

АПРИОРНАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ В МИРЕ СОБЫТИЙ: МЕТОДИЧЕСКИЙ КОММЕНТАРИЙ К ВВЕДЕНИЮ НОВОГО ЭТАЛОНА МАССЫ

И.А. Еганова¹

к.ф.-м.н., e-mail: eganova@math.nsc.ru

В. Каллис²

к.ф.-м.н., Dr.rer.nat., e-mail: wkallies@jinr.ru

¹Институт математики им. С.Л. Соболева, Сибирское отделение РАН, Новосибирск, Россия

²Лаборатория информационных технологий, Объединённый институт ядерных исследований, Дубна, Россия

Аннотация. Данная статья посвящена двум существенным обстоятельствам, которые следует принимать во внимание при использовании нового эталона (прототипа) массы — килограмма, прежде всего в процедуре измерения массы с помощью весов Киббла, а именно: априорной взаимосвязи в Мире событий (в пространстве-времени) и принадлежности эталона массы к сложным, структурированным объектам. В трёх разделах статьи (п. 2–п. 4) раскрываются и иллюстрируются главные черты названных выше обстоятельств, исходя (п. 1) из решения Международного комитета мер и весов по переопределению прототипа килограмма с 20 мая 2019 года. В центре внимания находится явление изменения массы сложного, организованного тела вследствие изменения его внутренней энергии, которое ассоциируется с явлением иницирующего влияния внешних необратимых процессов, принадлежащим временному аспекту объективной реальности. Теоретические соображения (п. 2) подтверждены прямым и наглядным экспериментальным материалом (п. 3 и п. 4). В заключении даны общие рекомендации, касающиеся измерения массы структурированного (на атомном уровне) тела на весах Киббла и которые следуют из рассмотренных обстоятельств.

Ключевые слова: эталон (прототип) массы, килограмм, веса Киббла, априорная взаимосвязь, Мир событий (пространство-время), структурированные объекты, открытые системы, необратимые процессы.

1. Введение

XXVI Генеральная конференция по мерам и весам (ГКМВ, 13–16 ноября 2018 года) приняла решение, которое предусматривает коренную ревизию Международной системы единиц СИ. Новая ситуация заключается в том, что

после этого решения набор из семи фундаментальных физических констант с заданными значениями полностью и жёстко фиксирует эту систему и является основой определения всех единиц измерения. Благодаря такому подходу исчезает потребность в эталонном килограмме после почти столетнего использования (III ГКМВ, 1901 год: килограмм — единица массы, равная массе международного прототипа килограмма), а он будет заменён на единицу массы, которая базируется на наборе выбранных природных констант [1]. И существующий «прототип» (эталон) более не будет определять килограмм, он станет очень точной гирькой с потенциально измеримой погрешностью [2]. Дата вступления этого решения в силу — Всемирный день метрологии 20 мая 2019 года. А ведь ещё в 1994 году считалось, что неопределённость в 2,3 мкг по отношению к эталону является хорошей основой для определения массы различных тел [3]. В тот момент все измерения проводились с использованием международного эталона килограмма, который был выпущен решением Генеральной конференции по мерам и весам в 1889 году на основе Метрической конвенции (1875) и передан на хранение Международному бюро мер и весов (МБМВ). Этот международный эталон килограмма практически не подвергается какому-либо перемещению или использованию, а его копии хранятся в национальных метрологических учреждениях по всему миру. Обратим внимание: изготовление и использование такого чрезвычайно важного артефакта как прототип килограмма на протяжении всей его истории существования происходило исключительно в сфере воззрений механики Ньютона. Представления о взаимосвязи массы и внутренней энергии, соответствующая возможность изменения массы структурированного (на атомном уровне) объекта не учитывались.

В 1889, 1948, 1989 и 2014 годах проводились верификации копий с эталоном с целью обеспечить единство измерений массы относительно эталона (верификация 2014 года не является официальной «periodic verification», так как использовался только ограниченный набор копий эталона) [4, 5]. Об этих копиях известно весьма многое, вплоть до состава сплава и их плотности; результаты названных верификаций представлены на сайте МБМВ. Считается, что однозначно обнаружены (подтверждены) изменения масс копий эталона. Можно видеть, что есть группа копий, которая даёт в среднем рост в 0,25 мкг в год, а другая — средний рост в 0,9 мкг в год, но также есть пример, когда за значительный период времени (1950–1992) зафиксировано изменение в совокупности на +0,027 мг.

Однако остался открытым естественный вопрос: а масса самого эталона не потерпела изменений? Ведь нет никаких оснований предполагать, что масса Международного прототипа килограмма более стабильна, чем масса его официальных копий. На вопрос об устойчивости его массы можно дать однозначный ответ только при сравнении с фундаментальной постоянной природы (такой, как постоянная Планка или масса атома ^{28}Si). Такие исследования ведутся в нескольких национальных лабораториях с целью переопределения килограмма относительно инвариантной и общедоступной фундаментальной константы. В то же время был предпринят и другой шаг: эволюция этого смещения массы с течением времени, начиная с 3-й периодической проверки, была математиче-

ски смоделирована, и всем соответствующим национальным метрологическим учреждениям были предоставлены исправления для предыдущих сертификатов калибровки массы за период с 2003 по начало 2014 года. Приходится констатировать, что на данный момент продолжает отсутствовать полное понимание причин изменения масс, так как моделирование не является ответом на заданный вопрос, и рекомендации МКМВ переопределить килограмм вполне обоснованы с этой точки зрения.

Предлагаемый методический комментарий имеет целью привлечь внимание к двум существенным физическим обстоятельствам, которые следует иметь в виду при использовании нового эталона массы.

2. Эталон массы в свете априорной взаимосвязи в Море событий

Учитывая современную высокую точность измерения массы, следует взглянуть на объект, казалось бы, полностью принадлежащий представлениям классической механики, каким является эталон килограмма, как на сложный *структурированный* объект.

Исторически сложилось так, что, закладывая основы механики для рассматриваемого им круга физических явлений, И. Ньютон мог ограничиться таким объектом как «массивная точка», не имеющая внутренней структуры и пребывающая в одном и том же внутреннем состоянии. Именно подобный объект фигурирует в определении «массы» как меры «количества материи»: *«Quantitas materiale est mensura ejusdem orta ex illius densitate et magnitudine conjunctim»* [6, с. 23]. (Перевод А.Н. Крылова: «Количество материи (масса) есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объёму её», см. его комментарий там же.) У Ньютона данное определение выступает как опорное для последующего формулирования аксиом или законов движения — фундамента остальных разделов [6]: трёх книг «О движении тел». Придав значимость этой интегральной основополагающей характеристике тела, Ньютон фактически превратил обыденное представление о «количестве материи» (точнее — о «количестве вещества»), существовавшее уже тысячелетия, в научный термин, зафиксировав способ измерения данной величины — в переводе Крылова: «*Определяется масса по весу тела*» [6, с. 23]¹. Как видим, в переводах труда Ньютона в качестве наименования данного понятия предпочли употреблять известный синоним «количества материи» — «массу» (см. пояснения Крылова [6, с. 23]).

Итак, рассматривалось некое абстрактное «количество вещества», ибо его вещественный состав, внутренняя структура и внутренняя энергия не конкретизировались и вообще не мыслились: речь шла именно о «материальной точке» — теле, однородном и пребывающем в одном и том же состоянии (образно говоря, в одном и том же «качестве»). Таким образом, изначально масса мысли-

¹Напомним, что устройство, используемое для измерения веса — «рычажные весы», было создано в III–II тыс. до н. э. [7, с. 352].

лась как нечто постоянное. Такое представление о рассматриваемых Ньютоном телах было естественным, допустимым и целесообразным, так как он занимался выводением *законов движения* соответствующих тел. Однако исторически сложилось так, что и вся механика, шаг за шагом, целиком строилась на идейной основе его «Математических начал натуральной философии» и их представлениях. Как и следовало предвидеть, вне инструментальных возможностей такой механики оказались все проблемы, связанные с существованием реальной действительности: с возникновением и развитием, эволюцией сложных, *структурированных* систем. Только когда они весомо возникли в повестке дня физики, начали появляться подходы к описанию и изучению организованных структурированных объектов. Подобный подход был недавно представлен в монографии В.М. Сомикова «К основам физики эволюции» [8].²

Многократно обнаружив определённую динамику внутреннего состояния (а именно массы) эталона килограмма, которая была упомянута выше в п. 1, прежде всего следовало бы обратить внимание на тот факт, что этот объект представляет собой сложное структурированное тело. А именно исследовать вопрос: не является ли наблюдаемое изменение массы эталона³ прямым следствием естественного изменения его внутренней энергии? Ибо согласно представлениям специальной теории относительности, для массы и внутренней энергии существует знаменитое соотношение Эйнштейна, и при изменении внутренней энергии масса *должна* изменяться (см. актуальные и в настоящее время методические заметки Л.Б. Окуня [12], посвящённые понятию массы). Тем более, что был известен длительный гравитационный эксперимент К. Майораны [13] в 1919 году (см. также обзор [14]), где наблюдалось уменьшение веса килограммового (1274 Г) свинцового шара на $\Delta Q = (2,09 \pm 0,07) \cdot 10^{-6}$ Г.

Приведём современную характеристику этого эксперимента из статьи [15] опытного гравитациониста-метролога В.П. Дедова: «*Опыты К. Майораны [13] — образец не превзойдённой до сих пор методической и технической чистоты тончайших гравитационных измерений. Никто не нашёл в них несовершенств, которые могли бы имитировать обнаруженный дефект веса ΔQ . Оппоненты критиковали не опыты К. Майораны, а его рабочую гипотезу (весьма сырую). При этом допускались неправомерные экстраполяции. Никто не смог повторить эксперимент К. Майораны [13] в аналогичном схемном решении и в столь же безупречном исполнении*»⁴ [15, с. 65].

²Здесь имеет смысл указать, что ожидать существенного продвижения в создании физики сложных организованных систем, в том числе в создании количественной теории массы, будет действительно реально, когда, наконец, будут задействованы *адекватные объективной реальности* представления об устройстве атомного мира — свойства и особенности его динамической электронной структуры, открытые М. Грызинским (см. обзорную статью авторов [9] и процитированную там литературу). Кроме того, необходимо полноценно воспринять и включить в свои, активно использующиеся, представления об объективной реальности априорную взаимосвязь в Мире событий, которая может обуславливать метрику пространства-времени, уже известные её свойства и особенности (см. обзорные статьи авторов [10, 11]).

³Причём достаточно согласованное между копиями эталона (см. рис. 2–9 в [3]).

⁴Заметим, что Quirino Majorana (1871–1958) — авторитетный физик-экспериментатор, Президент Общества итальянских физиков, известный своими широкими научными интересами:

Поэтому в современном глубоком, тщательном и критическом анализе гравитационного эксперимента Майораны в обзоре [14] Р. де А. Мартинс пришёл к чёткому выводу о том, что, во-первых, измерения Майораны не могут быть отвергнуты просто потому, что возможно сомневаться в их корректности или потому, что они противоречат наиболее широко принятой гравитационной теории. И во-вторых, пока улучшенное повторение экспериментов Майораны не даст нулевого результата для ΔQ , следует принять, что *имеется* наблюдаемое свидетельство существования гравитационного поглощения веществом. Здесь идёт речь о гравитационном поглощении, поскольку дефект веса ΔQ возникал именно тогда, когда свинцовый шар, который фигурировал в качестве пробного тела, был со всех сторон окружён 104-килограммовым ртутным экраном — Майорана исследовал вопрос: имеет ли место поглощение гравитации веществом?

При этом автор обзора [14], рассмотрев вопрос: *наблюдал ли Майорана именно поглощение?* — высказывает предположение, что поглощения гравитации, может быть, и не существует, а что было измерено некоторое непостоянное влияние на вес тела. Он сослался на тот факт, который давно подмечен в гравитационных наблюдениях: «*И в старых гравитационных экспериментах, и в недавних обычно обнаруживаются необъяснимые систематические эффекты*» [14, с. 237], отмеченные в работах А. Кука [16, 17], которые были посвящены 300-летию гравитационных исследований. В связи с этим авторы данной статьи в коллективной монографии [18] предложили и проанализировали другую версию для интерпретации наблюдаемой роли ртутного экрана, а именно: 104-килограммовый ртутный экран играет роль мощной антенны для приёма воздействия внешних необратимых процессов на внутреннее состояние структурированных систем (в рассматриваемом случае — ртути) и трансляции его на пробное тело гравитационного эксперимента (см. [18, с. 72–73]). Данное воздействие (не силовое по своему характеру, а по своей сути в духе кибернетики — информационное) принадлежит априорной (т.е. врождённой) взаимосвязи в Мирове событий [10]. Эта взаимосвязь может обуславливать метрику пространства-времени и (в буквальном смысле!) является фундаментальной — она, как было показано в методическом обзоре авторов [10], лежит в самом основании физической реальности — в Мирове событий. Как принадлежащая временному аспекту объективной реальности, она обладает специфическими свойствами, которые необходимо учитывать в современных прецизионных экспериментах и технологиях, где присутствуют необратимые процессы и структурированные системы. Поэтому, чтобы привлечь должное внимание к этой взаимосвязи, в обзоре [10] (как и в монографии [18]) было наглядно показано, каким образом априорная взаимосвязь в пространстве-времени обнаруживается чисто аналитическим путём, каким путём мы выходим, чисто теоретически, на представление о врождённой взаимосвязи всех необратимых процессов, в том числе происходящих в структурированных телах, и на представление о

магнитооптический и фотометрический эффекты, зодиакальный свет, радиоизлучение Юпитера, скорость света, гравитация, космология. Его экспериментальные методики никогда не критиковались и не подвергались сомнению.

дистанционной реакции внутреннего состояния сложного, организованного тела на внешний необратимый процесс. Укажем, что в монографии [18, с. 38–50] приведены наглядные примеры реакции внутреннего состояния различных структурированных систем (внутренней энергии, определённых физических характеристик тела, в том числе его массы) на иницирующее влияние внешних необратимых процессов.

Теперь вернёмся к заданному выше риторическому вопросу о том, что не является ли наблюдаемое поведение эталона массы и его копий⁵ закономерным следствием динамики их внутренней энергии. Ведь, как уже подчёркивалось выше, при изменении внутренней энергии тела его масса изменяется: в принципе, *масса не является постоянной величиной* (см. методические заметки [12]). Так что при отсутствии специального⁶ экранирования, вообще говоря, может иметь место реакция массы на внешние необратимые процессы⁷.

Вопрос о природе массы (о соотношении массы и энергии) был впервые поднят Эйнштейном в 1905 году и интересовал его, можно сказать, всю жизнь: ряд его работ по данному вопросу был опубликован в 1905, 1906, 1935 и 1946 годах. Соотношению массы и энергии Эйнштейн придавал особо важное значение, о чём свидетельствует название его последней работы по этому вопросу: *« $E = mc^2$: настоящая проблема нашего времени»* [19]. В этой работе он элементарно (и весьма доходчиво!) снял сомнения всех тех, кто, не наблюдая в обыденной жизни масштабных проявлений этого соотношения, высказывал сомнения в его справедливости, заявляя: «Но если каждый грамм вещества содержит столь большое количество энергии, то почему это обстоятельство так долго оставалось незамеченным?» [19, с. 655], что и разъяснил Эйнштейн: *«Ответ достаточно прост: до тех пор, пока энергия не выходит наружу, она остаётся незамеченной. Дело обстоит так же, как со сказочно богатым человеком, который никогда не тратит ни цента: никто не может сказать, насколько он богат»* [19, с. 655]. (Т. е. надо понимать, что изменение внутренней энергии не означает её полного немедленного выхода.) В связи с этим соотношением и его толкованием напомним, что соотношение $E = mc^2$ было получено для так называемых замкнутых, абсолютно изолированных систем (см., например, монографию В.А. Угарова [20, с. 297–299]). И укажем, что *существование априорной взаимосвязи в пространстве-времени в случае отсутствия экранирования внешних необратимых процессов означает «открытость» (незамкнутость) системы, что присуще всем природным структурированным системам.* Поэтому исследование естественной динамики массы⁸ специально подобранных открытых систем предоставляет реальную

⁵Ещё раз подчеркнём: судя по динамике, подробно представленной в обзоре [3], достаточно не случайное, а как бы согласованное.

⁶В том числе и весьма специфического — с учётом известных свойств и особенностей дистанционного влияния внешних необратимых процессов на внутреннее состояние сложных организованных систем (см. [18, с. 29–37]).

⁷Например, на упомянутую в [3] «чистку» копий эталона, при которой наблюдалось изменение их веса.

⁸Заметим: при использовании моделей Грызинского для электронной динамической структуры атомов, динамики молекулярных связей и др., см. [21].

возможность изучения взаимосвязи массы и внутренней энергии для *открытых систем*, в том числе возможности «входа» и «выхода» последней.

Реальность представлений, изложенных выше, продемонстрирована в следующих двух разделах на экспериментальном материале.

3. Естественная динамика массы

В монографии [18] развёрнуто описание многолетнего исследования динамики внутреннего состояния наземных структурированных систем, ассоциирующейся с динамикой внешних необратимых процессов. Имеются в виду крупномасштабный природный необратимый процесс весеннего интенсивного таяния снежного покрова в Новосибирске и звёздные процессы на Солнце. В данном разделе весьма сжато приводятся результаты этого исследования для того, чтобы весомо подтвердить справедливость теоретических соображений, которые были развиты в предыдущем разделе.

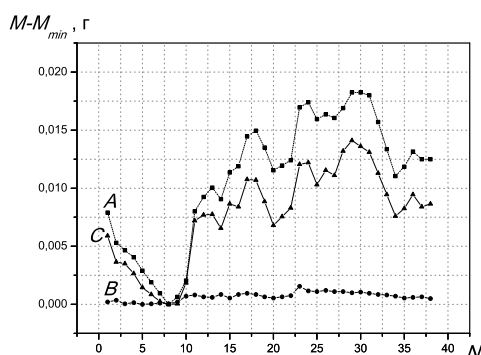


Рис. 1. Вариация массы геологических образцов A, B и C; погрешность измерений $\pm 0,00075$ г для A и B, $\pm 0,0005$ г для C (репродуцирован рис. 2.2 из [18])

су; *предметом исследования* являлась естественная динамика массы этих открытых (т. е. специально не экранированных, см. п. 2) систем в контролируемых условиях отдельного лабораторного помещения (атмосферное давление, относительная влажность, температура), а также вне его — по данным местного Гидрометеоцентра.

Здесь на рис. 1 и 2 мы приводим наглядные примеры календарной динамики массы, которая наблюдалась в новосибирском Академгородке весной 1991 и 1992 годов. По результатам первого наблюдения (которое проводилось ежедневно в определённое время, одним и тем же оператором, одним и тем же образом⁹) для наблюдения в 1992 году геологическая коллекция была увеличена

В качестве модели структурированного тела были выбраны геологические системы: минералы и минеральные агрегаты. В качестве ключевой, интегральной характеристики внутреннего состояния данной сложной организованной системы рассматривалась её масса. Так что *объектом исследования* была достаточно представительная коллекция специально подобранных геологических образцов: одинаковых и разных по своему химическому составу и структуре, по физическим свойствам ограничивающей поверхности (пористость, проницаемость и др.), по геологическому возрасту и генезису.

⁹Для измерения массы использовались аналитические весы (лабораторные равноплечие 2-го класса модели ВЛР-200г № 66–509, паспорт 1К2.790.300 ПС, «Госметр», Ленинград, 1989), которые дали возможность проводить так называемое точное взвешивание; *N.B.!*: здесь речь идёт не об *абсолютных* измерениях, т. е. когда определяется сама масса и когда необходимо

до 55 образцов так, чтобы в ней были полноценно представлены выделившиеся группы образцов с разным типом динамики их масс, что обнаружилось в первом наблюдении. Семь таких групп (*I – VII*) описано во второй главе монографии [18]. Здесь укажем, что тип динамики массы выделялся по двум его характеристикам: по значению увеличения массы ΔM за время интенсивного таяния снежного покрова и по форме линии, которая соединяет точки графика $M(N) - M_{min}$ (где M_{min} — минимальное значение M в рассматриваемый период времени) на рис. 1. При этом было обнаружено, что имеется группа (отдельные чистые кристаллы, фрагменты монокристаллов или сливные сростки кристаллов разного химического состава, структуры и возраста, а также некоторые др.) *I*, которая не даёт заметной реакции на внешний необратимый процесс: $\Delta M < 1$ мг. Поэтому образцы этой группы могут быть использованы в качестве практического наглядного контроля процедуры взвешивания (на наличие в ней источников имитации изменения веса). Так как, если в то же время, когда масса образцов группы, например *VI*, увеличивается, как на рис. 1, на 18 мг (у образца A^{10}), а образец группы *I* (в данном случае образец *B*) не показывает заметного изменения массы, это фактически означает, что «эффект весов» отсутствует.

Итак, на рис. 1 изображена календарная динамика массы трёх весьма разных геологических образцов (*A* и *C* — из группы *VI*, а *B* — из группы *I*) в период времени, который включает интенсивное таяние снежного покрова. Номер измерения N соответствует дате наблюдения: первое относится к 21 марта, последнее — к 27 апреля; интенсивное таяние пришлось на период 28 марта ($N = 8$) — 31 марта ($N = 11$). Как видим, для образцов *A* (141 г, гранат, содержащий примеси) и *C* (71 г, раковина рапаны, арагонит) размах вариации массы за всё время наблюдения составил 18 и 14 мг соответственно, а образец *B* (137 г, гранат, чистый кристалл) не дал заметной реакции (и может выступать в роли контроля «эффекта весов»).

В 1992 году интенсивное таяние снежного покрова происходило в период 10–23 апреля, см. рис. 2, где приведено календарное поведение масс двух

принимать во внимание весь набор указанных в паспорте весов возможных погрешностей: учитывать, что взвешивания могут производиться на разных весах, с использованием разных наборов гирь, в разных условиях. Речь идёт только об *относительных* измерениях, т.е. об измерении *вариации* массы на одних и тех же весах, с использованием одного и того же набора гирь. Это отдельные многочисленные измерения в определённой последовательности наблюдений в обстановке стабильности специального лабораторного помещения, *когда перед и после каждого взвешивания контролируется «нуль весов»*. Поэтому погрешность измерений указывается по её значению, которое приведено в паспорте весов в графе погрешностей «при любых включениях встроенных гирь и их комбинациях» для соответствующего диапазона величины массы. Также подчеркнём, что геологические образцы с их богатым разнообразием дали возможность с помощью сравнительного анализа оценить роль изменений относительной влажности (как и изменений плотности воздуха) в лабораторном помещении и изменений атмосферного давления, а также изменений параметров используемых весов как источников имитации наблюдаемой динамики массы образцов (см. [18, с. 78–80, 85–86], а также [18, с. 154–158]).

¹⁰Характеристика ограничивающей поверхности образца *A*: микропористость отсутствует, проницаемость нулевая.

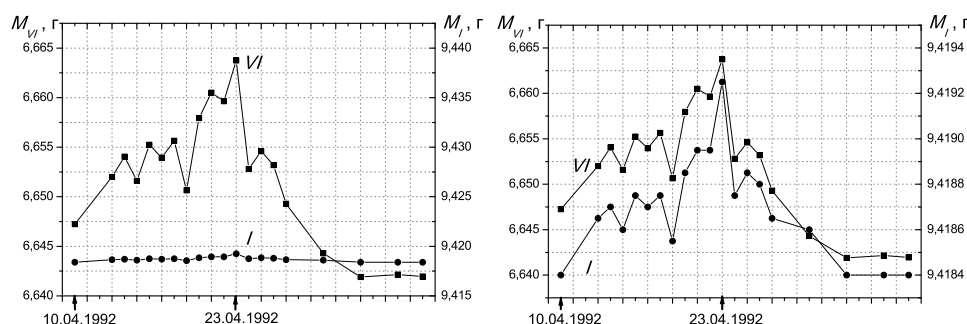


Рис. 2. Календарная динамика массы геологических образцов разных типов (из групп *I* и *VI*) — слева; справа — то же самое, при использовании другого масштаба на оси M_I . Погрешность измерений $\pm 0,00012$ г (использованы фрагменты рис. 2.6 и 2.11 из [18])

образцов: из группы *VI* (6,6 г, среднекристаллический агрегат доломита (преобладает) и слюды — мусковита, кристаллы плотно спаяны, микротрещиноватость отсутствует) и группы *I* (9,4 г, окатанная галька палеозойского гранита, 300–400 млн лет). Как видим, за период 10–23 апреля масса первого образца, M_{VI} , увеличилась на 16,5 мг (при погрешности измерений $\pm 0,12$ мг), а поведение массы второго может выступать в роли контрольного, подтверждающего отсутствие «эффекта весов». Однако стоит отметить, что незначительные колебания его массы (на уровне погрешности) при сравнении в соответствующем масштабе с M_{VI} выглядят не случайными (см. правую часть рис. 2).

Подведём итог: как видим в обоих наблюдениях, процесс весеннего таяния снежного покрова ассоциируется с увеличением массы соответствующей сложной организованной системы. Это соответствует известному (установленному Н.А. Козыревым) свойству инициирующего воздействия внешнего необратимого процесса на внутреннее состояние сложной системы, а именно: в случае процессов, сопровождающихся увеличением энтропии (как при процессе таяния снега), наблюдается упорядочение вещества материальных систем (чему, вследствие изменения внутренней энергии, соответствует, согласно представлениям [21] о динамической электронной структуре вещества, увеличение массы).

В дальнейшем (1994–1995) было проведено длительное ежедневное наблюдение в течение 375 дней. Данные по поведению массы образца группы *VI*, фигурирующего на рис. 2, представлены на рис. 3 слева. Как видим, рост массы, ассоциированный выше с процессом интенсивного весеннего таяния снежного покрова, вписывается в её общий весенний рост, начинающийся со дня весеннего равноденствия (21 марта). В настоящее время годовую динамику массы такого же идентичного геологического образца из группы *VI* отслеживает почти непрерывный геофизический мониторинг [18]¹¹. Для сравнения на рис. 3,

¹¹Мониторинг осуществляет специально созданная (В.И. Струминским, ИМ СО РАН) информационно-измерительная система (ИИС), измеряющая и записывающая каждые десять секунд следующие физические параметры: массу контролируемого образца, атмосферное давление, температуру и относительную влажность в помещении мониторинга, освещённость земной поверхности, напряжённость квазистатического электрического поля атмосферы в двух диа-

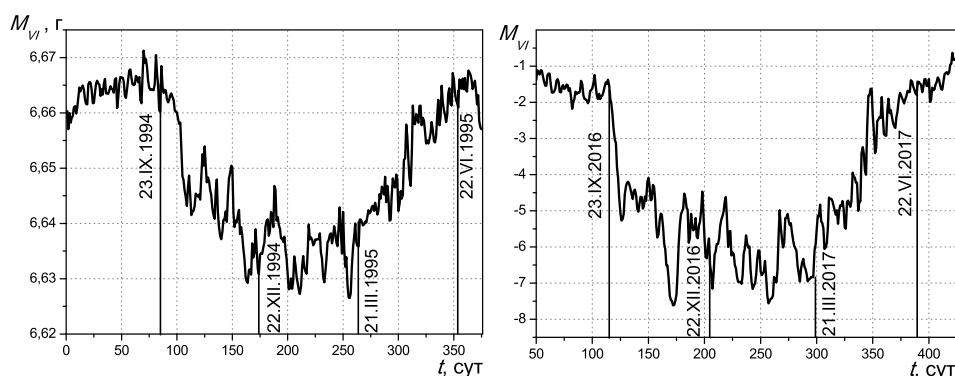


Рис. 3. Годовая календарная динамика массы геологического образца из группы VI, фигурирующего на рис. 2. Погрешность измерений $\pm 0,00012$ г (использованы фрагменты рис. 2.19 из монографии [18] — слева; справа — годовая динамика среднесуточного значения массы геологического образца, отличающегося от фигурирующего на левом графике только величиной массы (4,9 г), по данным специального геофизического мониторинга; одно большое деление на оси M_{VI} соответствует изменению массы на 5 мг, погрешность $\pm 0,12$ мг

справа, приведена годовая динамика среднесуточного значения массы образца, контролируемого данным мониторингом.

Обратим внимание: на рис. 3 специально нанесены известные астрономические даты, связанные с положением Земли на орбите — день осеннего равноденствия, день зимнего солнцестояния (перигелий), день весеннего равноденствия и день летнего солнцестояния (афелий). Как видим, динамика массы 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 четырёх земных сезонов с их характерными необратимыми процессами, особенно в биосфере.

Упомянутый выше геофизический мониторинг был задействован для того, чтобы исследовать почти непрерывно суточное поведение массы исследуемых объектов, в частности, улавливать наблюдающиеся иногда (как обнаружилось, особенно часто — в условиях высокогорья, см. рис. 2.12 и 2.13 в монографии [18, с. 88–89]) весьма кратковременные, но весьма существенные «пики» (и «антипики», т. е. «провалы») массы геологических образцов. При этом следует иметь в виду, что сложная система на Земле находится под воздействием великого множества внешних необратимых процессов, земного и космического происхождения. Из общих соображений можно предполагать, что звёздные процессы, происходящие на Солнце, по их иницирующему воздействию на состояние структурированных наземных систем являются наиболее значимыми, ключевыми для их существования. Поэтому, если предметом исследования является именно наиболее значимый в указанном смысле внешний процесс, то в качестве объекта исследования следует выбрать геологическую систему

пазонах, температуру и относительную влажность атмосферы, микросейсмы и др.

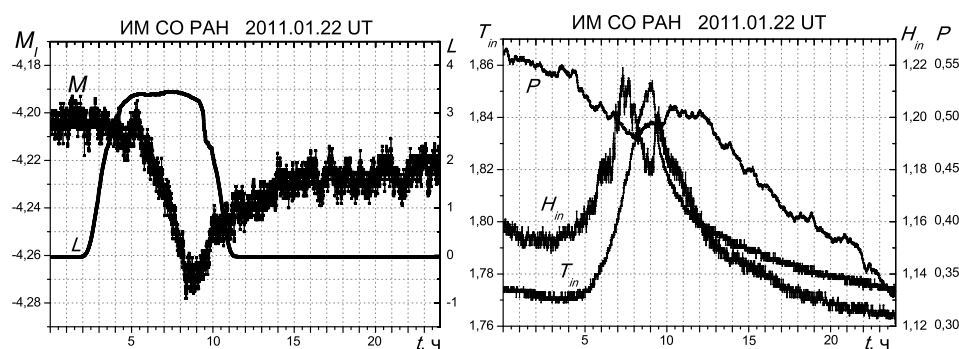


Рис. 4. Эффект суточного уменьшения массы M_I , связанного с Солнцем, и динамика условий его наблюдения: L , P , T_{in} и H_{in} . Используются единицы измерения мониторинга: изменение M_I на 0,01 адекватно изменению на 0,05 мг, такое же изменение значений T_{in} и H_{in} означает их изменение на $0,44^{\circ}\text{C}$ и 0,32 % соответственно, изменение P на 0,1 соответствует изменению на 1 мм рт. ст. (репродуцированы фрагменты рис. 4.1 и 4.4 в [18])

из группы I с малой (но не нулевой!) годовой вариацией массы. Дело в том, что весьма малая годовая вариация свидетельствует о том, что данная система реагирует в основном только на наиболее значимый фактор, тем самым выделяя его. Так что для исследований влияния фактора Солнца был выбран именно образец из группы I , который фигурирует на рис. 2 — как показало проведённое наблюдение в течение 375 дней, годовая вариация массы данного образца была порядка 1 мг.

Почти непрерывный (каждые десять секунд) мониторинг массы данного геологического образца при синхронном контроле характеристик условий измерения (температуры T_{in} и относительной влажности H_{in} в помещении мониторинга, атмосферного давления P , освещённости L земной поверхности и др.) дал возможность рассмотреть все наблюдающиеся типы суточной динамики массы и выделить особый тип — суточное уменьшение массы, ассоциирующееся с Солнцем (см. п. 4.1.1 в [18, с. 135–145]). При этом было установлено, что этот тип динамики массы (см. левый график на рис. 4) наблюдается только при достаточной прозрачности земной атмосферы (о чём свидетельствовало поведение освещённости L , см. рис. 4.1 и 4.2 в [18, с. 136–137]) и когда Солнце находится высоко над горизонтом — t в диапазоне $5 \div 8,5$ ч (UT), что соответствует известным свойствам явления инициирующего воздействия внешних необратимых процессов на внутреннее состояние сложных организованных систем (см. [18, с. 33–37]).

Обоснованный окончательный вывод о Солнце (точнее, о процессах на Солнце) как источнике наблюдаемого воздействия на величину массы геологического образца был сделан на основании наблюдений в Новосибирске во время полного солнечного затмения (1 августа 2008 г.) и многочисленных искусственных «затмений» Солнца, которые создают массивные высотные здания-башни в окрестности мониторинга. Эти экспериментальные данные представлены в следующем разделе.

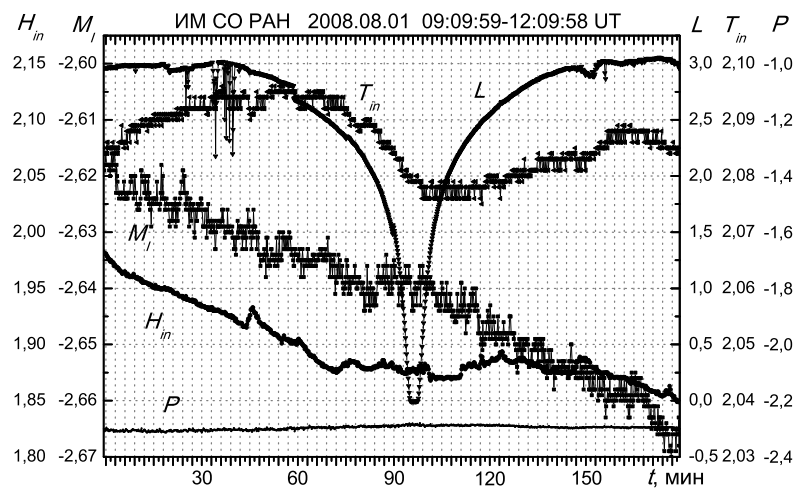


Рис. 5. Минутная динамика массы M_I и характеристик условий наблюдения в течение трёх часов, которые включают полное солнечное затмение. Описание масштабов на осях M_I , T_{in} , H_{in} и P дано в подписи к рис. 4 (репродуцирован рис. 4.9 в [18])

4. Экранирование массы: природное и искусственное

Астрономическое явление затмения Солнца массивным телом — Луной (т. е. экранирование влияния солнечных процессов) даёт возможность выявить роль фактора Солнца в динамике массы сложной организованной системы. Действительно, полное солнечное затмение дало нам возможность увидеть и записать в деталях кратковременное «выключение» влияния солнечных процессов на наземную систему. ИИС мониторинга чётко зафиксировала: в Новосибирске при наличии благоприятных атмосферных условий наблюдавшееся уменьшение контролируемой массы M_I прекратилось за 15 минут до наступления нулевой освещённости L (когда уже перекрыто порядка 50 % солнечного диска) и возобновилось (с той же скоростью) через несколько минут после окончания нулевой освещённости (см. рис. 5).

Итак, фактический материал ИИС мониторинга подтвердил гипотезу о Солнце как источнике наблюдаемого эффекта суточного уменьшения массы при соответствующих условиях. Однако одного этого наблюдения (1 августа 2008 г.) во время полного солнечного затмения для обоснованного окончательного вывода, разумеется, недостаточно — для этого был необходим большой наблюдательный материал. Возможность его получения, не дожидаясь полных затмений Солнца, предоставило расположение мониторинга в Новосибирске. Дело в том, что, во-первых, в Новосибирске в те годы наблюдались весьма благоприятные атмосферные условия для обнаружения и регулярного наблюдения рассматриваемого связанного с Солнцем суточного уменьшения массы контролируемого образца. И во-вторых, мониторинг неожиданно обнаружил, что в зимние месяцы, когда Солнце не поднимается высоко над горизонтом, оно «заходит» за здания-башни, которые расположены в окрестности мониторинга, и немедленно наступает искусственное затмение — это чётко фиксирует

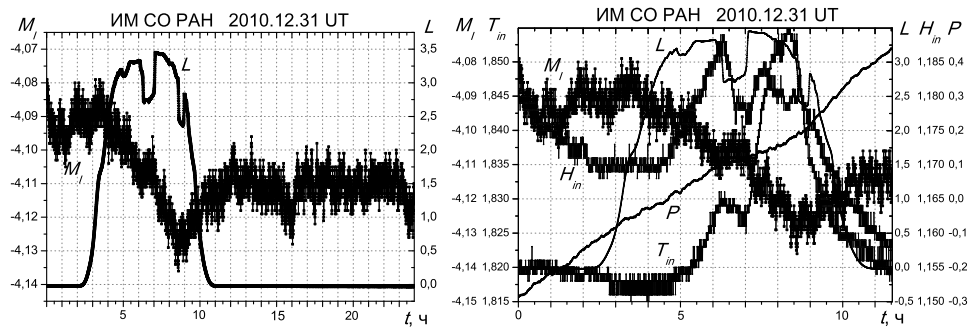


Рис. 6. Суточная динамика M_I и L — слева, справа — более подробное поведение M_I и характеристик условий измерения L , T_{in} , H_{in} и P в течение 11,5 часов. Величина масштабов на осях та же, что на рис. 5 (репродуцирован рис. 4.11 в [18])

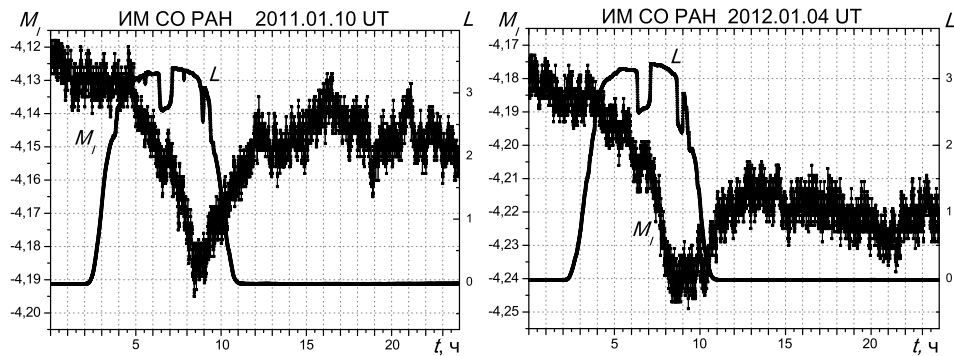


Рис. 7. Дополнение к рис. 6 (репродуцирован рис. 4.12 в [18])

динамика освещённости L , а одновременно с этим ИИС мониторинга записывает прекращение наблюдаемого уменьшения массы образца, что можно видеть на рис. 6. Сравните поведение M_I и L , когда время t находится в диапазоне $6 \div 7$ ч (UT), а также в диапазоне $8,5 \div 9$ ч (UT).

Таким образом, почти непрерывный мониторинг чётко показывает, что, как только массивное здание-башня экранирует Солнце, наблюдаемый суточный эффект уменьшения массы M_I прекращается на время этого экранирования — масса начинает увеличиваться. Ежегодно мониторинг предоставлял десятки таких записей. Для примера на рис. 6 и 7 приведены такие записи, относящиеся к разным годам. Этот обширный фактический материал заставил нас сделать вывод о проявлении фактора Солнца в естественной динамике массы наземной сложной системы.

5. Заключение

Главной целью двух последних разделов, п. 3 и п. 4, было убедительно показать на прямом и наглядном экспериментальном материале, что действительно имеет место реакция внутреннего состояния структурированного (на атомном

уровне) тела на инициирующее влияние внешних необратимых процессов, о котором шла речь в п.2. А именно: показать, что **1)** интегральная, ключевая характеристика внутреннего состояния такого тела — масса может изменяться (когда изменяется внутренняя энергия), и **2)** имеет место определённая ежегодная динамика среднесуточного значения массы соответствующих геологических образцов (на примере образца группы VI), которую, по-видимому, обуславливает определённая периодичность внешних природных (наземных и космических) процессов. Другими словами, *подвести к выводу, что наблюдаемые вариации массы эталона килограмма, в принципе, не удивительны, тем более те, которые наблюдались.*

Разумеется, в роли эталона должны быть использованы тела с чрезвычайно ничтожной, нулевой вариацией массы. В наших исследованиях динамики массы объектов наиболее индифферентными по отношению к внешним лабораторным необратимым процессам (испарение жидкого азота и др.) показали себя золото и платина высокой пробы, ювелирные алмазы и опалы. Этот факт подтверждает целесообразность изготовления эталона килограмма из платины.

В заключение о крайне важном — условия хранения и процедура измерения массы эталона и его копий должны учитывать, что **1)** все наземные системы (специально не экранированные) находятся в мировом океане инициирующих внешних необратимых процессов (прежде всего следует рассмотреть возможное влияние процессов, которые находятся в окрестности эталона), и **2)** взвешивание на весах Киббла — чрезвычайно сложный эксперимент с участием квантового эффекта Холла и эффекта Джозефсона. Так что целесообразно предварительно проконтролировать влияние процессов, которые присутствуют в измерениях, на результаты измерения. Также необходимо длительное (не меньше года) достаточно подробное слежение за динамикой массы эталона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Davis R. The SI unit of Mass // Metrologia. 2003. V. 40. P. 299–305.
2. Gläser M., Borys M. Precision mass measurements // Rep. Prog. Phys. 2009. V. 72. P. 126101(1–32). doi:10.1088/0034-4885/72/12/126101
3. Girard G. The Third Periodic Verification of National Prototypes of the Kilogram (1988–1992) // Metrologia. 1994. V. 31. P. 317–336.
4. Stock M., Barat P., Davis R.S., Picard A., Milton M.J.T. Calibration Campaign against the International Prototype of the Kilogram in Anticipation of the Redefinition of the Kilogram Part I: comparison of the international prototype with its official copies // Metrologia. 2015. V. 52. P. 310–316.
5. Snegov V.S., Kamenskikh Yu.I., Viktorov I.V. Comparison of Duplicate Standards with the National Primary Standard for the Unit of Mass in 2014–2015 // Measurement Techniques. 2017. V. 59, No. 10. P. 1125–1131.
6. Ньютон И. Математические начала натуральной философии // Крылов А.Н. Собрание трудов. Т. 7. М.; Л. : Изд-во АН СССР, 1936. С. 1–696.
7. Храмов Ю.А. Физики: Биографический справочник. 2-е изд. испр.и дополн. М. : Наука, ГРФМЛ, 1983. 400 с.

8. Сомсиков В.М. К основам физики эволюции. Алматы, 2016. 306 с.
9. Еганова И.А., Каллис В. О моделировании нейтрона в классической физике: методический обзор // Письма в ЭЧАЯ. 2016. Т. 13, № 2(200). С. 403–417.
10. Еганова И.А., Каллис В. Основание Мира Минковского как математической структуры: к ответу на вопрос Римана // Математические структуры и моделирование. 2017. № 4(44). С. 33–48.
11. Еганова И.А., Каллис В. Физика для геологии: об объективной реальности Мира событий // УГЖ. 2018. № 4(124). С. 3–18.
12. Окунь Л.Б. Понятие массы. (Масса, энергия, относительность) // УФН. 1989. Т. 158, вып. 3. С. 511–530.
13. Majorana Q. On gravitation. Theoretical and experimental researches // London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine [series 6]. 1920. V. 39. P. 488–504.
14. 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.
15. Дедов В.П. К вопросу о природе нецентральности гравитационного поля Луны // Поиск математических закономерностей Мироздания: физические идеи, подходы, концепции / Под ред. М.М. Лаврентьева, В.Н. Самойлова. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2006. С. 63–68.
16. Cook A. Experiments on gravitation // Three hundred years of gravitation / Eds. S. Hawking, W. Israel. Cambridge : Cambridge University Press, 1987. P. 51–79.
17. Cook A. Experiments on gravitation // Rep. Prog. Phys. 1988. V. 51. P. 707–757.
18. Еганова И.А., Каллис В., Самойлов В.Н., Струминский В.И. Геофизический мониторинг *Дубна–Научный–Новосибирск*: фазовые траектории массы. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2012. 188 с.
19. Эйнштейн А. $E = mc^2$: настоящая проблема нашего времени // Собрание научных трудов. М. : Наука, 1966. Т. 2. С. 653–656.
20. Угаров В.А. Специальная теория относительности. М. : Наука, 1977. 383 с.
21. Грызинский М. Об атоме точно: Семь лекций по атомной физике. Новосибирск, 2004; М. : Editorial URSS, 2005. 94 с.

INNATE INTERCONNECTION IN THE WORLD OF EVENTS: METHODOICAL COMMENTARY ON THE INTRODUCTION OF A NEW MASS STANDARD

I.A. Eganova¹

Ph.D.(Phys.-Math.), e-mail: eganova@math.nsc.ru

W. Kallies²

Ph.D.(Phys.-Math.), Dr.rer.nat., e-mail: wkallies@jinr.ru

¹Sobolev Institute of Mathematics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

²Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

Abstract. This paper is devoted to the two essential circumstances that should be taken into account when using the new standard (prototype) of mass — the kilogram, primarily, in the procedure of measuring mass by means of the Kibble balance, i.e.: the innate interconnection in the World of events (in space-time) and the belonging of the mass standard to complex structured objects. In the three sections of the paper (sec. 2–sec. 4) the main traits of the mentioned above circumstances are discussed and illustrated, due to (sec. 1) the decision of the International Committee for Weights and Measures on redefining the prototype of the kilogram after 20 May 2019. In the limelight is a phenomenon of change of mass of a complex organized object due to change of its inner energy that is associated with the phenomenon of initializing influence of external irreversible processes that belongs to temporal aspect of the objective reality. Theoretical considerations (sec. 2) are supported with direct and clear experimental material (sec. 3 and sec. 4). In conclusion, general recommendations on measuring mass of structured (on atomic level) object by means of the Kibble balance, that follow from the discussed circumstances, are given.

Keywords: mass prototype, kilogram, Kibble balance, innate (a priori) interconnection, World of events (space-time), structured objects, open systems, irreversible processes.

REFERENCES

1. Davis R. The SI unit of Mass. *Metrologia*, 2003, V. 40, pp. 299–305.
2. Gläser M. and Borys M. Precision mass measurements. *Rep. Prog. Phys.*, 2009, V. 72, pp. 126101(1–32). doi:10.1088/0034-4885/72/12/126101
3. Girard G. The Third Periodic Verification of National Prototypes of the Kilogram (1988–1992). *Metrologia*, 1994, V. 31, pp. 317–336.
4. Stock M., Barat P., Davis R.S., Picard A., and Milton M.J.T. Calibration Campaign against the International Prototype of the Kilogram in Anticipation of the Redefinition of the Kilogram. Part I: comparison of the international prototype with its official copies. *Metrologia*, 2015, V. 52, pp. 310–316.
5. Snegov V.S., Kamenskikh Yu.I., and Viktorov I.V. Comparison of Duplicate Standards with the National Primary Standard for the Unit of Mass in 2014–2015. *Measurement Techniques*, 2017, V. 59, no. 10, pp. 1125–1131.

6. N'yuton I. Matematicheskie nachala natural'noi filosofii. Krylov A.N., Sobranie trudov., V. 7. Moscow; Leningrad, AN SSSR Publ., 1936, pp. 1–696. (in Russian)
7. Khramov Yu.A. Fiziki: Biograficheskii spravochnik, 2-e izd., ispr. i dopoln. Moscow, Nauka GRFML Publ., 1983, 400 p. (in Russian)
8. Somsikov V.M. K osnovam fiziki evolyutsii. Almaty, 2016, 306 p. (in Russian)
9. Eganova I.A. and Kallies W. On Modeling the Neutron in Classical Physics: Methodical Review. Phys. Part. Nuclei Lett. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1547477119030130#Bib1>.
(in Russian)
10. Eganova I.A. and Kallis V. Osnovanie Mira Minkovskogo kak matematicheskoi strukturny: k otvetu na vopros Rimana. Matematicheskie struktury i modelirovanie, 2017, no. 4(44), pp. 33–48. (in Russian)
11. Eganova I.A. and Kallis V. Fizika dlya geologii: ob ob"ektivnoi real'nosti Mira sobytii. UGZh, 2018, no. 4(124), pp. 3–18. (in Russian)
12. Okun' L.B. Ponyatie massy. (Massa, energiya, otnositel'nost'). UFN, 1989, V. 158, iss. 3, pp. 511–530. (in Russian)
13. Majorana Q. On gravitation. Theoretical and experimental researches. London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine [series 6], 1920, V. 39, pp. 488–504.
14. 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, pp. 219–238.
15. Dedov V.P. K voprosu o prirode netsentral'nosti gravitatsionnogo polya Luny. Poisk matematicheskikh zakonomernostei Mirozdaniya: fizicheskie idei, podkhody, kontseptsii. Pod red. M.M. Lavrent'eva, V.N. Samoilova, Novosibirsk, Akademicheskoe izd-vo "Geo", 2006, pp. 63–68. (in Russian)
16. Cook A. Experiments on gravitation. Three hundred years of gravitation. Eds. S. Hawking, W. Israels, Cambridge, Cambridge University Press, 1987, pp. 51–79.
17. Cook A. Experiments on gravitation. Rep. Prog. Phys., 1988, V. 51, pp. 707–757.
18. Eganova I.A., Kallis V., Samoilov V.N., and Struminskii V.I. Geofizicheskii monitoring *Dubna–Nauchnyi–Novosibirsk*: fazovye traektorii massy. Novosibirsk, Akademicheskoe izd-vo "Geo", 2012, 188 p. (in Russian)
19. Einshtein A. $E = mc^2$: nastoyatel'naya problema nashego vremeni. Sobranie nauchnykh trudov. Moscow, Nauka Publ., 1966, V. 2, pp. 653–656. (in Russian)
20. Ugarov V.A. Spetsial'naya teoriya otnositel'nosti. Moscow, Nauka Publ., 1977, 383 p. (in Russian)
21. Gryzinskii M. Ob atome tochno: Sem' lektsii po atomnoi fizike. Novosibirsk, 2004; Moscow, Editorial URSS Publ., 2005, 94 p. (in Russian)

Дата поступления в редакцию: 24.03.2019