

ПРИРОДА ПУЛЬСАЦИЙ НЕПРИЛИВНЫХ ВАРИАЦИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

Ю. В. Антонов

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 8 сентября 2017 г.

Аннотация: ранее при анализе неприливых вариаций силы тяжести были выявлены так называемые пульсации силы тяжести. Пульсации силы тяжести приурочены преимущественно к осенне-зимнему периоду. Природа пульсаций объясняется метеорными потоками. В весенне-летний период пульсации, несмотря на повышенное часовое число почти на порядок перед зимними метеорными потоками, практически не появляются. Это можно объяснить разной плотностью метеорных потоков. Изменение плотности метеорных потоков можно использовать для изучения палеоклиматических изменений на Земле.

Ключевые слова: неприливые вариации силы тяжести, пульсации силы тяжести, метеорные потоки, сезонность метеорных потоков.

THE NATURE OF THE PULSATION OF THE NON-TIDAL GRAVITY VARIATIONS

Abstract: earlier in the analysis of non-tidal variations of gravity were identified with the so-called surge of gravity. Pulsation of gravity is confined mainly to the autumn-winter period. The nature of the pulsations is due to meteor streams. In the spring and summer, the pulsations are almost there. This can be explained by different density of meteor streams. The change in the density of meteor streams can be used to study paleo-climatic changes on Earth.

Keywords: non-tidal variations of gravity, pulsation of gravity, meteor showers, seasonal meteor showers.

Введение

В прошлом и настоящем велись и ведутся мониторинговые измерения гравитационного поля, которое меняется во времени. Прежде всего, обращают внимание на лунно-солнечные вариации силы тяжести, которые образуют волнообразный пакет колебаний. Кроме измеряемых лунно-солнечных вариаций силы тяжести существуют другие гравитационные колебания различной амплитуды и периодов, которые (колебания) образуются в недрах Земли, ближнем и дальнем космосе. Одним из таких проявлений могут служить так называемые пульсации гравитационного поля, которые впервые были выявлены и частично исследованы автором [1–4] при анализе неприливых вариаций силы тяжести. Попытаемся объяснить природу выявленных пульсаций силы тяжести.

Исходные данные

для анализа неприливых вариаций

Исходным материалом для данной статьи послужили мониторинговые наблюдения силы тяжести на Геодинамическом полигоне РАН в г. Бишкек (Киргизстан) с помощью гравиметра SG – 5 AUTOGRAV. Прибор установлен в штольне с постоянной темпера-

турой около 8° примерно в 30 км от города, так что помехи техногенного характера практически отсутствуют. Использованы также сейсмические наблюдения в Воронеже (пункт Сторожевое ГС РАН в Центрально-Черноземном районе). Указанный пункт расположен в центре Русской платформы, где практически отсутствуют помехи, присущие тектонически активным регионам (гг. Бишкек и Владивосток). Для сравнения выбраны сейсмические данные из-за того, что мониторинговых гравиметрических данных на Русской платформе у автора нет [3].

Методика обработки и интерпретации неприливых вариаций силы тяжести

Наблюдаемые значения силы тяжести представляют собой лунно-солнечные вариации, осложненные региональным фоном (чаще линейным). Региональный фон обусловлен смещением нуля-пункта прибора, а также влиянием внешних факторов [1–4]. Чтобы получить неприливную вариацию силы тяжести необходимо удалить лунно-солнечные вариации и региональный фон. После соответствующей обработки наблюдаемых вариаций силы тяжести получается так называемая неприливая вариация силы тяжести, на

которой выделяются пульсации. Наиболее быстрым и удобным способом пульсации вычисляются с помощью метода осреднения [2]. Кроме того, метод осреднения очень предпочтителен при вычислении сейсмических пульсаций [3].

В пульсациях гравитационного и сейсмического полей проявляется четкая сезонность (рис. 1–4). Пульсации проявляются в основном в осенне-зимний период и практически не наблюдаются летом. Начнем с пульсации силы тяжести, наблюдавшейся в марте 2015 г. (рис. 1а). Пульсация достаточно интенсивная и, самое главное, очень продолжительная (почти две недели). Пульсации соответствуют повышенные значения среднеквадратической погрешности единичного измерения, что характерно для пульсаций всегда (рис. 1б). Аналогичны гравиметрическим пульсациям в г. Бишкеке сейсмические пульсации в г. Воронеже (рис. 1г). Совпадение пульсаций в Бишкеке и Воронеже показывает, что пульсации носят глобальный характер, о чем

упоминалось ранее [1–4]. Спустя месяц того же года (рис. 2 а, б, г) наблюдается пульсация, но меньшей амплитуды и вдвое меньшей длительности. Пульсации носят периодический характер, повторяясь из года в год (рис. 3, 4). Амплитуды и форма пульсаций несколько с течением времени меняются. Отмечаются сдвиги дат начала и конца пульсаций.

Ранее уже делалась попытка увязать пульсации гравитационного и сейсмического полей с метеорными потоками [1–4]. Подтверждением этой связи служат следующие факты. Прежде всего, пульсации по времени совпадают с метеорными потоками.

Другим не менее важным фактором является уменьшение интенсивности магнитотеллурических токов во время пульсаций. Обратимся к рис. 3в и 4в, на которых приведены данные измерения магнитотеллурического поля H_z в г. Бишкеке. Гравиметрическим и сейсмическим пульсациям соответствует уменьшение интенсивности теллуриков.

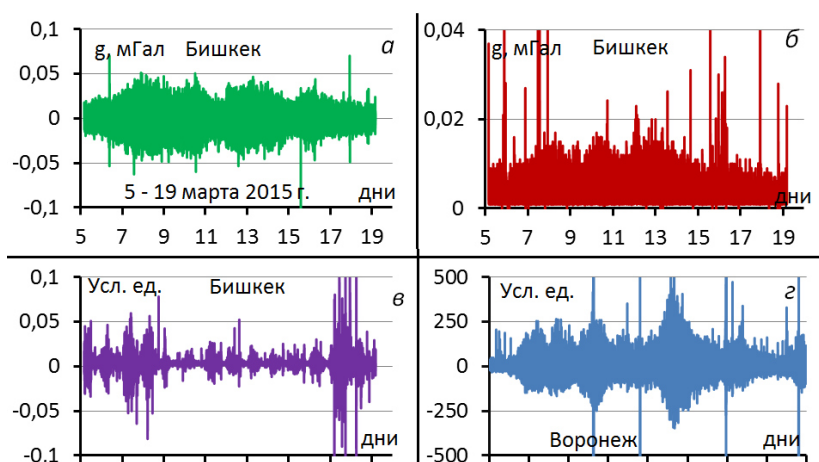


Рис. 1. Пульсации непривливых вариаций силы тяжести и сейсмического поля в марте 2015 г: а – пульсации силы тяжести; б – среднеквадратическая погрешность измерений силы тяжести; в – наблюдаемые вариации магнитотеллурического поля; г – пульсация сейсмического поля.

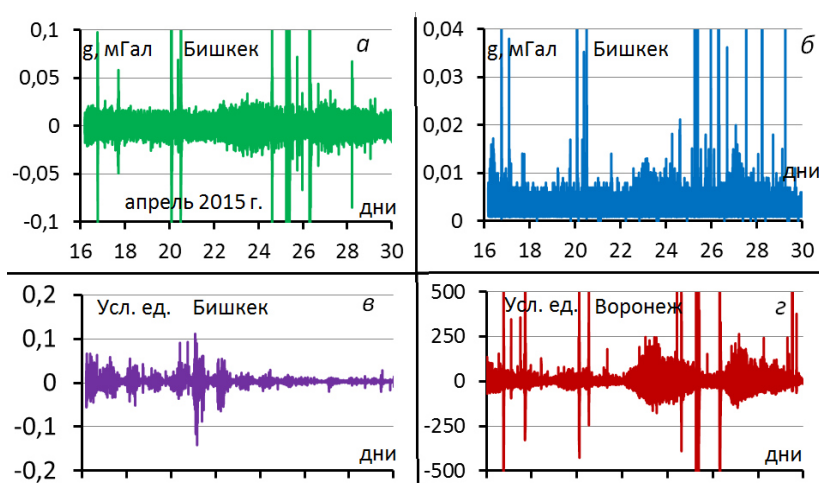


Рис. 2. Пульсации непривливых вариаций силы тяжести и сейсмического поля в апреле 2015 г: а – пульсации силы тяжести; б – среднеквадратическая погрешность измерений силы тяжести; в – наблюдаемые вариации магнитотеллурического поля; г – пульсация сейсмического поля.

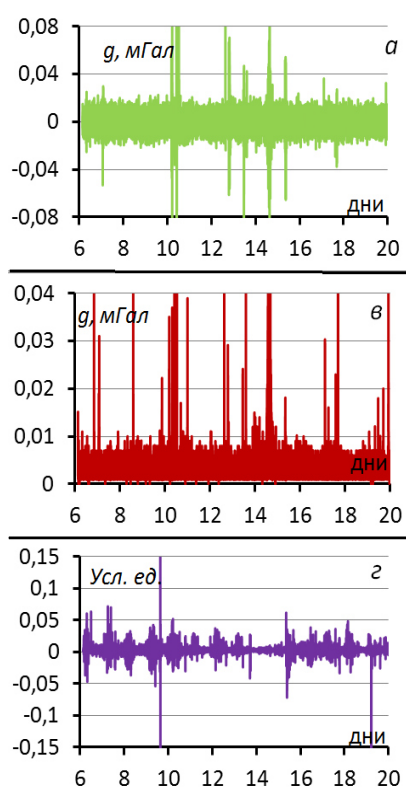


Рис. 3. Пульсации непривливых силы тяжести в августе 2017 г: а – пульсация силы тяжести; б – среднеквадратическая погрешность измерений силы тяжести; в – вариация магнитотеллурического поля (H_z); г – пульсация сейсмического поля.

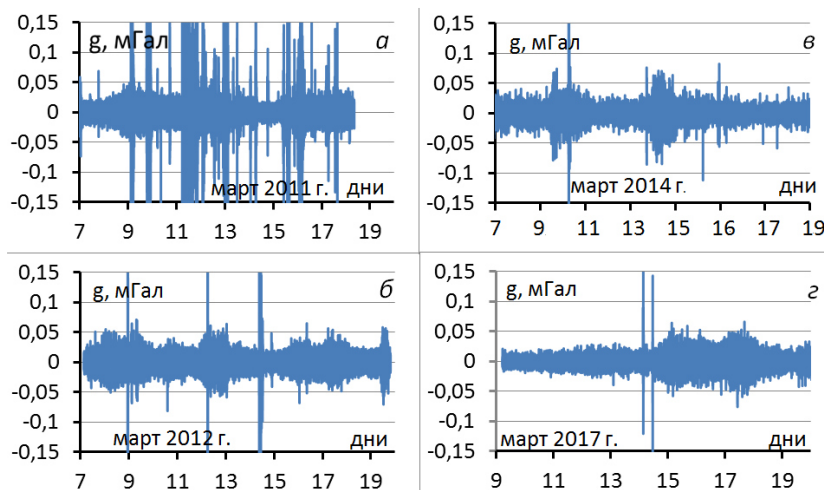


Рис. 4. Пульсации неприливых вариаций силы в марте месяце с 2011 по 2017 гг.: а - пульсации неприливых вариаций за 2011г.; б - пульсации неприливых вариаций за 2012г.; в - пульсации неприливых вариаций за 2014г.; г - пульсации неприливых вариаций за 2017 г.

Как это может происходить? Переменное естественное электромагнитное поле Земли (магнитотеллурическое поле) порождается электрическими токами в ионосфере, дальними грозами и другими источниками. Переменное магнитное поле по закону электромагнитной индукции создает вихревые электрические поля. Электрическое поле порождает в проводящей земле электрический ток, у которого, в свою очередь, имеется свое магнитное поле. Наиболее интенсивные по амплитуде теллурики наблюдаются во время корональных вспышек на Солнце.

Наличие пульсаций силы тяжести указывает на наличие метеорного потока. Если этот поток окажется между Солнцем и Землей, то он перекрывает путь заряженным частицам (свету) от Солнца и ослабляет их воздействие на магнитосферу Земли и далее на магнитотеллурическое поле. Ведь метеорный поток – это космическая пыль. Несмотря на низкую плотность, эта пыль все-таки поглощает потоки заряженных частиц, идущих от Солнца. Кроме того, помимо уменьшения амплитуды магнитотеллурического поля идет параллельно процесс уменьшения переноса тепла на Землю, что влияет на погоду.

Что же касается плотности метеорных потоков, то

следует отметить следующее. В пульсациях гравитационного и сейсмического полей проявляется четкая сезонность [1–4]. Пульсации проявляются в основном в осенне-зимний период. Но Земля пересекает метеорные потоки в течение всего года. В весенне-летний период наблюдаются наиболее яркие метеорные дожди. Например, наиболее зрелищный метеорный поток Персеиды (середина августа месяца) практически не вызывает пульсаций. Пульсации очень слабые (рис. 5а, б), они более или менее проявляются на кривой H_z (рис. 5в). За предыдущие годы летом пульсации (рис. 6) практически не отмечаются. А метеорному потоку гамма-Нормид (март месяц), у которого зенитное число на два порядка меньше, чем у Персеид, соответствуют интенсивные и длительные пульсации. Это объясняется тем, что плотность метеорного потока в астрономии, так сложилось исторически, оценивается зенитным часовым числом – количеством наблюдаемых метеоров за час. Наблюдаемые метеоры создаются наиболее крупными частицами, а плотность метеорного потока чаще определяется мелкими частицами. Таким образом, по амплитуде пульсаций можем судить о плотности метеорного потока.

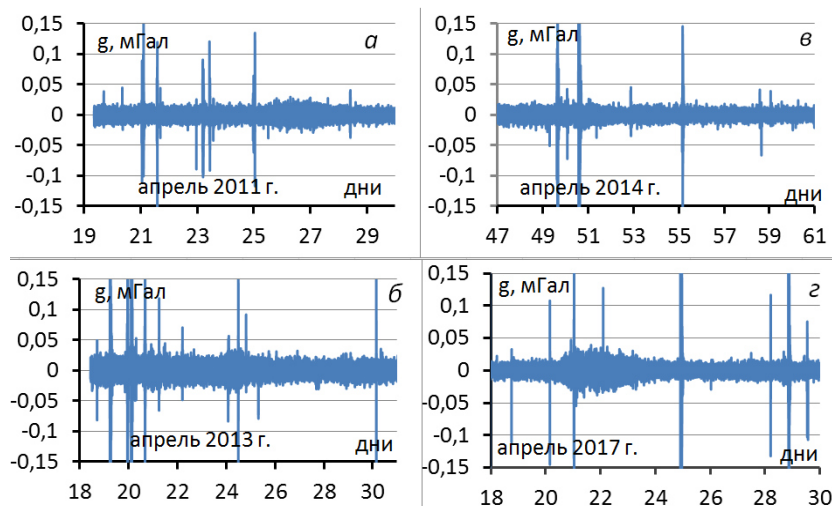


Рис. 5. Пульсации неприливых вариаций силы в апреле месяце с 2011 по 2017 гг.: а - пульсации неприливых вариаций за 2011 г.; б - пульсации неприливых вариаций за 2013 г.; в - пульсации неприливых вариаций за 2014г.; г - пульсации неприливых вариаций за 2017 г.

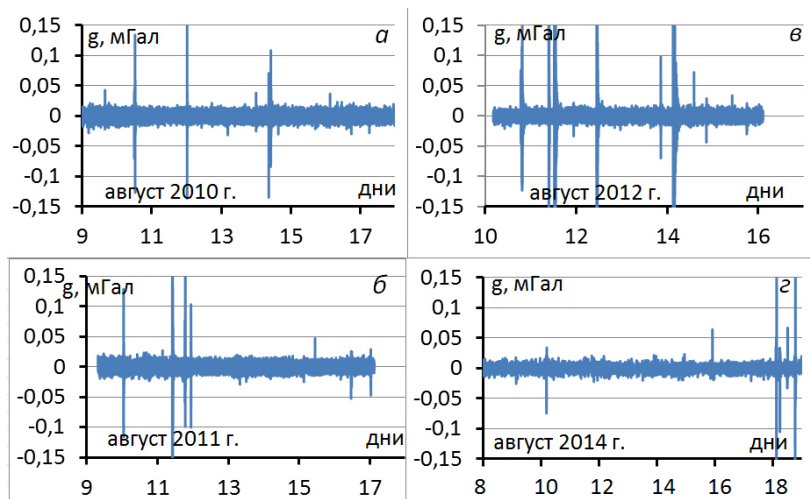


Рис. 6. Пульсации неприливных вариаций силы в августе месяце с 2010 по 2014 гг.: а - пульсации неприливных вариаций за 2010 г.; б - пульсации неприливных вариаций за 2011 г.; в - пульсации неприливных вариаций за 2012 г.; г - пульсации неприливных вариаций за 2014 г.

Обсуждение результатов

Наличие пыли в атмосфере Земли влияет на изменение погоды. Этот факт не оспаривается и известен давно [7–15]. Пыль в атмосфере появляется в результате экзо – и эндогенных процессов происходящих на Земле (пыльные бури, выброс пепла вулканами) и за счет поступления из космоса (космическая пыль, метеорные потоки). Пыльные бури носят относительно локальный характер, сопровождаются сильными ветрами, дождями или снегом (иногда с полным закрытием солнечного диска). Температура воздуха, как правило, понижается. Чаще всего бури носят сезонный характер.

Выбросы вулканического пепла тоже происходят регулярно и особых погодных изменений за пределами вулканов не вызывают. Но в истории человечества были случаи, когда извержения вулканов приводили к глобальным изменениям климата. Можно привести в качестве примера взрыв вулкана Тамбора (Индонезия). Высота вулкана Тамбора к апрелю 1815 года достигала 4300 метров, извержение вулкана Тамбора в 1815 году привело к сокращению его высоты до нынешних 2700 метров. Извержение случилось 10 апреля 1815 года. Столб пепла и дыма поднялся на высоту около 44 км. Раскат грома от взрыва был слышен на острове Суматра за 2500 км. Облака пепла распространились до западных берегов Явы и юга острова Сулавеси, что в 900 км от вулкана. Физика последствий катастрофы такова. Когда произошло извержение вулкана Тамбора, высвободилось количество энергии в 800 мегатонн, что можно сравнить со взрывом 50 тысяч атомных бомб, подобных сброшенной на Хиросиму. Извержение было в восемь раз сильнее всем известного извержения Везувия и в четыре раза мощнее случившегося позже извержения вулкана Кракатау. Извержение вулкана Тамбора подняло в воздух 160 кубических километров твердого вещества, толщина пепла на острове достигла 3 метров. Неимоверные объемы пепла и серосодержащих газов достигали стратосферы, поднимаясь на высоту более 40 км. Пепел закрывал солнце от всего живого, находившегося на расстоянии 600 км вокруг вулкана.

Миллионы тонн диоксида серы, выделившиеся при извержении, в том же 1815 году достигли Экватора, а уже на следующий год вызвали изменения климата в Европе, явление это было названо тогда «годом без лета». Во многих странах Европы тогда выпадал коричневый и даже красноватый снег, летом в Швейцарских Альпах почти каждую неделю был снег, а средняя температура в Европе была ниже на 2–4 градуса. Такое же понижение температуры наблюдалось и в Америке.

Ученые смогли определить, что за последние 10 тыс лет произошло четыре подобных извержения. До вулкана Тамбора подобная катастрофа случилась в 1257 году на соседнем острове Ломбок. Сюда же можно отнести взрыв вулкана Кракатау в 1883 г. в Индонезии.

Но в летописной истории, начиная со Средневековья, известны случаи, когда наблюдались аномальные явления никак несвязанные с взрывами вулканов. Это так называемый малый ледниковый период. В России малый ледниковый период озаменовался, в частности, исключительно холодным летом в 1601, 1602 и 1604 годах, когда морозы ударили в июле – августе, а снег ложился в начале осени. Необычные холода повлекли за собой неурожай и голод, а как следствие, по мнению некоторых исследователей – стали одной из предпосылок к началу Смутного времени. Можно привести многочисленные примеры суровых зим и засух в Европе. Достаточно подробная сводка аномальных явлений изменения погоды приведена в обстоятельной монографии [5].

Чем же можно изменить подобные аномалии в изменении климата? Многие исследователи считают [5, 8, 9–13, 15, 16], что причиной таких отклонений является воздействие космической пыли и космического излучения на атмосферу Земли. Климат на Земле в конечном счете зависит от баланса поглощенной и отраженной солнечной энергии. Чем выше отражательная способность планеты – альbedo – тем ниже приповерхностная температура и холоднее климат. Современный климат нашей планеты во многом определяется высоким уровнем поглощения тепла в

атмосфере, связанным с парниковым эффектом. Без парникового эффекта, как показывают результаты исследований, на Земле наступил бы ледниковый период. Альbedo Земли в значительной степени зависит от двух факторов – количества пыли в верхних слоях атмосферы и количества облаков. Пылевые частицы «заслоняют» поверхность Земли от солнечного света и отражают излучение обратно в космос.

Гипотеза ученых заключается в том, что на климат может влиять пыль космического происхождения – метеорные частицы из так называемого зодиакального пылевого облака, расположенного между Солнцем и орбитой Марса [5, 8, 9–12]. Точных данных по объему «поставок» космической пыли на Землю не существует, по разным данным, на поверхность Земли может попасть от 400 до 10 тысяч тонн пыли в сутки.

Изменения количества космической пыли могут зависеть от положения Земли относительно других планет, воздействующих на зодиакальное облако, а, значит, колебания температуры могут быть «сцеплены» с циклом движения планет. Используя данные о колебаниях глобальной температуры с 1880 по 2007 год Стожков и его коллеги [8, 9] обнаружили несколько периодических колебаний. Это позволило ученым предсказать грядущее похолодание – примерно на 0,5 градуса к 2040 году. Другие исследователи наоборот утверждают [13], что поступление космической пыли в настоящее время в атмосферу Земли слишком невелико, чтобы оказать серьезное воздействие на климатические процессы и «остановить» или «замедлить» глобальное потепление. Таким образом, воздействие космической пыли по величине близко к другим естественным воздействиям на климатическую систему Земли.

Отвлечемся на некоторое время от влияния космической пыли и рассмотрим орбиту перемещения одного из многотысячных астероидов под названием Апофис относительно орбиты Земли [14]. На рис. 7 показана проекция на эклиптику положений астероида осенью 2012 г. Осенью Апофис находился между Землей и Солнцем, а ближе к зиме уже Земля находилась между Солнцем и астероидом. Наименьшее расстояние (14,5 млн. км) между Землей и Апофисом наблюдалось 9 января 2013 г. Указанный астероид Апофис принадлежит к группе Атона. По размерам и форме современных орбит околоземные и землепересекающие астероиды разделяют на три группы, названные в соответствии с первыми представителями этих групп. Это приближающаяся к Земле группа Амура ($1 < q < 1,3$ а.е.) и две пересекающие орбиту Земли группы Аполлона ($q < 1$ а.е.) и Атона ($a < 1$ а.е., $Q > 1$ а.е.), где q - перигелийное расстояние, Q - афелийное расстояние и a - большая полуось орбиты.

Естественно, Апофис, находясь между Солнцем и Землей (рис. 7б), поглощает свет от Солнца и уменьшает поступление тепла на Землю. Не будем пока обращать внимание на размеры Апофиса (диаметр 300 м). Дело в том, что астероиды являются прародителями метеорных потоков [6, 8, 9, 15]. Метеорные

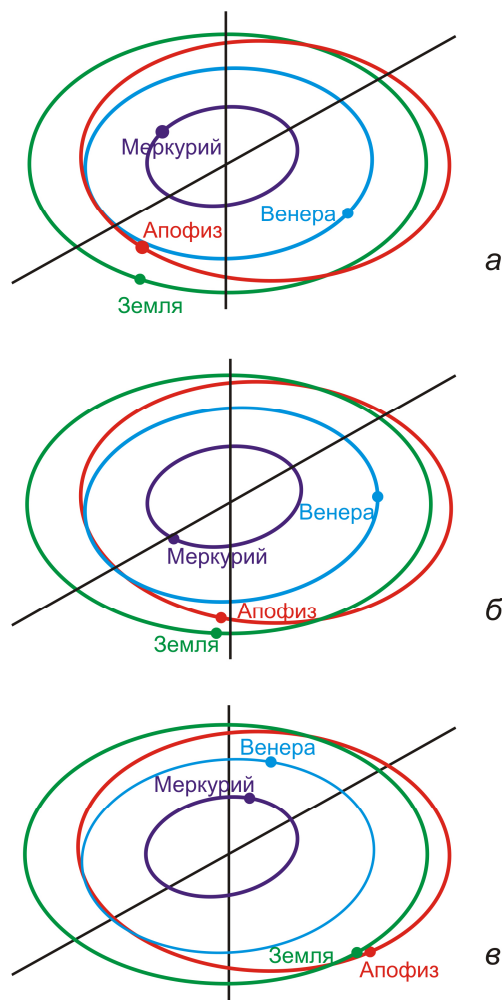


Рис. 7. Орбита астероида Апофиса относительно орбиты Земли: а – положение Апофиса 11 октября 2012 г.; б – положение Апофиса 3 ноября 2012 г.; в – положение Апофиса 9 декабря 2012 г.

потоки летят по тем же орбитам, что и у их прародителей. А размеры метеорных потоков могут достигать от десятков км до миллионов км. В таких случаях поступление солнечного тепла может варьировать в широких пределах. Период обращения метеорных потоков вокруг Солнца достаточно разный от года до десятка лет и более. Вероятно, в какие-то определенные моменты времени в пространстве между Землей и Солнцем могут появиться сразу несколько метеорных потоков, которые могут резко изменить климат Земли.

Возвращаясь к влиянию космической пыли на погоду отметим, что во всех упомянутых случаях [6–19] не указывается на влияние метеорных потоков. Наш взгляд основной вклад в изменение климата вносят метеорные потоки. Метеорные потоки в отличие от частиц вспышек на Солнце не заряжены, легко преодолевают магнитосферу и вызывают изменения в атмосфере [7].

Спектральный анализ показывает, что гравитационные внутренние колебания в атмосфере [7] характеризуются условно «высокочастотными» периодами (не более 15–20 мин). Те же периоды отмечаются при

спектральном анализе пульсаций гравитационного и сейсмического полей [1–4]. Естественно гравитационные и сейсмические пульсации с внутренними гравитационными волнами в атмосфере являются единым целым. Тем более, пульсации вариаций силы тяжести всегда совпадают изменениями погоды.

Заключение

В результате можно констатировать, что пульсации вариаций силы тяжести и сейсмические волны являются индикатором появления космической пыли в атмосфере и могут служить инструментом для выявления палеоклиматических изменений на Земле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов, Ю. В. Пульсации неприливных вариаций силы тяжести / Антонов Ю. В. // Изв. ВУЗов. Геол. и разведка. 2014. – № 5. – С. 54–57.
2. Антонов, Ю. В. Разделение неприливных вариаций силы тяжести на основе спектрального анализа и метода осреднения / Ю. В. Антонов // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология, 2016. – Вып. 2. – С. 100–106.
3. Антонов, Ю. В. Синхронные пульсации в неприливных вариациях гравитационного и сейсмического полей / Антонов Ю. В., Сизаск И. А. // Геология и разведка. Изв. ВУЗ, 2015. – №5. – С. 46–52.
4. Антонов, Ю. В. Возможная природа пульсаций неприливных вариаций силы тяжести / Антонов Ю. В. // Экологический вестник научных центров ЧЭС. 2015. – №4. – С.5–13.
5. Борисенков, Е. П. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы / Е. П. Борисенков, В. М. Пасецкий – М., изд-во Мысль. 1988. – 522 с.
6. Бабаджанов, П. Б. Метеороидные рои: Образование, эволюция, связь с кометами и астероидами / П. Б. Бабаджанов, Ю.В. Обрубов // Астрон. вестн. 1991. – Т. 25. №4. – С. 387–407.
7. Дикий, Л. А. Теория колебаний земной атмосферы / Дикий Л. А. // Л. : Гидрометеиздат, 1969. – 195 с.
8. Ермаков, В. И. Влияние космической пыли на климат Земли / В. И. Ермаков, В. П. Охлопков, Ю. И. Стожков // Краткие сообщения по физике ФИАН. 2006. – №3. – С. 41–51.
9. Ермаков, В. И. Влияние пыли космического происхождения на облачность, альбедо и климат Земли. / В. И. Ермаков, В. П. Охлопков, Ю. И. Стожков // Вест. Моск. ун-та. Серия 3. Физика. Астрономия. – 2007. – №5. – С. 41–45.
10. Обрубов, Ю. В. Комплексы малых тел Солнечной системы / Ю. В. Обрубов // Астрон. журн. 1991. – Т. 68. – № 5. – С. 1063–1073.
11. Огурцов, М. Г. О возможном влиянии на климат Земли потоков межпланетной и межзвёздной пыли / М. Г. Огурцов // 31-я ВККЛ, Москва, МГУ, 2010. – ГЕО/ГЕО_33. – 5 с.
12. Соколова, М. Г. Астероиды, сближающиеся с землей, как возможные родительские тела метеорных потоков. / М. Г. Соколова, М. В. Сергиенко // Ученые записки Казанского университета. Серия естественные науки. 2016. – Т. 158– кн. 4. – С. 583–592.
13. Причины наблюдаемых изменений климата. / Спорышев П. В. [и др.] // Тр. Главной геофизической обсерватории им. А. И. Войекова. – Вып. 574.– 2014. – С. 39–124.
14. Траектория астероида Апофис – Режим доступа: <https://starmission.ru/wp-content/uploads/2013/01/apophis.png> (дата обращения 5.08.2017).
15. Whipple, F. L. A Comet Model // Astrophys. J., Pt. I. 1950. Vol. 111; Pt. II. 1951. – Vol. 113; Pt. III. 1955. – Vol. 121.
16. Worlds in Interaction: Small Bodies and Planets of the Solar System / Ed. H. Rickman, M. J. Valtonen. Dordrecht etc.: Kluwer Acad. Publ., 1996. – 508 p.

Воронежский государственный университет

Антонов Юрий Васильевич, профессор кафедры геофизики, доктор технических наук, член-корреспондент РАН
E-mail: yuriyantонов@yandex.ru
Тел.: +7 (4732) 208-385

Voronezh State University

Antonov Yu. V., professor Geophysical Department, Doctor of Engineering Sciences, corresponding member of the Russian Academy of Natural Sciences
E-mail: yuriyantонов@yandex.ru
Tel.: +7 (4732) 208-385