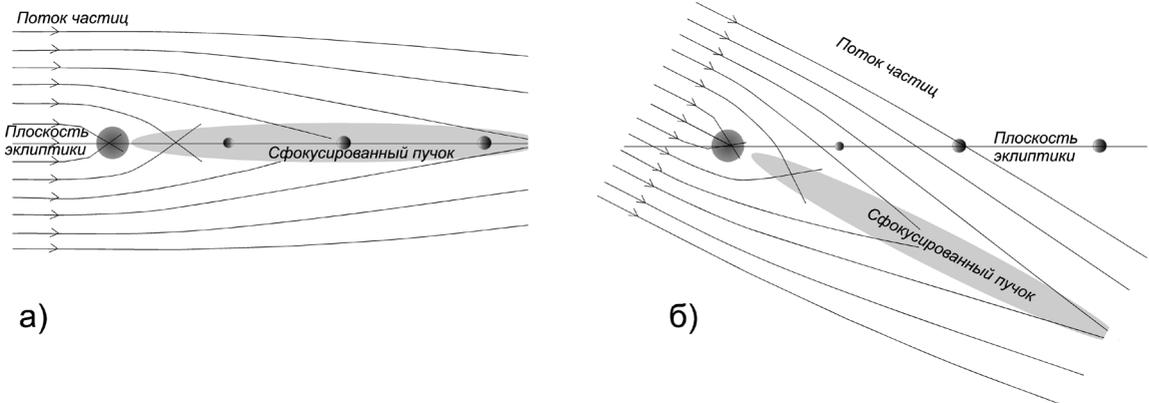


Рис. 3. Влияние гравитационной фокусировки со стороны Солнца на распределение плотности частиц темной материи в Солнечной системе: а) поток частиц темной материи параллелен плоскости эклиптики, планеты пребывают в области повышенной плотности распределения темной материи; б) поток частиц темной материи падает под углом к плоскости эклиптики, планеты находятся вне области повышенной плотности

тицы падали на Солнечную систему перпендикулярно к плоскости эклиптики, то концентрация частиц вдоль земной орбиты была бы одинакова и примерно соответствовала той, которую мы наблюдаем в боковых точках орбиты в первом случае. Таким образом, плотность частиц на земной орбите в этих двух вариантах будет различаться примерно в 1,5–2 раза.

Примерно так же Солнце должно концентрировать и темную материю, поскольку гравитационно оно воздействует одинаковым образом на любую форму материи. Единственным *качественным* отличием в распределении ее в Солнечной системе будет отсутствие полости в ближайших окрестностях Солнца. Она формируется по причине участия обычного вещества (атомов гелия) в электромагнитном взаимодействии, т. е. "выдуванием" межзвездного гелия потоком электромагнитных и корпускулярных излучений со стороны Солнца, а также воздействием его магнитного поля. Что касается количественных отличий, отметим, что наблюдаемое "избыточное" тепловыделение вдоль земной орбиты в Галактике различается в 2–3 раза [4]. При этом угол падения предполагаемого потока частиц темной материи на плоскость эклиптики изменяется в диапазоне примерно 0–60°.

Эти соображения объясняют, может быть, природу зависимости выделения энергии в недрах планет от угла между плоскостью эклиптики и направлением движения Солнечной системы в Галактике. О фокусировке Солнцем потока частиц темной материи речь идет также в работе [12].

Степенная зависимость тепловыделения от массы планеты. На рис. 5, а и б показано несколько теоретических *расчетных моделей* зависимости интенсивности поглощения частиц темной материи недрами планет от массы планет. Сравним эти расчетные модели с реально наблюдаемой зависимостью "избыточного" тепловыделения для больших планет Солнечной системы (рис. 5, б). Во всех случаях видим один и тот же степенной закон. Различия наблюдаются лишь в показателе степени и масштабном множителе, что естественно, поскольку в каждой из моделей используются разные значения как характеристик самих гипотетических частиц, так и параметров среды, с которой они взаимодействуют.

Мощность "космических печек" больших планет (Земля и планеты-гиганты) связана общей для них степенной зависимостью от массы планеты (свойство 6 "космической печки"), что может говорить о более полном поглощении теплопроизводящего фактора более крупными планетами и о единой для планет природе "избыточного" тепловыделения. Естественно предполагать, что чем массивнее планета, тем с

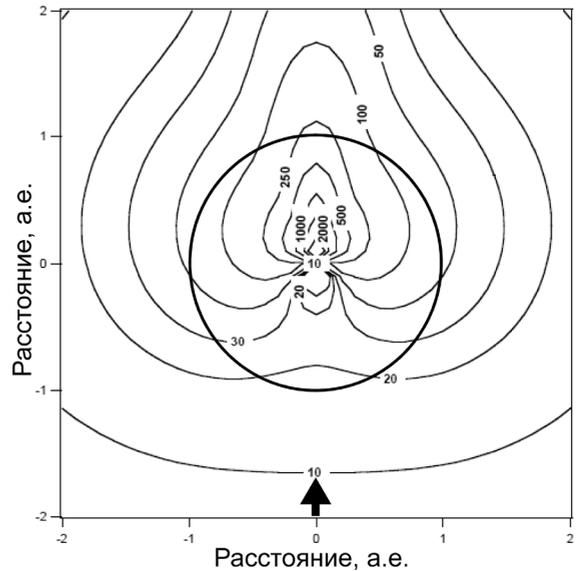


Рис. 4. Модельная плотность распределения атомов гелия межзвездной среды в Солнечной системе (в плоскости, содержащей ось ветра) [32]. Солнце находится в центре системы координат, расстояния даны в астрономических единицах. Окружность – орбита Земли. Стрелка – ось межзвездного гелиевого ветра. Изолиниями показано соотношение локальной плотности к фоновой плотности за пределами Солнечной системы. Фокусирующий конус (focusing cone) формируется за Солнцем с тыльной стороны. Полость на наветренной стороне – результат процессов ионизации

большим количеством частиц планетного вещества сможет провзаимодействовать проходящая через нее частица темной материи, тем выше скорость захвата ("вторая космическая" скорость), а следовательно, выше и вероятность захвата.

Зависимость от химического состава. Определение массы частицы. Как можно видеть на рис. 7 и в работе [6], чувствительность планет к внешнему воздействию весьма различна и, возможно, определяется их составом (показателем его здесь является плотность). Прослеживаются вполне отчетливые закономерности. Водородсодержащие планеты-гиганты и их ледяные спутники и планеты земной группы ведут себя по-разному. Во-первых, удельное энерговыделение (имеется в виду "избыточная", не радиогенная, составляющая) в недрах планет, состоящих преимущественно из водорода, на один-два порядка превышает таковое у планет, которые водорода практически не содержат. Далее, наблюдается резкое падение интенсивности тепловыделения с падением обилия этого элемента от планеты к планете, т. е. можно предположить какую-то связь между интенсивностью выделения тепла и содержанием водорода. Железистокаменные же планеты показывают иную за-

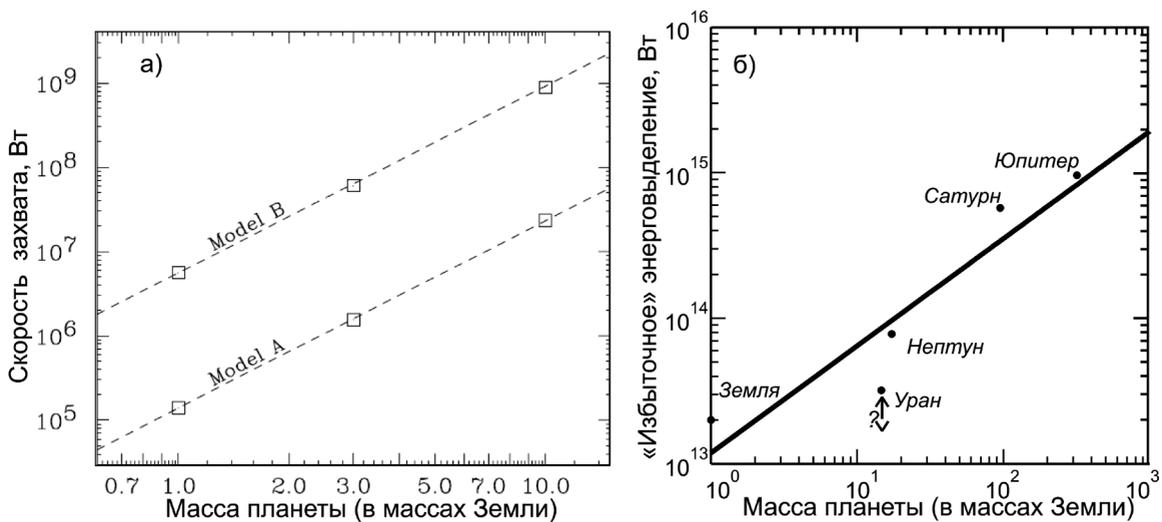


Рис. 5. Выделение "избыточной" (космической природы) энергии в недрах планет в зависимости от их массы: а) выраженные в единицах мощности расчетные значения скорости захвата и аннигиляции частиц темной материи, получаемые в результате численного моделирования для близких по составу к Земле планет (модели А и В различаются принятыми параметрами частиц) [27]; б) наблюдательные значения "избыточного" энерговыделения в недрах планет Солнечной системы [6]

висимость. Мы видим, что чем больше железа в своих недрах содержит планета, тем интенсивнее в них выделяется "избыточное" (не радиогенное) тепло. Особенно отчетливо это проявляется в том, что удельное энерговыделение принимает значения, близкие к нулевым, именно в той точке, где планетное вещество по своему составу лишается железа, т. е. состоит исключительно из обезжелезненных силикатов.

Как все это объяснить, исходя из принятой здесь гипотезы, что тепловыделяющим фактором являются частицы темной материи? Обычно предполагается, что темная материя потому и не видна, что взаимодействует с обычным веществом посредством лишь двух из четырех известных фундаментальных взаимодействий – гравитационным и так называемым "слабым". Столкновения с частицами планетного вещества происходят под управлением слабого взаимодействия. Оно бывает двух видов – "спинзависимое" и "спиннезависимое". Частицы, равно как и состоящие из них связанные системы – ядра атомов и сами атомы, имеют некоторую вращательную характеристику (собственный момент импульса), которая называется спином (от англ. spin – вращение). Если взаимодействие между частицами темной материи и частицами вещества планет спиннезависимое, то оно не зависит от того, обладают или нет отличным от нуля спином ядра атомов планетного вещества. Интенсивность такого взаимодействия пропорциональна квадрату массы ядра-мишени. Если же взаимодействие спинзависимое, то оно как раз зависит от того, обладают ли спином ядра-мишени атомов планетного вещества. Взаи-

модействие в таком случае происходит только с теми ядрами, которые спином обладают.

Считается, что спинзависимое взаимодействие может на порядки превышать своей интенсивностью взаимодействие, не зависящее от спина. Так вот как раз наличием или отсутствием спина у ядер атомов планетного вещества планеты земной группы и планеты-гиганты (а также и Солнце) радикальным образом отличаются. Солнце, Юпитер и Сатурн большей частью состоят из водорода. Нептун, Уран и ледяные спутники также содержат значительные его количества. Ядра водорода (протоны и дейтоны) спином обладают и участвовать в спинзависимых взаимодействиях могут. В то же время на планетах земной группы распространенность изотопов, имеющих ненулевой спин, невелика, т. е. они состоят большей частью из вещества, которое в спинзависимых взаимодействиях участия не принимает. Подробнее об этом изложено в работе [19]. Естественно, что в случае спинзависимого характера взаимодействия с темной материей водородсодержащие планеты будут захватывать ее более активно.

Помимо этого частицы темной материи могут с большей интенсивностью взаимодействовать с протонами, чем с нейтронами планетного вещества [18]. Если водородсодержащие планеты состоят большей частью из протонов, то планеты земной группы – из примерно равного количества протонов и нейтронов.

В чем состоит возможная роль железа? Во-первых, железо является единственным из тяжелых элементов, распространенность которого велика. А мы знаем, что при определенных обс-

тоятельствах интенсивность захвата частиц планетой может быть пропорциональна квадрату массы ядер элементов, из которых она состоит (см. выше). Далее, результаты вычислений показывают [13, 20–23], что шансы для частицы темной материи быть захваченной планетными недрами резко (резонансно) на порядки возрастают в случае близости их масс массам ядер химических элементов планетного вещества. Это возрастание примерно соответствует диапазону масс в пределах от нескольких до нескольких сотен а. е. м. (атомных единиц массы). Взаимодействие с веществом планет становится особенно интенсивным (усиливаясь дополнительно в 10–300 раз) в случае близкого соответствия массы частицы атомной массе какого-либо из наиболее распространенных химических элементов планетного вещества.

Для Земли и других планет земной группы скорость захвата частиц будет наибольшей в случае близости их масс массам ядер железа. Это явление получило название "железный резонанс" и достаточно активно исследуется, поскольку есть определенные основания, как из физики элементарных частиц, так и космологические, в том числе и данные экспериментов, предполагать массу частиц темной материи близкой к атомным массам химических элементов. Таким образом, *связь тепловыделения с обилием железа в недрах планет может являться указанием на близость массы гипотетической теплопроизводящей частицы темной материи к массе ядер железа* (впрочем, существуют и некоторые другие механизмы тепловыделения, допускающие особую роль железа).

Таково наше объяснение свойства 5 "космической печки".

Экранирование планетным веществом. Сечение взаимодействия. Частица темной материи будет задержана земными недрами, если избыток ее кинетической энергии будет передан частицам окружающей среды. Замедление частиц темной материи происходит при столкновениях с частицами земного вещества, так как если до столкновения протон или нейтрон покоился, то после столкновения он приходит в движение, получая от налетевшей частицы некоторую энергию. Поэтому частица замедляется.

Попробуем оценить степень взаимодействия частиц с земным веществом. Количественно она выражается сечением взаимодействия частиц темной материи с нуклонами (т. е. протонами и нейтронами), измеряемым в единицах площади (его можно представить как площадку вокруг частицы-мишени, пройдя через которую налетающая частица должна гарантированно провзаимодействовать, т. е. чем больше эта площадка, тем выше вероятность столкновения).

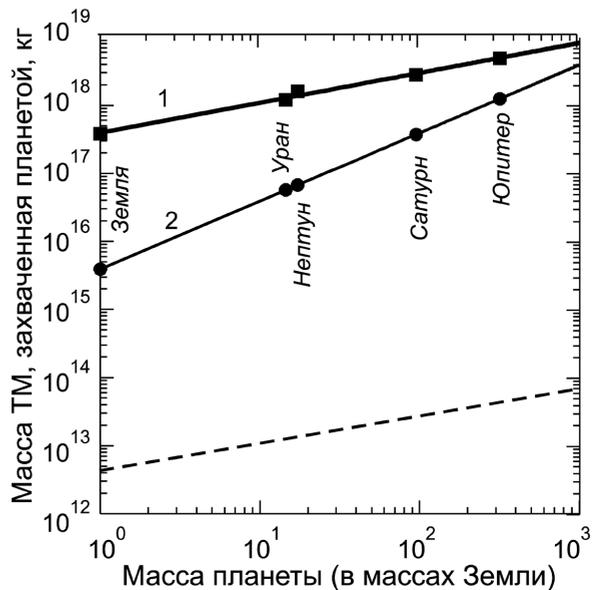


Рис. 6. Захват частиц темной материи планетами за время существования Солнечной системы. Верхние две зависимости – отображение результатов численного моделирования захвата: 1 – по [37], 2 – по [29]. Внизу – необходимое для обеспечения работы "космических печек" планет количество темной материи (в предположении аннигиляционного механизма тепловыделения и его постоянства во времени), по данным рис. 5, б

Источником информации здесь может быть пространственное распределение зон максимального тепловыделения в земных недрах. Как мы уже установили ранее [5], наблюдается определенная широтная зависимость, обусловленная, с одной стороны, существованием выделенного направления, с которого преимущественно осуществляется "прогревание" недр планеты, а с другой стороны, экранирующими свойствами геологической среды, т. е. не полной прозрачностью земных недр для воздействующего фактора (частиц темной материи). Как результат, в земных недрах сформировался приэкваториальный пояс разогретого вещества (подробно об особенностях образования этого пояса изложено в работе [5]). Если бы Земля была почти прозрачной для потока частиц темной материи, то этот пояс был бы слабо выражен, почти не заметен, но должен был бы распространяться в самые глубокие земные слои. В противном случае, если Земля слабо прозрачна, данный пояс был бы резко проявлен в приповерхностных слоях, но почти не просматривался бы на глубине. Мы же наблюдаем нечто среднее. Экваториальный горячий пояс отчетливо заметен даже во внутреннем земном ядре [5]. Значит, частицы в достаточно больших количествах проникают и туда.

Как было отмечено в публикации [6], мантия Земли подвергается примерно в три раза более

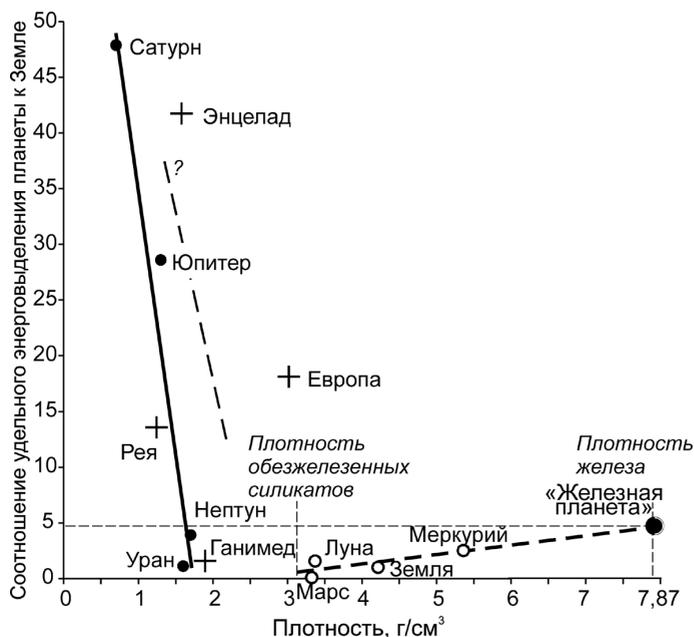


Рис. 7. Соотношение выделения "избыточной" (не радиогенной) энергии на единицу массы в недрах планет по отношению к Земле в зависимости от их плотности (с вычетом гравитационного сжатия для планет земной группы) [6]

активному воздействию в сравнении с ядром. То есть можно допускать ослабление потока тепловыделяющих частиц темной материи в три раза в центре Земли в сравнении с поверхностью. Экстраполируя это значение на диаметр земного шара, можно предполагать, что толща вещества, равная диаметру Земли, ослабляет поток частиц темной материи примерно на порядок. То есть речь идет об относительно полном поглощении толщей вещества, соответствующей примерно диаметру Земли.

Также мы знаем [6], что удельная интенсивность тепловыделения на единицу массы вещества недр Луны и спутников планет-гигантов превышает, и зачастую значительно, таковую для Земли. На этих же малых планетах отчетливо прослеживаются их экваториальные пояса внутренней активности, что может быть проинтерпретировано как признак работы "космических печек" [5, 6]. То есть можно предполагать, что и толща вещества в несколько сотен километров уже значительно ослабляет поток теплопроизводящих частиц темной материи.

Для поглощения частиц с массами, близкими к массам ядер химических элементов, толщей вещества, равной диаметру Земли, в литературе приводят оценки на уровне сечения взаимодействия частиц темной материи с нуклонами (протонами и нейтронами) около 10^{-33} см² [10]. Луна, по этим же данным, становится непрозрачной на уровне сечений около $6 \cdot 10^{-33}$ см²; для сравнения:

слой вещества, равный радиусу Солнца, поглощает поток частиц с сечением 10^{-35} см². В других источниках для Земли дают оценки сечений на уровне $2,3 \cdot 10^{-33}$ см² [20] и 10^{-32} см² для больших планет [33]. (Для примера: величина сечения взаимодействия нейтрино с частицами обычного вещества составляет около 10^{-43} см², что соответствует прозрачности слоя вещества, равного 10^{11} радиусов Земли.) То есть мы можем достаточно уверенно предполагать, что *теплопроизводящие частицы темной материи имеют сечения взаимодействия около 10^{-32} – 10^{-34} см².*

Если сечения взаимодействия с нуклонами (протонами и нейтронами) достаточно велики, то такая темная материя называется сильно взаимодействующей. Здесь не имеется в виду участие в так называемом "сильном" взаимодействии (одном из четырех фундаментальных взаимодействий), но лишь интенсивность, с которой взаимодействие происходит. Гипотетические сильно взаимодействующие массивные частицы темной материи получили общее название симпы (аббревиатура от англ. Strongly Interacting Massive Particles – сильно взаимодействующие массивные частицы темной материи). Четкой границы между сильно и слабо взаимодействующей темной материей нет, обычно частицы с сечениями взаимодействия более 10^{-35} см² уже считаются сильно взаимодействующей темной материей. Частицы с более низкими сечениями взаимодействия часто называют вимпами (Weakly Interacting Massive Particles – WIMPs). Наша частица относится к симпам.

Это относительно свойства 4 "космической печи".

Выводы. Свойства дополнительного к радиогенной энергии космического источника внутренней энергии Земли и планет ("космической печи") имеют полное соответствие в свойствах окружающей Солнечную систему темной материи Галактики, что позволяет заключить, что *именно темная материя, по-видимому, является тем внешним по отношению к Солнечной системе фактором, который производит нагрев планетных недр*, как это ранее и предполагалось многими исследователями.

Среди наиболее вероятных следует рассматривать частицу, свойства которой таковы: частица взаимодействует спинзависимо с планетным веществом (либо предпочтительно с протонами); ее масса может быть близкой к атомной массе железа; сечение взаимодействия с земным веществом составляет 10^{-32} – 10^{-34} см².

Автор выражает свою признательность акад. НАН Украины В.М. Шестопалову и канд. геол.-минерал. наук С. П. Ольштынскому (Институт геологических наук НАН Украины) за полезные замечания и детальный анализ рукописи этой статьи.

Список литературы

1. *Карриган Р. А. (мл.), Трауэр У. П.* Сверхтяжелые магнитные монополии // *Успехи физ. наук.* – 1983. – Т. 139, вып. 2. – С. 333–346.
2. *Курт В. Г.* Атомы межзвездной среды в Солнечной системе // *Природа.* – 1994. – № 10. – С. 50–57.
3. *Курт В. Г.* Движение Солнца в межзвездной среде // *Астрофизика и космическая физика / Под ред. Р. А. Сюняева.* – М.: Наука, 1982. – С. 268–292.
4. *Макаренко А. Н.* Космический фактор "избыточного" тепловыделения в недрах Земли и планет. Ст. 1. Космические ритмы в геологической летописи // *Геол. журн.* – 2011. – № 3. – С. 116–130.
5. *Макаренко А. Н.* Космический фактор "избыточного" тепловыделения в недрах Земли и планет. Ст. 2. Пространственно-временные закономерности распределения тепловыделяющих зон в недрах Земли // *Там же.* – № 4. – С. 83–96.
6. *Макаренко А. Н.* Космический фактор "избыточного" тепловыделения в недрах Земли и планет. Ст. 3. Общие для планет космические причины "избыточного" выделения тепла // *Там же.* – 2012. – № 2. – С. 104–115.
7. *Abbas S., Abbas A.* Volcanogenic dark matter and mass extinctions // *Astroparticle Physics.* – 1998. – Vol. 8, Issue 4. – P. 317–320.
8. *Abbas S., Abbas A., Mohanty S.* A New Signature of Dark Matter // <http://arxiv.org/pdf/hep-ph/9709269v2>.
9. *Abbas S., Abbas A., Mohanty S.* Double Mass Extinctions and the Volcanogenic Dark Matter Scenario // <http://arxiv.org/pdf/astro-ph/9805142v1>.
10. *Adler S.* Can the flyby anomaly be attributed to earth-bound dark matter? // *Phys. Rev. D.* – 2009 – Vol. 79, Issue 2. – P. 3505–3515.
11. *Adler S. L.* Planet-bound dark matter and the internal heat of Uranus, Neptune, and hot-Jupiter exoplanets // *Phys. Lett. B.* – 2009. – Vol. 671, Issue 2. – P. 203–206.
12. *Alenazi M. S., Gondolo P.* Phase-space distribution of unbound dark matter near the Sun // *Phys. Rev. D.* – 2006. – Vol. 74, Issue 8. – P. 3518–3531.
13. *Andreas S., Tytgat M.H.G., Swillens Q.* Neutrinos from Inert Doublet Dark Matter // *J. of Cosmology and Astroparticle Physics.* – 2009. – Issue 04, Article 004. – 26 p.; <http://arxiv.org/pdf/0901.1750.pdf>.
14. *Arafune J., Fukugita M., Yanagita S.* Monopole abundance in the Solar System and intrinsic heat in the Jovian planets // *Phys. Rev. D.* – 2001. – Vol. 32, Issue 10. – P. 2586–2590.
15. *Bruch T., Peter A., Read J., Baudis L., Lake G.* Dark matter disc enhanced neutrino fluxes from the Sun and Earth // *Phys. Lett. B.* – 2009. – Vol. 674, Issue 4-5. – P. 250–256.
16. *Carrigan R. A., Jr.* Grand unification magnetic monopoles inside the earth // *Nature.* – 1980. – Vol. 288. – P. 348–350.
17. *Drobyshevski E. M.* Hypothesis of a daemon kernel of the Earth // *Astronomical and astrophysical transactions.* – 2004. – Vol. 23, Issue 1. – P. 49–59.
18. *Feng J. L., Kumar J., Marfatia D., Sanford D.* Isospin-Violating Dark Matter // *Phys. Lett. B.* – 2011. – Vol. 703. – P. 124–127.
19. *Goodman M. W., Witten E.* Detectability of certain dark-matter candidates // *Phys. Rev. D.* – 1985. – Vol. 31 – P. 3059.
20. *Gould A.* Big bang archeology – WIMP capture by the earth at finite optical depth // *Astrophys. J.* – 1992. – Vol. 387. – P. 21–26.
21. *Gould A.* Direct and indirect capture of WIMPs by the Earth // *Ibid.* – 1988. – Vol. 328. – P. 919–939.
22. *Gould A.* Resonant enhancements in weakly interacting massive particle capture by the earth // *Ibid.* – 1987. – Vol. 321. – P. 571–585.
23. *Gould A., Alam S. M. K.* Can heavy WIMPs be captured by the earth? // *Ibid.* – 2001. – Vol. 549. – P. 72–75.
24. *Green A. M., Morgan B.* Optimizing WIMP Directional Detectors // *The identification of dark matter. Proceedings of the Sixth International Workshop. Held 11-16 September 2006 in Rhodes, Greece. Edited by Minos Axenides and George Fanourakis, John Vergados. Published by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2007.* – P. 331–336.
25. *Green A.M., Morgan B.* Optimizing WIMP Directional Detectors // *Astroparticle Physics.* – 2007. – Vol. 27, Issues 2-3. – P. 142–149.
26. *Holmberg J., Flynn C.* The local density of matter mapped by Hipparcos // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.* – 2000. – Vol. 313, Issue 2. – P. 209–216.
27. *Hooper D., Steffen J. H.* Dark Matter And The Habitability of Planets // <http://arxiv.org/pdf/1103.5086v2>.
28. *Jorgensen Ch. K.* Negative exotic particles as low-temperature fusion catalysts and geochemical distribution // *Nature.* – 1981. – Vol. 292, Issue 5818. – P. 41–43.
29. *Khrilpovich I. B., Shepelyansky D. L.* Capture of dark matter by the Solar System // *Int. J. of Modern Physics D.* – 2009. – Vol. 18, № 12. – P. 1903–1912.
30. *Krauss L. M., Srednicki M., Wilczek F.* Solar System Constraints and Signatures for Dark Matter Candidates // *Phys. Rev. D.* – 1986. – Vol. 33, Issue 8. – P. 2079–2083.
31. *Mack G. D., Beacom J. F., Bertone G.* Towards Closing the Window on Strongly Interacting Dark Matter: Far-Reaching Constraints from Earth's Heat Flow // *Ibid.* – 2007. – Vol. 76, Issue 8. – P. 3523–3535.

32. *Michels J. G., Raymond J. C., Bertaux J. L. et al.* The helium focusing cone of the local interstellar medium close to the Sun // *Astrophys. J.* – 2002. – Vol. 568. – P. 385–395.
33. *Mitra S.* Uranus's anomalously low excess heat constrains strongly interacting dark matter // *Phys. Rev. D.* – 2004. – Vol., Issue 10. – P. 3517–3523.
34. *Ramachers Y.* WIMP direct detection overview // *Nuclear Physics B Proceedings Supplements.* – 2003. – Vol. 118. – P. 341–350.
35. *Read J. I., Lake G., Agertz O., Debattista V. P.* Thin, thick and dark discs in CDM // *Mon. Not. Astron. Soc.* – 2008. – Vol. 389. – P. 1041–1057.
36. *Walker D.* Introduction to WIMPs and the DRIFT Experiment // http://www.sheffield.ac.uk/polo-poly_fs/1.38325!/file/PHY323-2011-16-notes.pdf.
37. *Xu X., Siegel E. R.* Dark Matter in the Solar System // <http://arxiv.org/pdf/0806.3767v1>.

Науч.-инж. центр
радиогидрогеоэкол. полигон,
исслед. НАН Украины,
Киев
E-mail: poshuk@mail.ru

Статья поступила
18.04.12