

P2-2007-183

И. А. Еганова¹, В. Н. Самойлов², В. И. Струминский¹,
В. Каллис²

ИЗВЕСТНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАВИТАЦИИ И
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ
ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Направлено в журнал «Письма в ЭЧАЯ»

¹Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН

²Научный центр прикладных исследований ОИЯИ

Еганова И. А. и др.

P2-2007-183

Известные проблемы гравитации и исследовательские возможности геофизического мониторинга

В свете активизирующегося интереса к теоретическим и экспериментальным исследованиям свойств гравитации и имеющего место «вызова эксперимента» обсуждается изменение массы вследствие изменения «состояния» вещества на микроуровне. Это явление открывает возможность получения принципиально новой экспериментальной информации, касающейся фундаментального общезначимого понятия — массы, количественная теория которой до сих пор не создана. Рассматриваются особенности мониторинга массы в контролируемых условиях. Приводятся первые результаты практически непрерывного мониторинга, показавшие изменение массы вещества при отсутствии возможности изменения его количества.

Работа выполнена в Научном центре прикладных исследований ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2007

Eganova I. A. et al.

P2-2007-183

Certain Gravitation Problems and Research Opportunities in Geophysics Monitoring

The growing interest to theoretical and experimental studies of the gravitation properties and the existing «experiment claim» gave rise to discussions of the mass variation as a consequence of the change in the matter «state» on the micro level. This phenomenon opens up an opportunity to obtain radically new experimental information that concerns the fundamental general physics notion — the mass, whose quantitative theory has not been established so far. Peculiarities of the mass monitoring in controlled conditions are considered. First results are given of the practically continuous monitoring that showed variation of the matter mass in the absence of a possibility to change its quantity.

The investigation has been performed at the Scientific Center for Applied Research, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2007

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия для физики характерно нарастание интереса к природе гравитации. Причем и в сфере теории, и в сфере эксперимента исследования ведутся одинаково интенсивно как с позиций релятивистской физики, так и с позиций нерелятивистской.

В релятивистской теории в трудах А. А. Власова, А. А. Логунова и М. А. Мествиришвили критически переосмыслены представления о физической реальности в *общей теории относительности* (ОТО) и в результате создана *релятивистская теория гравитации* (РТГ) [1], адекватная физической реальности. РТГ понизила реальный статус риманова пространства-времени до чисто эффективного: в ней риманова метрика возникает как сумма метрического тензора мира Минковского и тензора гравитационного поля. Заметим, что реальность именно метрики мира Минковского почти в те же годы, незадолго до создания РТГ, была подтверждена в астрофизических наблюдениях Н. А. Козырева [2] (см. также [3] и [4, с. 160–166]).

В классической теории О. Д. Ефименко (O. D. Jefimenko) создает новое теоретическое направление — *ретардику* [5]. Ретардика для описания физических явлений использует «причинные уравнения», которые учитывают скорость распространения взаимодействия. Эффективность этого направления отмечается в третьем издании известного учебника Дж. Джексона [6], а также в книге [7]. Важнейшим результатом этого подхода является обобщение гравитационной теории Ньютона на случай гравитирующих систем, зависящих от времени. Отдавая должное неоспоримой практической значимости гравитационной теории Ньютона, по которой ведутся все расчеты в небесной механике и в исследованиях космического пространства, О. Д. Ефименко преодолевает известные недостатки ньютоновской теории тяготения и создает *обобщенную теорию гравитации* (ОТГ) [8]. Обобщение ньютоновской теории гравитации проведено им на основе идеи о том, что в системах, зависящих от времени, гравитационное взаимодействие осуществляется посредством двух силовых полей: собственно «гравитационным» полем \mathbf{g} , создаваемым всеми массами и действующим на все массы, и «когравитационным» полем \mathbf{K} , создаваемым только движущимися массами и действующим только на движущиеся массы.

Так, в качестве гравитационных законов в ОТГ приняты следующие причинные уравнения:

$$\mathbf{g} = -G \int \frac{[\rho]}{r^3} \mathbf{r} dV - G \int \frac{1}{r^2 c} \left[\frac{\partial \rho}{\partial t} \right] \mathbf{r} dV + \frac{G}{c^2} \int \frac{1}{r} \left[\frac{\partial(\rho \mathbf{u})}{\partial t} \right] dV,$$

$$\mathbf{K} = -\frac{G}{c^2} \int \frac{[\rho \mathbf{u}]}{r^3} \times \mathbf{r} dV - \frac{G}{c^3} \int \frac{1}{r^2} \left[\frac{\partial(\rho \mathbf{u})}{\partial t} \right] \times \mathbf{r} dV,$$

где G — гравитационная постоянная; r — расстояние между элементом dV объема и точкой наблюдения, радиус-вектор \mathbf{r} направлен от dV к точке наблюдения; ρ — плотность массы, создающей гравитационное поле; \mathbf{u} — скорость, с которой масса перемещается в пространстве; c — скорость распространения гравитации. Квадратные скобки символизируют «запаздывание»: подынтегральные выражения берутся для момента времени $t' = t - r/c$, где t — момент времени, для которого вычисляются поля \mathbf{g} и \mathbf{K} , а интегралы вычисляются по всему пространству.

Сравнивая ОТГ с ОТО, следует отметить три основных момента. Во-первых, не существует наблюдаемых гравитационных эффектов, описываемых в ОТО, которые не имели бы своего дубликата в ОТГ. (Заметим, что столь нашумевший как подтверждение ОТО эффект «смещения перигелия Меркурия» детально рассмотрен и объяснен с позиций ОТГ в последней главе книги [8].) Во-вторых, ОТГ описывает значительно большее число гравитационных эффектов, чем ОТО, и, в-третьих, численные значения для гравитационных эффектов, полученные с помощью ОТО, обычно отличаются от соответствующих значений, полученных с помощью ОТГ, что дает возможность оценки и сопоставления этих двух теорий гравитации по результатам одного эксперимента.

Например, по результатам известного гравитационного эксперимента NASA в космосе *Gravity Probe B* (2004–2005), целью которого было измерить так называемое гравимагнитное поле Земли, которое рассматривается в ОТО и которое ассоциируется с вращением тел. Этот эксперимент был, видимо, задуман как демонстрация действенности ОТО, ибо возможность иного физического объяснения рассматриваемого эффекта и не предусматривалась, что в принципе методологически не может считаться корректным. Действительно, этот эксперимент может успешно трактоваться с позиций классической ОТГ — как подтверждение существования когравитационного поля вращающейся Земли (см. [8], с. 262, 273, где также отмечается, что по величине гравимагнитное поле ОТО отличается от когравитационного поля вращающихся тел в ОТГ: оно в 4 раза больше).

К теоретическим достижениям, связанным с теорией гравитации, следует отнести также эффект когерентного возбуждения релятивистских ядер в кристалле, предсказанный и открытый В.В. Огороковым [9]. Этот эффект с

самого начала целенаправленно был им выделен и предложен как реальный способ прямой экспериментальной проверки фундаментальных предсказаний специальной теории относительности (СТО) и ОТО (см. п. 1).

Наконец следует отметить коллективную монографию [10]. В ней детально представлен экспериментальный материал, содержащий важную информацию о физических свойствах гравитации, который несомненно представляет самостоятельный интерес.

В свете активизирующегося интереса к экспериментам, связанным с проявлением физических свойств гравитации, а также в связи с имеющим место «вызовом эксперимента», которому посвящен п. 1, в предлагаемой работе обсуждается возможность получения нового фактического материала, касающегося естественного поведения массы (веса) сложных систем — кристаллов минералов и минеральных агрегатов — в контролируемых условиях. В п. 2 обосновывается целесообразность исследований такого рода. Речь идет о наблюдающемся изменении массы (веса) кристаллов минералов и минеральных агрегатов вследствие качественного изменения состояния их вещества на микроуровне, а не его количества. В п. 3 обсуждаются характерные особенности контроля массы (веса) и приводится пример многоканального геофизического мониторинга с контролем массы (веса) минерала. Результаты такого мониторинга эффективны для проверки известного принципа Маха в его части, касающейся природы инертной массы, а также могут быть использованы как фактический материал для исследования фрактальных свойств пространства-времени.

1. ЭКСПЕРИМЕНТЫ, БРОСАЮЩИЕ ВЫЗОВ ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ

Гравитационный эксперимент К. Майораны. К. Майорана (Quirino Majorana, 1871–1957) посвятил многие годы поиску «гравитационного поглощения». В своих гравитационных экспериментах он исследовал изменение веса пробного тела при наличии симметрично расположенного вокруг него «экрана» из плотного вещества: в первом эксперименте это была ртуть, во втором — свинец. Опубликованные им результаты (см., например, [11]) свидетельствовали об уменьшении веса пробного тела при наличии экрана. Так, в первом эксперименте, считающемся по ряду обстоятельств лучшим, изменение веса пробного тела составило $(-0,97 \pm 0,16) \cdot 10^{-6}$ г при его весе, равном 1274 г.

Теория, лежащая в основе гравитационных экспериментов Майораны, а также подробное описание самого эксперимента и опубликованные результаты недавно были представлены в аналитическом обзоре Р. де А. Мартинса

(R. de A. Martins) [12]. Чтобы проиллюстрировать серьезность и научную значимость экспериментов Майораны, приведем их достаточно подробную техническую характеристику.

Для измерения изменения веса пробного тела Майорана использовал высокоточные рычажные весы с несколькими дополнительными приспособлениями. Весы вместе со взвешиваемыми телами были помещены в герметичный вакуумированный латунный кожух толщиной 5 мм (внутреннее давление в кожухе во время экспериментов поддерживалось ниже 0,1 мм рт. ст.); при этом была предусмотрена возможность манипулирования снаружи и весами, и рейтером. К левому и правому плечам весов крепились два одинаковых свинцовых шара весом 1274 г. Правый шар выступал в роли пробного тела, левый был противовесом. Пробное тело было подвешено на длинной (около 80 см) латунной проволоке, соответственно в кожух была вмонтирована стеклянная трубка, заканчивающаяся медной сферой — внутри нее находилась проволока с пробным шаром.

В первом эксперименте вокруг медной сферы был симметрично смонтирован специальный прочный деревянный цилиндрический сосуд, в него нагнеталась ртуть, создавая вокруг шара симметричный 104-килограммовый экран, который в случае необходимости можно было убрать в течение 2–3 минут, слив ртуть в 6 контейнеров, которые, как и деревянный цилиндр, были расположены строго симметрично по отношению к пробному телу. Контроль уровня ртути осуществлялся поплавковой и электроконтактной системами, что позволяло контролировать уровень ртути в цилиндре на расстоянии с точностью до 0,1 или 0,2 мм. Позиционирование пробного шара относительно ртутного экрана (и тем самым относительно контейнеров) производилось с точностью около 0,1 мм катетометром по специальному маркеру, прикрепленному к проволоке пробного шара.

Весы и сосуд находились в тройном «футляре» из верблюжьей шерсти для обеспечения термостатирования. Измерения и контроль за аппаратурой проводились из другого помещения, находящегося на расстоянии 12 м от весов, во избежание механического и теплового влияния наблюдателя на аппаратуру.

Разбаланс весов определялся посредством 12-метрового оптического рычага, образованного длиннофокусным источником света, вогнутым зеркалом, прикрепленным к коромыслу весов, и отсчетной шкалой. Отклонение светового указателя на 170 мм соответствовало 10^{-3} г, и было возможно измерять смещение светового указателя на 0,1 мм, что соответствовало изменению веса на $0,59 \cdot 10^{-6}$ г.

Хотя вся измерительная система была тщательно сбалансирована и приведена в равновесие, весы были постоянно в движении, и отраженный световой луч продолжал дрейфовать в течение всех экспериментов. Измерения производились, когда дрейф светового указателя был регулярным и малым (около 5 мм за час).

Высокая чувствительность весов диктовала соответствующий режим работы: первые часы после полуночи, чтобы избежать вибраций, связанных с уличным движением. Наилучшие условия для измерений пришлись на время двух всеобщих забастовок в Италии — 13–15 июня и 20–21 июля 1919 г.

Каждая серия измерений занимала несколько часов, за это время получалось 10–30 измерений. 20–21 июля Майорана получил 57 значений измерений веса пробного тела, когда ртуть была введена в деревянный цилиндр. Во всех случаях наблюдалось *уменьшение* веса. Среднее значение этих 57 наблюдений составило $(0,358 \pm 0,012)$ мм, что соответствовало изменению веса на $(2,09 \pm 0,07) \cdot 10^{-6}$ г.

Далее Майорана учитывал в этом результате известные влияния. Так, он оценивал гравитационное действие ртути на весы и противовес (поскольку пробное тело располагалось точно в середине контейнеров и деревянного цилиндра, оно не испытывало результирующей гравитационной силы); оказалось, что ими пренебречь нельзя. Когда ртуть находится в деревянном цилиндре, действие ньютоновских гравитационных сил симулирует уменьшение пробного тела на $1,12 \cdot 10^{-6}$ г. Следовательно, «чистое» уменьшение веса пробного тела, находящегося в ртутном экране, составляет не $2,09 \cdot 10^{-6}$, а только $0,97 \cdot 10^{-6}$ г.

Может показаться, что это уменьшение веса пробного тела можно приписать или малой ошибке в обеспечении должного уровня ртути в цилиндре, или малой ошибке в позиционировании пробного тела внутри цилиндра. Однако Майорана смог показать, что это требует допустить ошибку в 5 мм в определении верхнего уровня ртути в цилиндре, в то время как неопределенность уровня ртути в эксперименте, как уже отмечалось выше, была ниже 0,2 мм, а асимметрия деревянного цилиндра или неопределенность в позиционировании пробного тела в центре ртутного экрана могла симулировать изменение веса только на $\pm 0,09 \cdot 10^{-6}$ г, что было учтено при указании погрешности измерений.

Электрические силы легко исключались, поскольку вся аппаратура была электрически экранирована и заземлена. Чтобы исключить подозрение на проявление магнитных сил, Майорана провел ряд дополнительных исследований и в результате исключил и эту возможность объяснения наблюдающегося эффекта.

Таким образом, только после того, как были приняты во внимание все известные физические влияния и возможные ошибки, Майорана пришел к заключению, что используемое пробное тело, когда его окружает ртуть, изменяет свой вес на $(-0,97 \pm 0,16) \cdot 10^{-6}$ г.

В обзоре [12] подчеркивается, что Майорана был известным авторитетным исследователем, его экспериментальные методы никогда не критиковались. Однако Мартинс счел необходимым выделить три сомнительных момента, отвечая на вопрос: «Наблюдал ли Майорана именно поглощение

гравитации?» Приведем их краткую формулировку. Во-первых, чувствительность, достигнутая в экспериментах Майораны, по величине была того же порядка, что и наблюдаемый эффект. Рассматривалось много измерений и вычислялось среднее; действительно, среднее обнаруживало малое стандартное отклонение, однако всегда рискованно пытаться измерить эффект того же порядка величины, что и чувствительность аппаратуры. Во-вторых, известные систематические ошибки были по величине того же порядка (а иногда и больше), чем измеряемый эффект. (Майорана всегда старался исключить эти возмущения. В некоторых случаях его эксперименты могли быть усовершенствованы.) В-третьих, Майорана опубликовал далеко не все свои экспериментальные результаты. (Критические соображения Мартинса по этому поводу см. на с. 236 в [12].)

Мартинс высказывает предположение, что поглощение гравитации, может быть, не существует, и Майорана измерил некоторое неизвестное постоянное влияние на вес тела. При этом Мартинс опирается на тот факт, который давно подмечен в гравитационных наблюдениях: «*и в старых гравитационных экспериментах, и недавних обычно обнаруживаются необъяснимые систематические эффекты* [13, 14]» [12, с. 237]. Свой критический анализ Мартинс заканчивает четким выводом: измерения Майораны не могут быть отвергнуты просто потому, что возможно сомневаться в их корректности (или потому, что они противоречат наиболее широко принятой гравитационной теории) — пока улучшенное повторение его экспериментов не даст нулевого результата, следует принять, что *имеется* наблюдаемое свидетельство существования гравитационного поглощения веществом.

Измерения гравитационной постоянной. Известно, что межопытовый разброс значений гравитационной постоянной G достигает недопустимого для мировых констант уровня — около 2%. В 1970-х гг. возникла идея о новом, «пятом», фундаментальном взаимодействии. Тогда предположили, что межопытовый разброс обусловлен действием именно этой силы, которая по-разному проявляется в разных гравитационных наблюдениях. Однако целенаправленный интенсивный экспериментальный поиск «пятой силы», предпринятый в течение ряда десятилетий в разных странах, не увенчался успехом.

В принципе межопытовый разброс значений гравитационной постоянной соответствует отмеченному выше факту о наличии неизвестного варьирующегося влияния на вес тела. Это обстоятельство мы обсудим в следующем пункте, здесь же необходимо отметить, что проведенный В.П. Дедовым с соавторами [15] учет гравитационного экранного эффекта в интерпретации результатов 14 известных независимых экспериментов (1891–1982) по определению мировой константы G сократил межопытовую дисперсию значений G по меньшей мере на 1–2 порядка.

Эксперименты по эффекту когерентного возбуждения релятивистских ядер в кристалле. В поисках эффективного способа для прямых экс-

периментальных исследований фундаментальных представлений СТО и ОТО о физической реальности В. В. Огороков в 1965 г. высказал предположение о существовании когерентного возбуждения ядер [16] и атомов [17] при пролете через монокристаллическую мишень, что было затем установлено в экспериментальных исследованиях (см., например, [18]). Далее в [19] им было показано, что когерентное возбуждение атомов и ядер, пролетающих через кристалл, предоставляет способ, позволяющий провести прямую, довольно прецизионную проверку изменения хода «часов», двигающихся с релятивистской скоростью.

Сам эффект когерентного возбуждения, открытый в Институте теоретической и экспериментальной физики [18], сразу привлек к себе внимание ряда зарубежных исследовательских групп: во Франции (Лион) и США (Ок-Ридж), в Канаде и Японии. В Японии фактически уже осуществлена экспериментальная проверка представлений СТО. Так, в докторской диссертации Ю. Такабаяши (Y. Takabayashi) (см. ссылку [52] в [9]) сведены воедино многочисленные прецизионные результаты, полученные японскими исследовательскими группами под руководством К. Комаки (K. Komaki), Ю. Ямазаки (Y. Yamazaki) и Т. Азума (T. Azuma). Они изучали когерентное возбуждение водородоподобных и гелийподобных ионов Ar^{17+} и Ar^{16+} , Fe^{25+} и Fe^{24+} , измеряя зарядовые распределения ионов, пролетевших через тонкий кремниевый кристалл, а также измеряя интенсивность рентгеновских лучей, испускаемых тяжелыми ионами при высвечивании возбужденного состояния, возникающего внутри кристалла [9].

Если рассматривать в качестве «часов», движущихся со скоростью v , фигурирующие в этих экспериментах тяжелые ионы, для которых релятивистский фактор

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \sim 1,4 - 1,6$$

(здесь c — скорость света в вакууме), то критерием для проверки представлений СТО о физической реальности может служить соотношение

$$\frac{\Delta E}{h} = m \frac{v}{a_0} \gamma, \quad m = 1, 2, 3, \dots,$$

где h — постоянная Планка, a_0 — расстояние между атомами кристалла, $\Delta E = E_{\text{возб}} - E_{\text{осн}}$ [9]. Собственно говоря, эксперименты по изучению когерентного возбуждения прежде всего и проверяют это теоретическое соотношение.

В рассматриваемых экспериментах положение резонансного пика когерентного возбуждения определяется с высокой точностью ($10^{-4} - 10^{-5}$), так что в пределах этой точности полученные результаты позволяют считать экс-

периментально подтвержденным *замедление* релятивистских «часов», движущихся со скоростью, соответствующей фактору $\gamma \sim 1,4 - 1,6$.

Одновременно эти результаты выносят отрицательный вердикт в отношении адекватности ОТО физической реальности. Дело в том, что, как объяснено в [9], релятивистские ионы, проходящие через кристаллическую мишень, за счет потерь на ионизацию испытывают колоссальные ускорения $\sim 10^{22} \text{ см} \cdot \text{с}^{-2}$, и, согласно принципу эквивалентности, такие ускорения изменяют ход времени в системе отсчета, связанной с пролетающим ионом, — он как бы движется в эффективном гравитационном поле, вызывающем такие ускорения. Вследствие этого энергетические уровни летящего иона должны сдвигаться. Однако эти дополнительные энергетические уровни атомов, подвергающихся колоссальным ускорениям внутри кристаллической мишени, в этих достаточно прецизионных измерениях *не регистрируются*.

2. МАССА (ВЕС) КАК ОБЪЕКТ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Необъяснимые систематические эффекты, которые проявляются в гравитационных экспериментах [13, 14], побуждают обратиться к исследованию вопроса о природе инертной массы, остающемуся, как известно, открытым.

В классической механике инертность массы тела рассматривается как его *врожденное* свойство и не имеет какого-либо объяснения. В СТО «импульсная масса» становится релятивистской, но «масса покоя» остается «неприкосновенной» как некий «абсолют». Принцип Маха в его части, касающейся природы инертной массы (см., например, [20, п. 3.2.5]), оспаривает такое представление, в нем выдвигается тезис о полностью релятивистском характере массы и утверждается, что *своей инертной массой тело обязано существованию далеких космических масс и поэтому зависит от их расположения*. (Здесь следует заметить, что, если происхождение инертной массы связывается с субъектами Вселенной, естественно предположить зависимость инертной массы не только от их «расположения», но и от их «состояния».)

Свое естественное воплощение принцип Маха получил в хронометрической теории И. Сигала [21], где масса объекта (если отвлечься от пренебрежимо малых в своей совокупности внутренних масс) есть энергия его взаимодействия со всей остальной Вселенной. В этой теории нет отдельной силы тяготения — она является совокупностью масштабнo-контравариантных компонент тех энергий, которые связаны с микроскопическими силами. Поскольку разбиение на масштабнo-ковариантную и масштабнo-контравариантную компоненты антропоцентрично и непосредственное измерение соответствующей компоненты находится вне возможностей имеющейся измерительной аппаратуры, Сигал апеллирует к такому «косвенному проявлению», как масса.

На принцип Маха можно выйти, исходя из других представлений. В книге [4], посвященной исследованию физических свойств временного аспекта реальности с помощью такой математической модели, как «мир событий» (пространство-время), обсуждается *мировая взаимосвязь событий*, принадлежащая временному аспекту физической реальности и обладающая соответствующими, характерными для этого аспекта, чертами (см. [4, с. 140–203, 261–268]), заставляющими квалифицировать ее, пользуясь терминологией кибернетики, как «информационное» воздействие.

Источником этого, несилового воздействия выступают необратимые процессы любого происхождения и природы [3]. Например, процессы, происходящие в небесных телах или любые наземные процессы естественного или искусственного происхождения. Вследствие этого *иницирующего* (или *конструктивного* — по представлениям, используемым И. Пригожиным [22]) воздействия в сложных системах меняется *состояние* вещества, вплоть до изменения хода протекающих в нем процессов (широкий спектр свойств этого явления представлен в [4]). При этом изменяются такие физические характеристики, как плотность или вязкость.

Для изучения свойств этого информационного воздействия, которое, в частности, видимо, ответственно за общеизвестное отсутствие точной воспроизводимости в биологических экспериментах и разного рода артефакты [4, с. 264], используются результаты регулярного целенаправленного наблюдения ключевых, интегральных характеристик сложной системы в контролируемых условиях. Одной из таких характеристик сложной системы является ее масса. Принимая во внимание (в соответствии с современными физическими представлениями) неразрывную взаимосвязь массы и энергии, логично изначально допустить возможность изменения массы не только за счет изменения «количества» вещества, но и из-за изменения «состояния» вещества на микроуровне и происходящего при этом изменения его инертной массы — коэффициента при ускорении во втором законе Ньютона.

Представление о возможности изменения инертной массы подтверждает, например, экспериментальное исследование [23], обнаружившее изменение массы (веса) тела при неупругой деформации, или реакция массы минерала на экспозицию в телескопе [4, с. 185].

В ходе исследования фрактальных свойств мира событий авторами [24] было осуществлено долговременное регулярное наблюдение за вариациями массы (веса) достаточно представительной коллекции масс в контролируемых условиях. (Данные были получены в процедуре «точного взвешивания» на аналитических весах «ВЛР-200 г», см. [25].) Результаты этого исследования также свидетельствуют в пользу представлений о возможности изменения массы (веса) при изменении состояния вещества, а не его количества.

Так, оказалось, что ежедневные измерения массы (веса) специально отобранных геологических образцов (кристаллов минералов и минеральных агре-

готов) в течение 375 сут в специальном лабораторном помещении составляют фрактальные временные ряды. При этом величина D_Q , представляющая собой фрактальную размерность графика, описывающего поведение массы (веса) Q во времени, и определенная по формуле [26]

$$\frac{\sum_{i=1}^k R_i(m; \tau)}{\sum_{i=1}^n R_i(1; \tau)} = m^{1-D_Q}$$

(где $R_i(m; \tau)$ — размах Q как функции времени t ($0 \leq t \leq T$) в интервале i длиной $m\tau$ (τ — некоторый характерный временной масштаб, m — целое число), такой, что $m\tau \cdot k = T$, k — целое), обусловливается химическим составом образца и не зависит от конкретного вида динамики Q .

Для примера на рис. 1 приведено поведение массы (веса) двух кристаллов кварца, различающихся по величине массы (13,1 и 3,6 г) и по своему геоло-

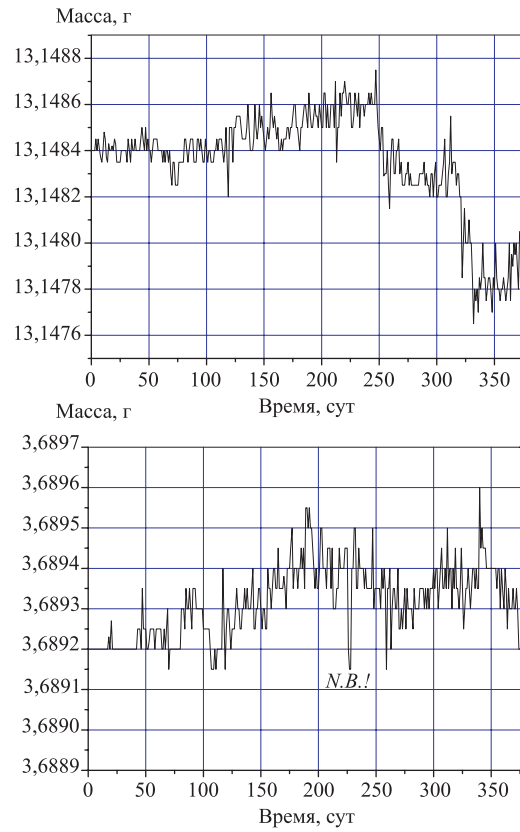


Рис. 1. Естественная динамика массы (веса) двух кристаллов кварца SiO_2 ; погрешность измерений $\pm 0,00012$ г

гическому происхождению. Как видим, массы этих кристаллов изменялись различным образом, однако полученные значения D_Q для них близки и соответственно равны 1,54 и 1,55, а для родственного к ним по вещественному составу образца (кварцит 50,6 г) $D_Q = 1,52$. Для сравнения укажем, что в случае, когда три образца были выделены из одной и той же кристаллической горной породы (где преобладал доломит) и различались только по весу (18,1, 7,2 и 4,9 г), все три образца показали абсолютно идентичное поведение массы (веса) в течение этих 375 сут и для всех было получено одно и то же значение $D_Q = 1,44$. Поведение этих масс в течение года продемонстрировано на рис. 2 на примере массы 7,2 г.

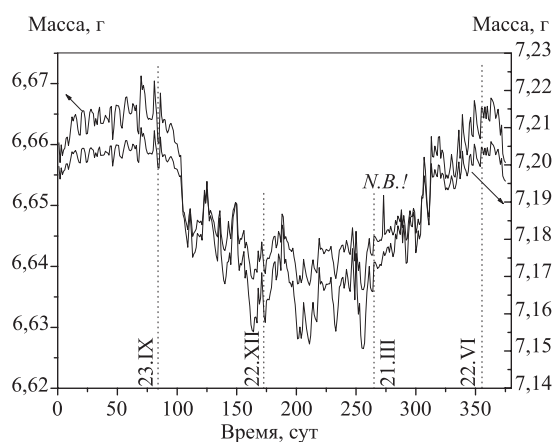


Рис. 2. Естественная динамика массы (веса) двух геологических образцов, выделенных из одного и того же мелкокристаллического агрегата доломита $MgCa(CO_3)_2$ и слюды; погрешность измерений $\pm 0,00012$ г

На этом рисунке отмечены известные астрономические даты, указывающие положение Земли на ее орбите — день осеннего равноденствия, день зимнего солнцестояния (перигелий), день весеннего равноденствия и день летнего солнцестояния (афелий). Как видим, динамика массы (веса) не обусловлена величиной гелиоцентрического расстояния Земли. По-видимому, эти даты очерчивают четыре характерных периода в динамике массы — «максимум», «спад», «минимум», «рост» — вследствие отражения в ней известных четырех земных сезонов с их характерными необратимыми процессами, особенно в биосфере. Для сравнения на этом же рисунке приведено поведение массы образца (6,6 г), весьма родственного по вещественному составу к рассмотренным трем ($D_Q = 1,42$).

Проведенное в работе [24] исследование временных рядов наблюдений массы (веса) геологических образцов и временных рядов физических характеристик условий наблюдения с помощью введенной фрактальной размерности

временной структуры (аналогично фрактальной размерности пространственной структуры) обнаружило следующее. Поведение величины, которая может рассматриваться в качестве прообраза фрактальной размерности временной структуры и которая задается формулой

$$h = \log(R/S^2) / \log N$$

(где R — размах значений $Q(t), t = 1, 2, \dots, N$, N — число наблюдений, S — стандартное отклонение), как функции числа наблюдений «обнаруживает» наличие или отсутствие субъекта, временную структуру которого она описывает. Если структура соответствует отдельному, определенному реальному субъекту (например, кристаллу минерала), она стремится к единице, если же таковой отсутствует (как, например, в случае характеристик условий наблюдения), эта величина имеет диаметрально противоположное поведение и сразу устремляется к нулю [4, с. 198–199]. Отсюда можно сделать вывод, что за естественными вариациями массы скрываются фундаментальные физические обстоятельства существования мира.

Здесь целесообразно отметить, что использование представлений о фрактальной размерности временной структуры при анализе временных рядов (что базируется на представлениях СТО о физической реальности) позволило дать непосредственное («физическое») объяснение известного открытого вопроса: «Почему же природные процессы подчиняются статистике Херста?» [26, гл. 8, п. 8.3]. И, соответственно, сделать вывод, что если бы в природных явлениях не обнаруживалась статистика Херста, это было бы веским обстоятельством для критики адекватности модели мира событий (пространства-времени) [4, с. 193–196].

Итак, о чем может свидетельствовать рассматриваемая годовая вариация массы?

В работе [25] подробно представлены условия, в которых проводились эти наблюдения, и обсуждаются отдельные обстоятельства и дополнительные исследования, которые позволили сделать вывод, что фиксируемые вариации массы не являются следствием «естественного» изменения относительной влажности в лабораторном помещении — это единственная возможная причина изменения «количества вещества» геологического образца. Суммируем решающие пункты анализа, проведенного в [25], и сопроводим их дополнительным экспериментальным материалом.

- С самого начала в наблюдения были включены в основном те геологические образцы, которые характеризовались нулевой проницаемостью и отсутствием пористости и шероховатости поверхности. Для возможности исследования роли изменения относительной влажности в наблюдения были включены специальные образцы — озерные кальцитовые корки, у которых 20–30 % объема составляют поры, полости, а также набор запаянных колб и ампул с разнообразным веществом.

- Одновременно могло наблюдаться увеличение массы (веса) у одних образцов, уменьшение у других и относительное постоянство у остальных.

- В целом в геологической коллекции, содержащей более 50 различных кристаллов минералов и минеральных агрегатов было выделено 6 крупных групп по характеру вариации их массы и проведен соответствующий кросс-корреляционный анализ, в том числе и по отношению к физическим характеристикам условий наблюдения. Он показал, что если бы наблюдаемое изменение массы было следствием изменения относительной влажности, то изменения ряда масс должны были быть заметно меньше, чем у кальцитовых корок. Однако налицо совсем другая картина; так, например, размах вариации этих масс в несколько раз больше, чем у кальцитовых корок. Числовые отношения в изменении массы (веса) образцов не соотносятся с величиной соответствующих этим образцам коэффициентов корреляции массы (веса) с относительной влажностью.

- Для исследования роли относительной влажности были проведены специальные эксперименты с использованием эксикаторов — образцы помещались на сутки в атмосферу, насыщенную влагой, и изменение их массы после этого сравнивалось с массой соответствующего контрольного образца, находившегося вне эксикатора. Численные закономерности в поведении масс, полученные в результате этих экспериментов, не согласовываются с теми закономерностями в изменении массы, которые имели место в наблюдениях.

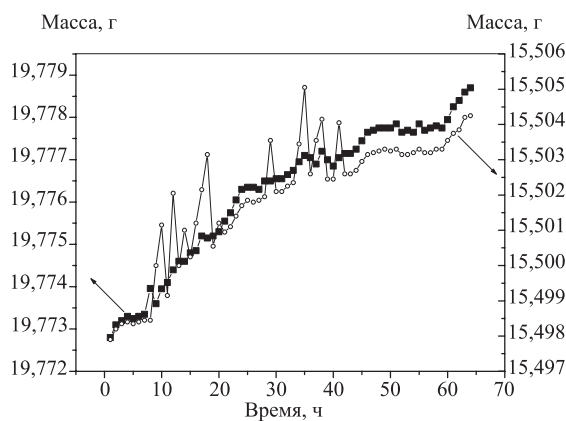


Рис. 3. Естественная динамика массы (веса) двух геологических образцов: 19,8 г — кубик кристалла пирита FeS_2 , замещенного магнетитом Fe_2O_3 (замещение, возможно, не полное), и 15,5 г — зеленый тонкослоистый скрытозернистый туффит: тонкая смесь частиц полевого шпата, кварца, вулканического стекла (кремнезем SiO_2 , алюмосиликат), глинистых частиц (алюмосиликаты); окраску придает незначительная примесь закисного железа; погрешность измерений $\pm 0,00012$ г

- Длительные круглосуточные наблюдения (в том числе каждые 30 мин) за поведением массы в условиях высокогорной обсерватории Института солнечно-земной физики СО РАН (п. Монды) показали, что на общий ритм изменения массы образцов, принадлежащих к одной и той же группе (по характеру вариации их массы), у некоторых из них может накладываться некий другой, кратковременный ритм (см. рис. 3, эти наблюдения были проведены 13–15 октября 1993 г.). В условиях высокогорной астрофизической обсерватории также обнаружилась возможность частых, весьма кратковременных (5–20 мин) существенных изменений отдельных масс (на десятки миллиграммов), в том числе и у образцов группы, которая выделилась отсутствием заметной вариации массы, т. е. большей 0,5 мг (см. график 5 на рис. 4, эти наблюдения были проведены 5–7 октября 1993 г.).

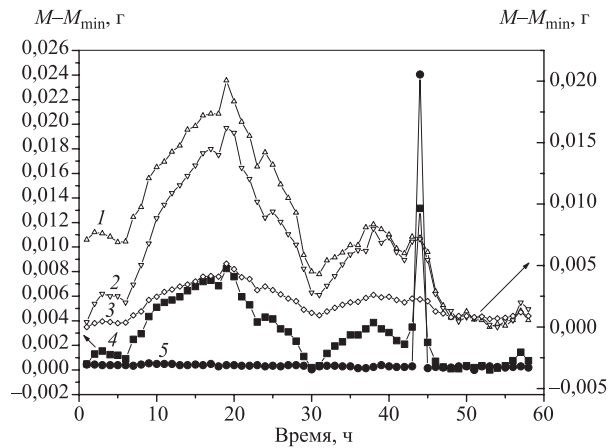


Рис. 4. Естественная динамика массы (веса): 1 — 41 г, образец контактового образования — скарн, в нем три слоя: яснокристаллического кальцита, тонкокристаллического везувиана (в агрегат везувиана включены обильные крупные кристаллы граната) и между ними слой тонкокристаллического агрегата того же везувиана, граната, кварца и кальцита; 2 — 9 г, сливной (очень плотный) кремнистый аргиллит слоистый, с тончайшими прослойками кремнистого алевролита (песчаник с зернами размером менее 0,01 см); 3 — 15,5 г, зеленый тонкослоистый скрытозернистый туффит (см. подпись к рис. 3); 4 — 6,6 г, мелкокристаллический агрегат доломита (преобладает) и слюды; 5 — 9 г, ортокварцит, агрегат кристаллов кварца, очень чистый, из жилы, образованной термальными растворами. Чтобы иметь возможность изобразить все графики на одном рисунке, по оси ординат отложены значения величины $M - M_{\min}$, где M — измеренное значение данной массы, а M_{\min} — ее минимальное значение за рассматриваемый период; погрешность измерений $\pm 0,00012$ г

- Величина размаха вариации массы образца не обуславливается величиной его поверхности, объема или массы. Например, на рис. 5 представлена

годовая динамика двух геологических образцов, относящихся к разным группам по естественной динамике массы (веса): 9 г — аргиллит (описание см. в подписи к рис. 3) и 82 г — минеральный агрегат, представляющий собой сочетание пирротина FeS (преобладает), халькопирита CuFeS_2 (~ 15–20 %) и черных глинистых сланцев — тонкой смеси органического вещества, глины, кремнезема (~ 5 %). Как видим, у первого размах вариации составил 94 мг, у второго — около 41 мг, при этом по величине массы и площади поверхности первый значительно меньше второго.

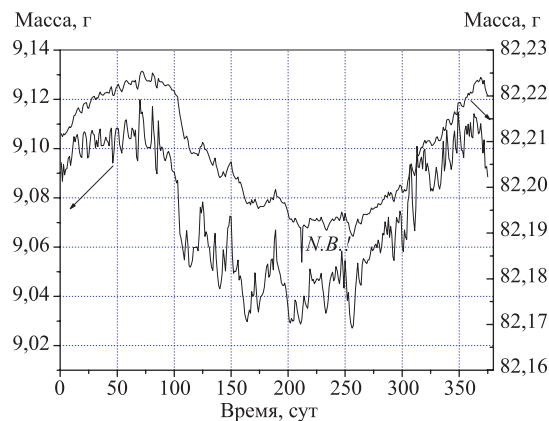


Рис. 5. Естественная динамика массы (веса) аргиллита (9 г, его краткое описание см. в подписи к рис. 4) и некоторого минерального агрегата (82 г, его описание см. в тексте); погрешность измерений $\pm 0,00012$ г

- Наконец, наблюдения за поведением массы (веса) запаянных колб и ампул, содержащих различные вещества, также свидетельствует о возможности изменения массы вещества при неизменности его «количества».

Проиллюстрируем последнее обстоятельство двумя примерами. На рис. 6 приведены результаты наблюдений за поведением массы (веса) двух запаянных колб. В колбах находились дистиллированная вода и сахар (коммерческий продукт). Масса колб определялась в процедуре «точного взвешивания» — в прямые измерения массы вносилась поправка за счет влияния аэростатических сил, которая вычислялась для соответствующего значения плотности влажного воздуха, вычисленной, в свою очередь, по контролирующимся характеристикам условий наблюдения (атмосферное давление, относительная влажность, температура). На рис. 7 приводятся соответствующие гистограммы: на оси абсцисс — область размаха вариаций массы каждой колбы, ось ординат используется для числа $N(m)$ наблюдений, в которых зафиксировано значение m . Как видим, размах вариации массы в пять раз превышает погрешность определения m .

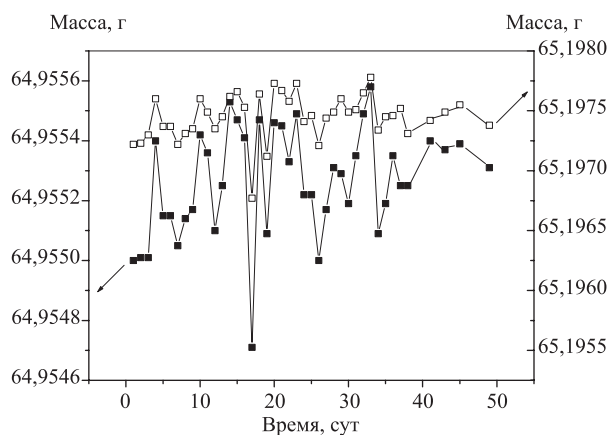


Рис. 6. Естественная динамика массы (веса) запаянных колб с дистиллированной водой — 64,9 г и сахаром (коммерческий продукт) — 65,2 г. Чтобы как-то разделить графики, на осях масс пришлось использовать разный масштаб; погрешность измерений $\pm 0,0002$ г

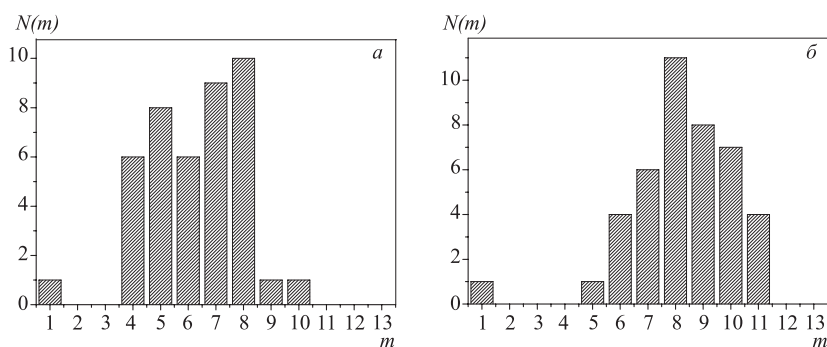


Рис. 7. Распределения, показывающие число $N(m)$ измерений массы (веса) колбы с водой (а) и с сахаром (б), зафиксировавших значение m . Одно деление на шкале m соответствует 0,1 мг; погрешность измерений $\pm 0,0002$ г

Данные, приведенные на рис. 6 и 7, свидетельствуют об одном важном обстоятельстве, обсуждение которого, к сожалению, находится за пределами данной статьи. Дело в том, что, помещая некоторую массу в замкнутый объем (за некоторый «экран»), мы получаем иной объект по отношению к тому физическому явлению, которое стоит за обсуждающимися изменениями состояния объекта (в том числе его массы) [4, с. 265]. Кроме того, масса вещества самой колбы (стекло) в приведенных наблюдениях составляла 27–38 % массы ее содержимого. Так что не должно быть удивительным, что поведение

масс этих колб столь идентично; определенное различие в динамике массы колбы с водой и колбы с сахаром показывают соответствующие распределения (рис. 7). Приведенные наблюдения интересны в том плане, что они непосредственно свидетельствуют о возможности изменения массы вещества при неизменности его количества.

На рис. 8 приведена естественная динамика массы двух стандартных медицинских ампул с цианкобаламином $C_{68}H_{88}CoN_{14}O_{14}P$. Как видим, зафиксировано одно резкое кратковременное изменение массы, аналогичное тем кратковременным изменениям, что отмечены на графиках 4 и 5 рис. 4. «Отклик» на это кратковременное внешнее воздействие был также зафиксирован еще у двух других геологических образцов, находившихся под наблюдением: у монокристалла кварца (см. рис. 1) и у образца, представленного на рис. 5 (82 г, его вещественный состав был приведен выше). Этот «отклик»

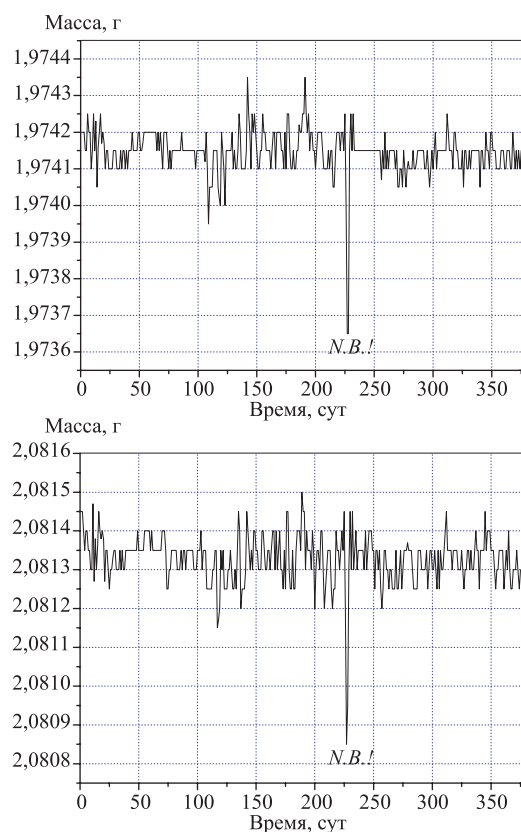


Рис. 8. Естественная динамика массы (веса) двух стандартных ампул с цианкобаламином; погрешность измерения массы здесь составляет 0,00012 г

на рис. 8, 1, 2 и 5 выделен пометкой *N.B.*! У стандартных медицинских ампул с анальгином «отклик» зафиксирован не был.

В связи с гравитационными экспериментами здесь имеет смысл упомянуть, что в условиях высокогорной обсерватории (п. Монды) при ежечасном наблюдении за естественным поведением массы (веса) 24 объектов в течение нескольких дней было зафиксировано одно кратковременное *уменьшение* массы (веса) латунного цилиндра (94,6 г) на 17 мг (6 октября 1993 г. в 1.30 местного времени); отметим, что в это же время был зафиксирован также «отклик» одного минерала (7,5 г) — *увеличение* его массы (веса) на 9 мг, у дюралевого цилиндра (30,7 г) «отклик» зафиксирован не был.

Подведем итог. Наблюдения за естественной динамикой массы (веса) кристаллов минералов и минеральных агрегатов обнаружили изменение массы (веса) вещества при отсутствии возможности изменения его «количества». Поэтому следует посмотреть на «массу» с иных позиций, потому что напрашивается вывод, что, поскольку «количество» вещества не имело возможности измениться, по-видимому, меняется его «качество», т. е. его состояние на атомном уровне, что и проявляется в такой его интегральной физической характеристике, как инертная масса. В свою очередь, изменение инертной массы вследствие изменения состояния вещества вполне может быть реальной причиной наблюдающихся «необъяснимых систематических эффектов» в гравитационных экспериментах.

3. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА МАССЫ

Явление изменения массы системы при изменении состояния ее вещества открывает реальные перспективы для получения принципиально новой информации, касающейся природы фундаментального общезначимого понятия — массы, количественная теория которой до сих пор не создана. Становится актуальной задача организации геофизического мониторинга с контролем массы соответствующего объекта. Как показали наблюдения, рассмотренные в п. 2, на роль такого «чувствительного» объекта может быть предложен ряд кристаллов минералов и минеральных агрегатов в зависимости от конкретной цели определенного мониторинга.

Здесь сразу необходимо подчеркнуть, что само явление изменения массы вследствие изменения состояния ее вещества, обусловленного иницирующим влиянием внешних необратимых процессов, связано со специфическими свойствами временного аспекта физической реальности [3]. Поэтому при организации мониторинга массы прежде всего следует учитывать определенные свойства и особенности, присущие временному аспекту [4, гл. 3, 4].

Обратим внимание на одно обстоятельство, весьма характерное для современной измерительной аппаратуры. Дело в том, что ее работа, обеспечива-

ющая автоматизированное измерение, запись и хранение результатов измерений, сопряжена с множеством необратимых процессов, протекающих в веществе деталей микросхем, что может оказаться источником дополнительного информационного воздействия. Кроме того, состояние вещества чувствительного элемента в используемом для измерений датчике может быть подвержено изменениям так же, как и состояние вещества, масса которого наблюдается. В результате этого показания датчика в некоторые моменты или периоды времени могут отображать, скорее, изменение собственного состояния, нежели изменение той физической характеристики, для измерения которой он предназначен. Поэтому для автоматизированного измерения массы (веса) необходимо располагать такой установкой, которая, во-первых, не приносит в окрестность измеряемой массы каких-либо процессов, способных вызвать ее заметное изменение, и, во-вторых, все использующиеся датчики должны быть проверены на предмет степени их подверженности влиянию внешних необратимых процессов.

Поскольку лабораторные аналитические весы «ВЛР-200 г» успешно применялись в наблюдениях и экспериментах по изучению свойств инициирующего влияния внешних необратимых процессов на состояние вещества и в результате возникла многолетняя база экспериментальных данных, одним из авторов (В. И. С.) было разработано специальное устройство для бесконтактного контроля пространственного положения чаш весов «ВЛР-200 г» на основе вихретокового датчика [27], который не приносит погрешностей, связанных с механическим вмешательством в кинематическую схему весов. Это устройство позволило автоматизировать измерение массы (веса) и сделать его практически непрерывным, а также открыло возможность повышения чувствительности весов. В целом была создана установка, предназначенная для долговременного мониторинга микровариаций массы. На основе этой установки стало возможным организовать длительный геофизический мониторинг с контролем массы минерала.

Для мониторинга массы был выбран соответствующий геологический образец — аргиллит, который, с одной стороны, по своим характеристикам выделяется ничтожной (нулевой) проницаемостью (см. описание образца 2 на рис. 4), а с другой стороны, показал значительную годовую вариацию массы (рис. 5) и при ежечасных наблюдениях в условиях высокогорной обсерватории также отличился высоким размахом вариации массы (см. рис. 4, 2). К его краткому описанию на рис. 4 добавим, что его возраст оценивается приблизительно в 550 млн лет, местонахождение — Казахстан, хребет Малый Каратау, никакой обработке не подвергался (естественное формирование).

Практически непрерывный автоматизированный мониторинг массы аргиллита в контролируемых условиях подтвердил возможность изменения массы (веса) вещества при отсутствии возможности изменения его *количества* [25]. Приведенные в [25] графики (запись данных по пяти кана-

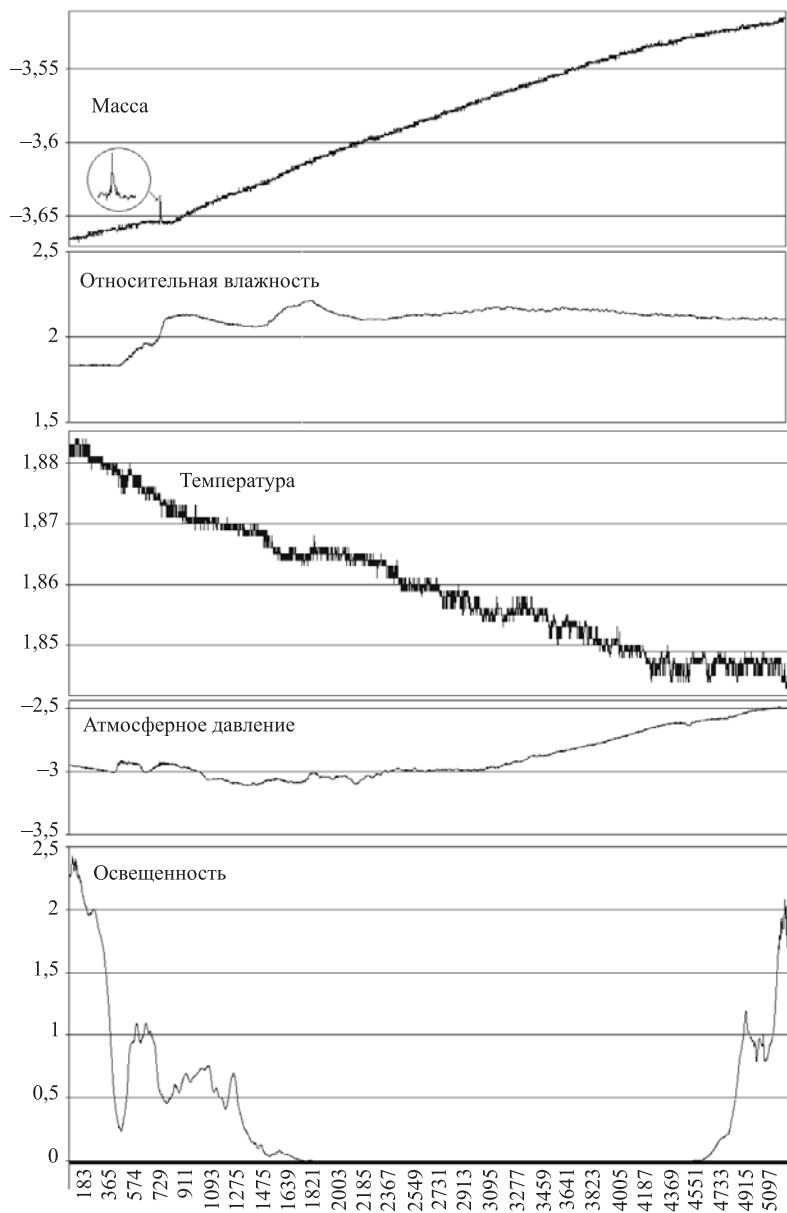


Рис. 9. Динамика массы минерала и характеристик условий наблюдения в течение 14 ч 22 мин; описание осей и масштабов см. в тексте

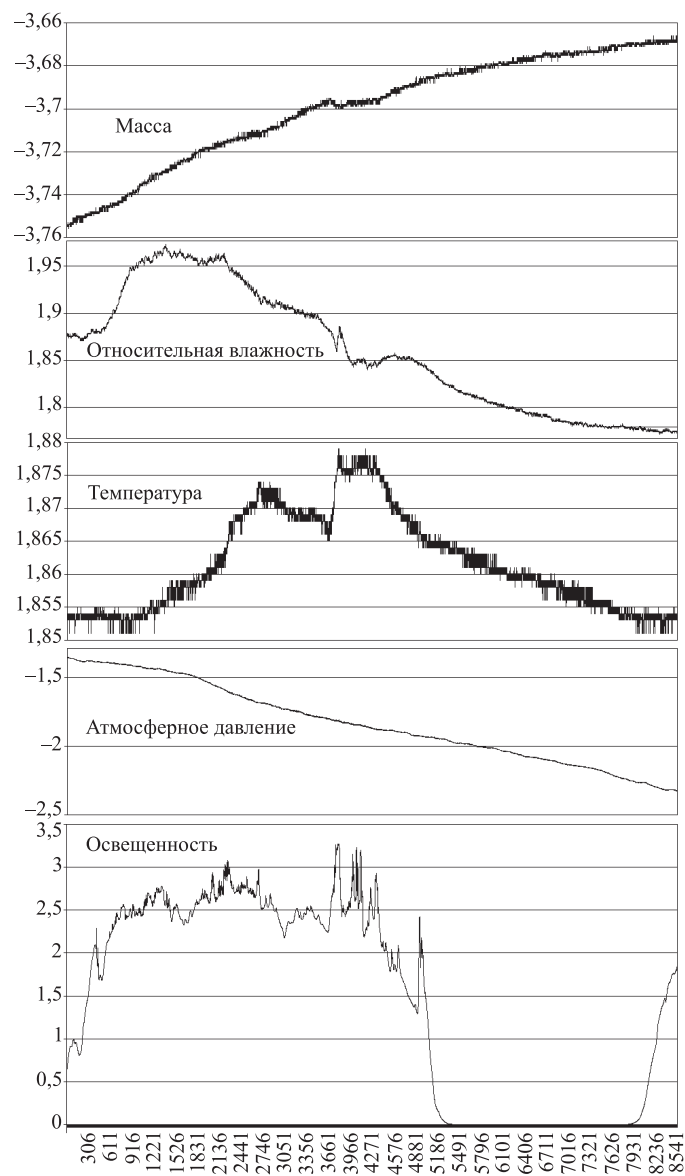


Рис. 10. Динамика массы минерала и характеристик условий наблюдения в течение суток; описание осей и масштабов см. в тексте

лам измерений каждые 60 с) в течение суток и соответствующий кросс-корреляционный анализ показывают, что изменение параметров условий в

лабораторном помещении (в том числе по относительной влажности) не обуславливает регистрируемую динамику массы (веса) минерала.

Этот почти непрерывный автоматизированный мониторинг дает возможность наблюдать интересные подробности естественной динамики массы минерала в обычных лабораторных условиях. На рис. 9 приведена многочасовая динамика массы аргиллита, когда было зафиксировано кратковременное (в течение минуты) резкое увеличение его массы (веса). На оси абсцисс — порядковый номер измерения; результаты измерения фиксировались каждые 10 с. Масштабы по оси абсцисс следующие: для массы — интервал, равный 0,05, соответствует 0,25 мг, для относительной влажности — интервал, равный 0,5, соответствует 15,8 %, для температуры — интервал, равный 0,01, соответствует 0,44 °С, для атмосферного давления — интервал, равный 0,5, соответствует 5 мм рт. ст. Погрешность измерений массы $\pm 0,12$ мг; погрешности используемых датчиков давления (MPX4115A), относительной влажности (НН-3610-004) и температуры (AD22100КТ) по их паспортным данным составляют соответственно $\pm 1,5$ % от верхнего предела, ± 2 и $\pm 0,5$ % от измеряемого значения.

Для сравнения на рис. 10 приведена суточная динамика массы того же минерала в предыдущий день. Здесь на оси ординат у ряда физических величин несколько другой масштаб, поэтому для удобства укажем, что для массы — интервал, равный 0,02, соответствует 0,1 мг, для относительной влажности — интервал, равный 0,05, соответствует 1,6 %, для температуры — интервал, равный 0,005, соответствует 0,22 °С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренное явление изменения массы вещества вследствие изменения его состояния на атомном уровне может помочь создать количественную теорию массы, поскольку открывает доступ к существенно новой информации, касающейся природы инертной массы. По-видимому, имеет смысл обратиться к детерминистской атомной физике М. Грызинского (M. Gryziński) [28], открывшей динамическую электронную структуру атомов и ключевую роль электронов в известных свойствах вещества на микро- и макроуровне. В том числе предложен конструктивный подход к интерпретации физического механизма так называемых «упругих сил», что может послужить «мостом» к моделированию свойств «массы», о которых шла речь выше.

В заключение целесообразно отметить следующее.

1. В этой статье рассматривалась только естественная динамика массы, однако масса вещества является эффективным «датчиком» и в исследовании реакции вещества на инициирующее влияние внешних необратимых процессов (см., например, [4, с. 185]).

2. В долговременных наблюдениях различных исследуемых явлений в сложных системах физики и химии, биологии и медицины имеет смысл параллельно отслеживать естественную динамику соответствующего кристалла минерала или минерального агрегата. Это позволит получить инструмент для изучения известного отсутствия строгой воспроизводимости в определенных экспериментах (особенно в биологии и медицине).
3. Для создания количественной теории массы необходимы *комплексные* экспериментальные исследования, сочетающие изучение закономерностей естественной динамики массы различного вещества и природы (учет влияния гео- и космофизических факторов, фрактальных свойств мира событий) и динамики массы вещества при его реакции на определенные инициирующие внешние необратимые процессы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Логунов А. А., Мествиришвили М. А.* Релятивистская теория гравитации. М.: Наука, 1989. 304 с.
2. *Козырев Н. А.* Астрономическое доказательство реальности четырехмерной геометрии Минковского. Проявление космических факторов на Земле и звездах. М.;Л., 1980. С. 85–93.
3. *Eganova I. A.* The World of events reality: instantaneous action as a connection of events through time // *Relativity, Gravitation, Cosmology* / Eds. V. V. Dvoeglazov, A. A. Espinoza Garrido. N. Y.: Nova Science Publishers, Inc., 2004. P. 149–162.
4. *Еганова И. А.* Природа пространства-времени. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. 271 с.
5. *Jefimenko O. D.* Causality, Electromagnetic Induction, and Gravitation. A Different Approach to the Theory of Electromagnetic and Gravitational Fields. 2nd ed. Electret Scientific, Star City, West Virginia, 2000. 210 p.
6. *Jackson J. D.* Classical Electrodynamics. 3rd ed. N. Y.: Wiley, 1999. P. 246–248.
7. *Rosser W. G. V.* Interpretation of Classical Electromagnetism. Dordrecht: Kluwer, 1997. P. 82–84.
8. *Jefimenko O. D.* Gravitation and Cogravitation. Developing Newton's theory of gravitation to its physical and mathematical conclusion. Electret Scientific, Star City, West Virginia, 2006. 367 p.
9. *Огороков В. В.* Использование когерентного возбуждения релятивистских ядер в кристалле в фундаментальных исследованиях по СТО и ОТО // УФН. 2003. Т. 173, №4. С. 448–452.

10. Pushing Gravity: new perspectives on Le Sage's theory of gravitation / Ed. M. R. Edwards. Montreal: Apeiron, 2002. 316 p.
11. *Majorana Q.* On gravitation theoretical and experimental researches // London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine [series 6]. 1920. V. 39. P. 488–479.
12. *Martins R. de A.* Majorana's Experiments on Gravitational Absorption // Pushing Gravity: new perspectives on Le Sage's theory of gravitation / Ed. M. R. Edwards. Montreal: Apeiron, 2002. P. 219–238.
13. *Cook A.* Experiments on gravitation // Three hundred years of gravitation / Eds. S. Hawking, W. Israels. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. P. 51–79.
14. *Cook A.* Experiments on gravitation // Reports of Progress in Physics. 1988. V. 51. P. 707–757.
15. *Дедов В. П. и др.* Гравитационный экранный эффект в G -экспериментах // Измерительная техника. 1999. № 10. С. 17–23.
16. *Окороков В. В.* О когерентном возбуждении ядер, пролетающих через кристалл // Ядерная физика. 1965. Т. 2, вып. 6. С. 1009–1014.
17. *Окороков В. В.* Когерентное возбуждение оптических спектров атомов, пролетающих через кристалл // Письма в ЖЭТФ. 1965. Т. 2, вып. 4. С. 175–179.
18. *Окороков В. В. и др.* О когерентном возбуждении атомов, пролетающих через кристалл // Письма в ЖЭТФ. 1972. Т. 16, вып. 11. С. 588–592.
19. *Окороков В. В.* О возможности точной экспериментальной проверки замедления хода движущихся часов с помощью когерентного возбуждения релятивистских ядер в кристалле // Письма в ЖЭТФ. 2001. Т. 74, вып. 8. С. 445–447.
20. *Шмутцер Э.* Теория относительности — современное представление. Путь к единству физики. М.: Мир, 1981. 230 с. [*Schmutzer E.* Relativitätstheorie — Aktuell/Mathematisch — Naturwissenschaftliche Bibliothek. Band 68. BSB V. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1979.]
21. *Segal I. E.* The Physics of Extreme Distances and the Universal Cosmos // The Quantum Theory of Time and Space / Eds L. Castell and C. F. von Weizsäcker. München: Carl Hanser Verlag, 1986. P. 121–137.
22. *Пригожин И.* От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. М.: Наука, 1985. 327 с. [*Prigogine I.* From Being to Becoming: Time and Complexity in the Physical Sciences. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1980.]
23. *Козырев Н. А.* О возможности уменьшения массы и веса тел под воздействием активных свойств времени // *Козырев Н. А.* Избранные труды. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. С. 395–400.

24. *Еганова И. А., Воронина Т. А., Желтоводова Т. Д.* Динамика состояния сложной системы и фрактальные свойства пространства-времени // Поиск математических закономерностей Мироздания: физические идеи, подходы, концепции / Ред. М. М. Лаврентьев. Новосибирск: Изд-во Института математики, 1999. С. 176–182.
25. *Еганова И. А., Клещев А. Г., Струминский В. И.* К проблеме геофизического мониторинга: масса кристаллов и минеральных агрегатов // Поиск математических закономерностей Мироздания: физические идеи, подходы, концепции / Ред. М. М. Лаврентьев, В. Н. Самойлов. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2006. С. 107–123.
26. *Федер Е.* Фракталы. М.: Мир, 1991. 260 с. [Feder J. Fractals. New York and London: Plenum Press, 1988.]
27. *Струминский В. И.* Установка для измерения микровариаций массы на основе лабораторных весов и вихрегокового датчика // Поиск математических закономерностей Мироздания: физические идеи, подходы, концепции / Ред. М. М. Лаврентьев. Новосибирск, 2004. С. 54–59.
28. *Грызинский М.* Об атоме точно: Семь лекций по атомной физике / Ред. М. М. Лаврентьев. Новосибирск, 2004. 94 с.

Получено 28 декабря 2007 г.

Редактор *Е. В. Сабеева*

Подписано в печать 27.03.2008.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,75. Уч.-изд. л. 2,25. Тираж 415 экз. Заказ № 56120.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/