

ЭКСПЕРИМЕНТЫ, ЖДУЩИЕ СВОЕГО ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ

DOI: 10.22363/2224-7580-2021-4-50-59

ПРИНЦИП МАХА И СПЕКТР МИКРОСЕЙСМ

В.А. Панчелюга*, М.С. Панчелюга

*Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН
Российская Федерация, 142290, Московская обл., Пушино,
ул. Институтская, д. 3*

Аннотация. В статье рассматриваются возможные экспериментальные следствия предположения, что физическая реализация принципа Маха может быть связана с некоторым колебательным процессом между гравитирующими массами. Отмечается, что в этом случае ожидаемая феноменологическая картина оказывается близка к той, которая была получена в ходе исследований спектров микросейсмических колебаний Земли В.А. Дубровским. Дано описание экспериментов В.А. Дубровского, а также краткая история лаборатории, в которой они были выполнены. Рассматриваются возможные направления дальнейших экспериментальных исследований.

Ключевые слова: принцип Маха, спектр микросейсм, периоды, флуктуации, собственные колебания Земли.

Введение

Принцип Маха (ПМ), наряду с принципом относительности и принципом эквивалентности, мыслился А. Эйнштейном в качестве одного из оснований теории относительности на ранних этапах ее создания [1]. В настоящее время данный принцип является одним из «столпов» реляционной парадигмы [2–3].

Говоря о ПМ, обычно, используется его определение, данное Эйнштейном: «...обусловленность сил инерции тел воздействием на них со стороны всей окружающей материи мира» [1. С. 62]. Но за время, прошедшее с момента создания теории относительности, стало понятным, что не только

* E-mail: victor.panchelyuga@gmail.com

силы инерции, а и многие другие локальные свойства физического мира могут зависеть от его глобальных свойств. В качестве одного из наиболее ярких примеров можно отметить связь между числом Эддингтона ($N \sim 10^{80}$), характеризующим число барионов во Вселенной, и некоторыми параметрами микромира. Так, между N и классическим радиусом электрона: $r = e^2/mec^2$ может быть записано отношение $R \sim rN^{1/2}$, где R – радиус Вселенной [1].

Поэтому в серии работ [2–3] была предложена более общая формулировка принципа Маха: «...обусловленность локальных свойств материальных образований закономерностями и распределением всей материи мира» [1. С. 62]. Таким образом, в приведенной формулировке, ПМ утверждает о связи по принципу «всё-со-всем» и неявно утверждает мгновенную соотнесенность между любыми физическими объектами Вселенной.

Мгновенная соотнесенность¹, реализация ПМ по принципу «всё-со-всем» требует нелокальной взаимосвязи между объектами Вселенной. В противном случае ход физических процессов, значения фундаментальных констант будут зависеть, в первую очередь, от локального окружения, а не от числа *всех* барионов во Вселенной. Вместе с тем рассмотренное выше соотношение между числом Эддингтона и классическим радиусом электрона, говорит о том, что должен быть также локальный механизм связи между ПМ и отдельными физическими системами. Наличие такой локальной связи синонимично наблюдаемости, экспериментальной проявленности ПМ.

Итак, ПМ требует, с одной стороны, нелокальной взаимосвязи между объектами Вселенной, а с другой – локальной проявленности этой взаимосвязи объектов в виде, например, локальных сил инерции, соотношения между числом Эддингтона и локальными параметрами микромира и т.д. Конструкции, сочетающие как возможность нелокальной связи, так и возможность ее локальных проявлений были рассмотрены в серии работ [4–7] по исследованию элементарных отношений. В этих работах показано, что с концепцией локальности связан единственный тип отношений – двухполярные, полярность p которых $p = 2$, так как они характеризуются наличием двух полярных атрибутов. Любые типы отношений с $p > 2$ являются нелокальными. Связи, возможные для данного элементарного отношения полярности p , даются его спектром компенсированных состояний (КС). Как показано в работах [4-7], минимальная полярность отношений, для которой реализуется взаимосвязь его нелокальных и локальных свойств, составляет $p = 6$, или в более общем случае $p = 3n \times 2p$, $n = 1, 2$ [4].

В случае $n = 1$ мы имеем простейший случай связи нелокального $3p$ -КС и локального $2p$ -КС в рамках $6p$ -отношения. Более интересным является случай $n = 2$, который приводит к $12p$ -отношению. При этом в спектре КС данного отношения кроме нелокальных $3p$ -КС присутствуют также $4p$ -КС, связанные с волновыми процессами, и локальные $2p$ -КС, которые могут выражаться в наличии некоторого колебательного процесса или статической

¹ Авторы осознают, что, говоря о нелокальности, не совсем «законно» использовать такие понятия, как «мгновенный», «скорость» и т.д. То есть в широком смысле – любые конструкции, связанные с понятиями пространства и времени.

взаимосвязи. То есть в рассматриваемом случае нелокальный характер ПМ ($p = 3$) может иметь локальные проявления в виде некоторого волнового или колебательного процесса.

Наличие такого процесса может иметь экспериментально наблюдаемые проявления. Действительно, предположим, что существует некоторый колебательный процесс, связанный с расстояниями между звездными объектами:

$$v_i = \frac{C}{L_i}, \quad (1)$$

где v_i – частота, L_i – расстояние Земля – i -й звездный объект, C – скорость распространения. Предположим, что Земля находится в центре сферы радиуса L . Тогда, с ростом L , в определенный момент появляется L_1 -й звездный объект с самой низкой частотой v_1 . Следом – на расстоянии L_2 второй объект, которому будет соответствовать своя частота v_2 , и т.д. Так как в общем случае с увеличением L число объектов $N(L)$ растет по степенному закону, то, начиная с некоторого расстояния, их число внутри сферы будет достаточно большим, а индивидуальные вклады станут неразличимыми и сольются в сплошной гладкий фон.

Таким образом, исходя из отмеченного нелокально-локального характера ПМ и предположения о полярности реализующей его взаимосвязи $p = 3n \times 2p$ ($n = 1, 2$), земной наблюдатель вправе ожидать, что, исследуя некоторую тест-систему, он будет наблюдать спектр с пиками на частотах v_i , который постепенно становится гладким и возрастает по степенному закону при $v_i \rightarrow 0$.

Именно такой спектр был обнаружен В.А. Дубровским в ходе исследований спектров микросейсм. Эти исследования и лаборатория, в которой они проводились, кратко описаны в следующих разделах.

1. Штольни. История исследований В.А. Дубровского

В начале XX в. императором Николаем II было принято решение о возведении в Крыму сооружений береговой обороны. В Казачьей бухте Херсонесского полуострова в 1913 г. по проекту генерала Н.А. Буйницкого началось строительство башенной батареи № 35. В 1918 г. вследствие революционных изменений в стране работы были остановлены. Но уже в 1924 г. советские власти возобновили строительство этой батареи, завершившееся в 1927 г. возведением одного из наиболее мощных фортификационных артиллерийских сооружений береговой обороны СССР.

Первые боевые выстрелы батарея сделала 7 ноября 1941 г. и находилась в боевом строю вплоть до 1942 г., когда, после героической обороны, Севастополь был сдан, а орудия батареи и погреб с боеприпасами – взорваны. Приказом Народного комиссара ВМФ от 4 декабря 1943 г. башенная батарея № 35 была исключена из состава ВМФ как погибшая при выполнении боевых заданий. После войны она не восстанавливалась.

В 1986 г. в правом командном пункте 35-й батареи и его потерне была оборудована геофизическая лаборатория Симферопольского государственного университета им. М.В. Фрунзе, в которой проводились исследования литосферных деформаций [8].

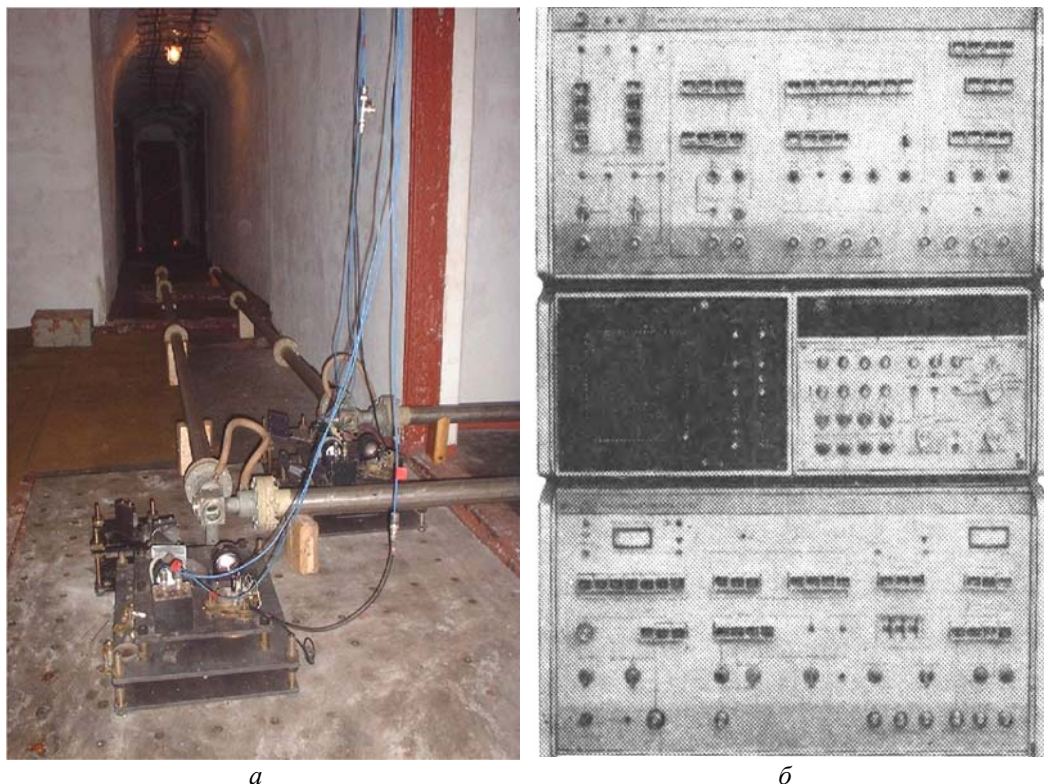


Рис. 1. Лазерный интерферометрический комплекс, с использованием которого регистрировались спектры микросейсм (а); анализатор спектра СК4-72 (б)

Для этого в подземных сооружениях правого дальномерного поста батареи № 35, вырубленных в известняке, на глубине около 20 м был установлен равноплечный лазерный интерферометрический комплекс, собранный по оптической схеме Майкельсоновского типа с ортогонально расположенными плечами длиной по 5,2 м, рис. 1а). Плечи были размещены на постаментах, имеющих жёсткую связь с коренной породой.

Так как измерительный объём лаборатории отделялся от земной поверхности большим числом люков и дверей, это обеспечило в нём высочайшую стабильность температуры: годовые вариации не более 0,2 К, а суточные – $4 \cdot 10^{-3}$ К. Для повышения стабильности температуры лазер интерферометра, как основной тепловыделяющий элемент, располагался в специальной комнате, отделённой от измерительного объёма закрывающейся дверью. Для ввода излучения в интерферометр использовалась система поворотных зеркал, а для устранения влияния конвекционных движений воздуха – пластиковые трубы, установленные вдоль хода лазерных лучей.

Описываемая система позволяла измерять изменения длины оптического пути в плечах интерферометра в диапазоне частот от нуля до 1000 Гц. Порог

чувствительности системы слежения за интерференционной полосой, приведённый к единичному диапазону частот, составлял $3 \cdot 10^{-12}$ м/Гц^{1/2} в полосе 0,01 – 100 Гц. Важным достоинством методов лазерной интерферометрии является их абсолютность, так как измеряемая величина сравнивается с длиной волны лазерного излучения, которая известна с высокой точностью. Равноплечный лазерный интерферометр обеспечивал порог чувствительности на уровне 10^{-10} – 10^{-12} при измерении длиннопериодных деформаций, не прибегая к использованию уникальных по стабильности частоты лазеров и без создания высокого вакуума в плечах интерферометра.

2. Исследования В.А. Дубровского: спектр микросейсм и расстояния до ближайших звездных объектов

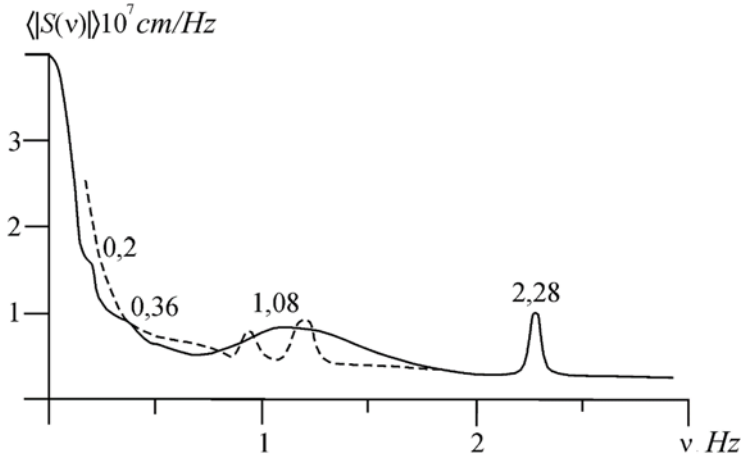
Работы В.А. Дубровского по исследованию зависимости амплитуды микросейсмического фона от частоты проводились с 1987 по 1993 г. в геофизической лаборатории в это время уже Таврического университета (до этого – Симферопольский государственный университет им. М.В. Фрунзе, сейчас – Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского). Они опубликованы в работах [10-13].

Измерения микросмещений скальных пород выполнялись с использованием описанного выше интерферометрического комплекса [8-9]. Сигнал с выхода интерферометра подавался на аналоговый, 200-канальный анализатор спектра СК4-72, рис. 1б). Суммарный спектр получался на основе 1024 реализаций сигнала интерферометра длительностью 40 с каждая, то есть в результате непрерывной работы всего комплекса аппаратуры в течение примерно 14 ч [13]. На рис. 2а показан усредненный спектр микросейсмического фона в диапазоне 0,1–5 Гц, а на рис. 2б – в диапазоне 0,1–2 Гц, после накопления фонового сигнала с выхода интерферометра. Пунктирная кривая на рис. 2а – вычисленное распределение звездного гравитационного потенциала с учетом монотонной части микросейсмического фона, нормированная так, чтобы совпадали величины на пунктирной и сплошной кривых при 2.28 Гц [13]. Как следует из рис. 2, на суммарных спектрах выделяются шесть пиков в районе частот 2.3, 1.0, 0.9, 0.6, 0.4, 0.2 Гц. За период с 1987 по 1992 г. было проведено около двух десятков сеансов и во всех случаях наблюдались суммарные спектры, подобные представленным на рис. 2а, б с пиками на тех же частотах. Также отмечается, что характер представленных на рис. 2 кривых в разные годы оказывался одинаковым [13].

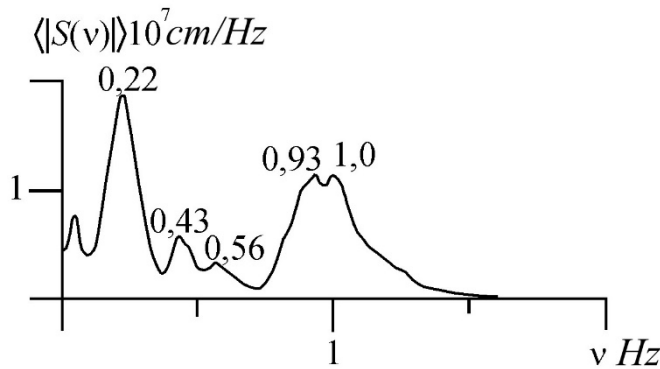
Так как не было найдено ни техногенных, ни естественных сейсмогенных факторов, ответственных за пики на указанных частотах, была проанализирована их возможная космофизическая обусловленность. Оказалось, что существуют массивные звездные объекты на расстояниях L_i , равных: 1.3, 2.7, 3.5, 5.0, 8.1, 11.1 пк [14–15]. Все эти шесть расстояний L_i можно взаимно однозначно сопоставить с шестью частотными пиками ν_i , на суммарном спектре с помощью (1). При этом каждому частотному пику сопоставляется соответствующее расстояние примерно с одной и той же константой C , имеющей

размерность скорости и равной $C \sim 3 \cdot 10^{19}$ см/с. В.А. Дубровский отмечает, что «...никаких других пиков, не соответствующих концентрациям масс в диапазоне расстояний 1.3-11.1 пк, нет. Так же, как нет и концентраций звездных масс на каком-либо расстоянии в указанном диапазоне, не соответствующих наблюдаемым пикам» [13. С. 80].

а



б



в

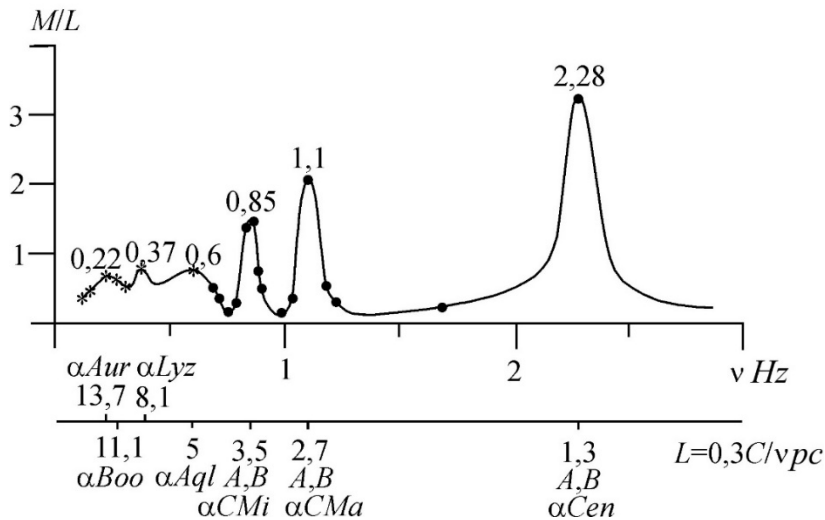


Рис. 2. Усредненный спектр микросейсмического фона в диапазоне 0,1-5 Гц (а); то же в диапазоне 0,1-2 Гц (б); расчетное распределение гравитационного потенциала ближайших звездных объектов (в). Источник: [10]

На рис. 2в показано расчетное распределение гравитационного потенциала всех ближайших звезд ($L < 4$ пк, жирные точки), а также ближайших ярчайших звезд ($4 < L < 13.7$ пк, звездочки). Масса M дана в массах Солнца. Внизу рис. 2в, согласно выражению $L = 0,3C / v$, приведена шкала расстояний в парсеках и отмечены ближайшие звездные объекты и расстояния L_i до них. αAur - αCen обозначают α -звезды созвездий в стандартных астрономических обозначениях [14–15]. A , B обозначают двойные звезды. Значения v_i даны возле соответствующих пиков гравитационного потенциала рис. 2в. Видно, что каждый пик на рис. 2а и рис. 2б соответствует пику на рис. 2в. То есть можно говорить о взаимной связи спектра земных микросейсм с распределением наиболее массивных объектов в ближайшей окрестности Солнечной системы [13].

Также, необходимо отметить наличие монотонно растущей при $v_i \rightarrow 0$ компоненты фона на рис. 2а. Как отмечается в [13], эта компонента может описываться эмпирическим законом $A \sim 1/v^2$.

Заключение

В письме С.Э. Шнолю 21 марта 2003 г. В.А. Дубровский пишет: «Хочу сообщить, что я проделал ту же самую (что и для Севастопольских данных) процедуру сравнения микросейсмического фонового спектра с распределением звездных масс, но для Аризонских данных. Получил к моей неописуемой радости то же самое, но в более низкочастотной части микросейсмического спектра. При этом Севастопольские и Аризонские результаты достаточно хорошо перекрываются (совпадая) на трех пиках. Таким образом, более уверенно (поскольку измерения микросейсм сделаны в существенно разных точках и разными приборами) можно утверждать, что, во-первых, звезды вызывают микросейсм и тем самым как-то влияют на нашу жизнь, и, во-вторых, скорость гравитационных волн на 9 порядков больше скорости света».

Таким образом, исходя из всей совокупности проведенных экспериментов, можно считать, что В.А. Дубровским открыто устойчиво воспроизводимое явление. Авторская трактовка полученных результатов основывается на гипотезе о резонансно-волновом взаимодействии в системе «Земля-звезды», осуществляемом при помощи гравитационных волн и приводящем к условию связи частоты фоновых микросейсм ν_c расстоянием до звезд L согласно (1). Предполагается, что амплитуда микросейсм P должна быть пропорциональна количеству звездных масс, находящихся на расстоянии L . Поскольку это количество растет пропорционально квадрату расстояния, то с учетом (1)

$$P \sim L^2 \sim \frac{1}{v^2}. \quad (2)$$

То есть, как следует из (2), амплитуда микросейсм возрастает на низких частотах обратно пропорционально квадрату частоты. В силу быстрого увеличения с расстоянием количества звездных объектов индивидуальное влияние каждого из них нивелируется и вливается в общий гладкий фон.

В итоге приводит к гладкой кривой зависимости амплитуды микросейсм от частоты в области малых частот.

Таким образом, выявляется единая картина соотношения микросейсмического фона с распределением звездных масс как вблизи Солнечной системы (высокочастотная составляющая микросейсм), так и в дальнем космосе (гладкая низкочастотная часть спектра), то есть выявляется механизм, определяющий общие черты микросейсмического спектра.

Важно отметить, что, говоря о гравитационных волнах, В.А. Дубровский имеет в виду, в первую очередь, свои работы [16–17], в которых «физический вакуум рассматривается как упругая среда, а материальные частицы как особые точки, дефекты этой среды. На основе уравнений движения упругой среды показано, что поперечные волны, распространяющиеся в такой среде, могут быть отождествлены с электромагнитными волнами, а продольные – с гравитационными. При этом скорость гравитационных волн оказывается на девять порядков выше скорости электромагнитных» [18. С. 5]. То есть приведенные в настоящей статье экспериментальные работы [10–13] можно считать подтверждением теоретических результатов [16], которые вышли из печати за два года до того, как были начаты эксперименты в геофизической лаборатории под Севастополем.

Говоря о продолжении работ, В.А. Дубровский отмечает, что в случае планет Солнечной системы должны существовать аналогичные резонансные пики, соответствующие волновому взаимодействию Земли с Луной (~ 238 МГц), Солнцем (~ 0,6 МГц), Венерой (0,36–2,2 МГц), Юпитером (100–146 кГц), Сатурном (58–71,6 кГц). Пики, соответствующие Венере, Юпитеру или Сатурну, должны изменять свое частотное положение в указанных пределах в зависимости от изменения расстояния между Землей и этими планетами в процессе орбитального движения вокруг Солнца. Нахождение этих пиков могло бы служить дополнительным подтверждением существования волнового взаимодействия в системе «Земля–звезды».

Необходимо отметить, что в случае существования отмеченного волнового взаимодействия в системе «Земля – планеты Солнечной системы» это взаимодействие должно определенным образом возмущаться в случае, когда Земля и другие небесные тела выстраиваются в одну линию. Такие «возмущения» давно известны и описаны в большом числе экспериментальных работ [19–22]. Наиболее часто такие феномены отмечаются в максимуме лунных и солнечных затмений. На наш взгляд, они могут служить косвенным подтверждением гипотезы В.А. Дубровского.

В то же время результаты исследований спектров микросейсмических фоновых флуктуаций, полученные В.А. Дубровским, по нашему мнению, служат подтверждением выдвинутого во введении предположения, связанного с принципом Маха, и могут послужить важной отправной точкой в дальнейших экспериментальных исследованиях локальных проявлений данного принципа.

Литература

1. *Владимиров Ю.С., Терещенко Д.А.* Развитие представлений о принципе Маха // *Метафизика*. 2019. № 1 (31). С. 62–74.
2. *Владимиров Ю.С.* Метафизика и фундаментальная физика. Кн. 3: Реляционные основания искомой теории. М.: ЛЕНАНД, 2018. 256 с.
3. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция Лейбница–Маха. М.: ЛЕНАНД, 2017. 232 с.
4. *Панчелюга В.А.* Основы теории элементарных отношений // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*. 2009. 2 (12). Т. 6. С. 176–195.
5. *Панчелюга В.А.* Основания физики и теория элементарных отношений // *Метафизика*. 2018. № 1 (27). С. 86–92.
6. *Панчелюга В.А., Панчелюга М.С.* Типы элементарных отношений и варианты их применения // *Метафизика*. 2019. № 1 (31). С. 89–108.
7. *Панчелюга В.А.* Элементарные отношения и базовые философские и физико-математические категории // *Метафизика*. 2020. № 2 (36). С. 82–106.
8. *Боборыкина О.В., Насонкин В.А., Панков Ф.Н.* 25 лет геофизическим исследованиям в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского // *Сейсмологический бюллетень Украины за 2010 год*. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2011. С. 189–199.
9. *Нестеров В.В.* Большебазовые лазерные интерферометры в геофизических исследованиях. Симферополь: Таврия, 1996. 285 с.
10. *Dubrovskiy V.A.* Measurements of the gravity waves velocity. 2001. URL: arXiv:astro-ph/0106350 (accessed: 15.08.2021).
11. *Дубровский В.А.* Связь фона микросейсм с космическими объектами и гравитационные волны // *Геофизические процессы в нижних и верхних оболочках Земли: сборник научных трудов ИДГ РАН*. М.: Институт динамики геосфер РАН. 2003. Кн. 1. С. 268–274.
12. *Dubrovskiy V.A.* A correlation of a microseism background with space object distributions // *Moscow University Mechanics Bulletin*. 2004. Vol. 59. No. 5. P. 9–12.
13. *Дубровский В.А.* Связь фона микросейсм с космическими объектами // *Избранные задачи физики Земли*. М.: ИФЗ РАН, ООО «Буки-Веди», 2014. С. 78–83.
14. *Аллен К.У.* Астрофизические величины. М.: Мир, 1977.
15. *Куликовский П.Г.* Справочник астронома-любителя. М.: Физматгиз, 1961.
16. *Дубровский В.А.* Упругая модель физического вакуума // *Докл. АН СССР*. 1985. 282. С. 83–88.
17. *Дубровский В.А.* Упругая модель физического вакуума // *Избранные задачи физики Земли*. М.: ИФЗ РАН, ООО «Буки-Веди», 2014. С. 73–77.
18. *Дубровский В.А.* Избранные задачи физики Земли. М.: ИФЗ РАН, ООО «Буки-Веди», 2014. 114 с.
19. *Shnoll S.E., Panchelyuga V.A.* On the characteristic form of histograms appearing at the culmination of solar eclipse. URL: physics/0603029, 2006. 11 p.
20. *Shu Wen Zhou.* Abnormal physical phenomena observed when the Sun, Moon and Earth are alined // *21st Century*. 1999. P. 55–61.
21. *Saxl E.W., Allen M.* Solar Eclipse as “Seen” by a Torsional Pendulum // *Phys. Rev.* 1971. D3. R 823.
22. *Zhou S.W., Huang B.J.* Abnormalities of the Time Comparisons of Atomic Clocks during the Solar Eclipses // *Il Nuovo Cimento*. 1992. Vol. 15C. No. 2. P. 133–137. DOI: 10.1007/BF02507608

MACH'S PRINCIPLE AND MICROSEISM SPECTRUM

V.A. Panchelyuga*, M.S. Panchelyuga

*Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of RAS
3 Institutskaya St, Pushchino, Moscow Region, 142290, Russian Federation*

Abstract. The paper discusses possible experimental consequences of the assumption that physical realization of the Mach's principle can be associated with some oscillatory process between gravitating masses. It is noted that in the case expected phenomenological picture turns out to be close to that obtained in the course of studies of the Earth microseismic noise spectra by V.A. Dubrovsky in 1987–1993. The article describes Dubrovsky's experiments as well as a brief history of the laboratory in which they were performed. Possible directions for further experimental research are considered.

Keywords: Mach's principle, microseisms spectrum, periods, fluctuations, Earth natural oscillations.

* E-mail: victor.panchelyuga@gmail.com