

ВАРИАЦИИ ГРАВИТАЦИОННОГО И МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ПОЛЕЙ**Ю. В. Антонов*, И. Ю. Антонова*, А. К. Рыбин******Воронежский государственный университет****ФГБУН Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, Кыргызстан**Поступила в редакцию 12 сентября 2013 г.*

Аннотация. В статье приведены результаты наблюдений лунно-солнечных вариаций силы тяжести и магнитотеллурического поля на территории Бишкекского геодинамического полигона (Северный Тянь-Шань). Показано, что лунно-солнечные вариации силы тяжести и магнитотеллурическое поле существуют синхронно в пунктах наблюдений и имеют одинаковые частотные характеристики. Анализ частотных характеристик показывает, что вариации силы тяжести и магнитотеллурического поля могут иметь внеземное происхождение.

Ключевые слова: лунно-солнечные вариации, сила тяжести, магнитотеллурическое поле, собственные колебания Земли.

Abstract. The paper presents the results of observations of lunar-solar gravity and magnetotelluric variations at the territory of Bishkek Geodynamic Polygon (Kyrgyzstan). It is shown that the lunar-solar variations of gravity and magnetotellurics exist simultaneously at the observation sites and have similar frequency characteristics. Analysis of their frequency characteristics shows that the variations of gravity and magnetotelluric fields can be explained by extraterrestrial origin.

Key words: lunar-solar variations, gravity, magneto-telluric field, Earth's tides

Изменение во времени геофизических полей Земли (гравитационное, электро-магнитное, сейсмическое и др.) всегда привлекало большое количество исследователей к их изучению. В зависимости от решаемых задач вариации естественных геофизических полей служат или помехами, или наоборот источниками для изучения геологического строения земной коры и строения Земли в целом. Причем эти источники (исключая запрещенные ядерные взрывы) являются единственным средством познания строения Земли глубже мантии. В настоящее время имеют наибольшее распространение и используются в практических целях наблюдения гравитационного, электромагнитного и сейсмического полей. В предлагаемой статье будут рассмотрены вопросы совместной интерпретации наблюдений силы тяжести и магнитотеллурического поля.

Вследствие суточного вращения Земли и движения Земли, Луны и Солнца по своим орбитам, приливообразующая сила в каждой точке на поверхности Земли непрерывно меняется во времени,

никогда точно не повторяясь. Эти периодические приливные силы разделяются на 4 типа. Долгопериодные приливы дают наибольшие колебания уровневой поверхности на полюсах, вдвое меньшие на экваторе и нулевые на широтах $\pm 35,3^\circ$. К ним относятся приливы с периодами в 18,6 года, 1 год, 0,5 года, 1 месяц и 2 недели (Mf).

Нас будут интересовать суточные приливы. Они дают наибольшие поднятия и опускания земных приливов на широтах $\pm 45^\circ$ и нулевые на полюсах и экваторе. Главные из них — лунная волна O1 с периодом 25,8 ч и лунно-солнечная волна K1 с периодом в 23,9 ч. Полусуточные приливы, дающие максимальные поднятия и опускания для статических приливов на экваторе и нулевые на полюсах. Главные полусуточные волны — это лунная волна M2 с периодом в 12,4 ч и приблизительно в 2 раза меньшая солнечная волна S2 с периодом в 12 ч. Короткопериодные волны имеют периоды около 1/3 суток и короче.

Земля вращается, делая один оборот в сутки, поэтому горбы приливной волны медленно перемещаются по земной поверхности. Дважды в сутки любой пункт на поверхности Земли поднимается на высоту в десятки сантиметров и так же опуска-

ется. Период этого колебания равен примерно 12 часам. Гравиметр четко их фиксирует. Приливные силы можно рассчитать, исходя из теории движения Луны вокруг Земли и Земли вокруг Солнца, и вычесть из наблюдаемых значений.

Земные приливы — это упругие деформации всего земного шара под действием силы тяготения Луны и Солнца. В результате движения горбы приливной волны отстают от движения Луны и Солнца, поэтому для наблюдений необходимо установить время запаздывания [1] и ввести соответствующую поправку. Кроме того, гравиметр имеет смещение нуля-пункта, который также надо исключить. Оставшуюся часть вариации после исключения всех поправок назовем остаточной аномалией лунно-солнечной вариации силы тяжести. Для магнитотеллурических вариаций вопросы учета указанных выше поправок отсутствуют, поэтому наблюдаемые значения сразу можно интерпретировать.

Перейдем к обсуждению результатов. Остановимся на рис. 1. После вычисления из наблюдаемых значений лунно-солнечных вариаций, и учета смещения нуля-пункта гравиметра и запаздывания приливной волны был построен график изменения остаточной аномалии наблюдений на интервале с 25 апреля по 23 мая 2013 года (рис. 1а). Остаточная аномалия имеет небольшую амплитуду и осложнена погрешностью наблюдений, соизмеримой практически с точностью приборов. На интервале 5-15 мая остаточная аномалия заметно изменяется, превышая погрешность наблюдений. Причиной подобного изменения гравитационного поля в принципе могут быть удаленные мощные землетрясения. Но дело в том, что в этот период не было не только разрушительных землетрясений, но даже средней мощности. Кроме того, период изменения гравитационной волны не сопоставим с наблюдаемыми периодами после сильных землетрясений. Обычно интенсивные колебания поля силы тяжести после разрушительных землетрясений затухают через несколько часов. Слабые колебания продолжаются еще сутки – двое суток, но интенсивность их очень мала, хотя с помощью высокоточных сейсмографов фиксируется. Здесь же колебания занимают несколько суток. Правда, надо отметить, что подобные явления ранее отмечали в [9], но о природе таких аномалий ничего не сказано. Исследователи в [9] отметили лишь факт наличия странных сейсмо-гравитационных колебаний.

Для более четкой локализации остаточной аномалии была применена процедура интегрирования,

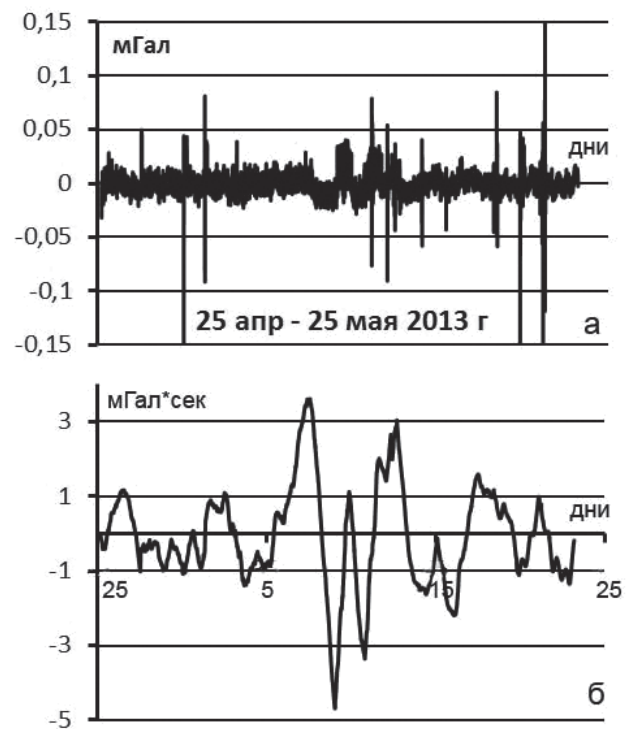


Рис. 1. Лунно-солнечные вариации силы тяжести в пункте наблюдения Научная станция: а – график остаточной аномалии лунно-солнечных вариаций силы тяжести; б – график трансформанты интегрирования $\int_0^t g(t)$

которая использовалась авторами ранее [6]. Обычно для локализации в гравиметрии используют дифференциальные операторы. Но даже невооруженным глазом видно (рис. 1), в данном случае любое дифференцирование из-за погрешностей измерений не даст никакого эффекта. Для подавления случайных ошибок наблюдений используем интегрирование и вычислим функцию $\int_0^t g(t)$, которая образуется простым суммированием, т.е. к первому измерению прибавляем второе, а затем к сумме прибавляем третье значение и т.д. График такой функции дан на рис. 1 – б. В результате суммирования случайные погрешности компенсируются, а слабоинтенсивные аномалии начинают выделяться более четко. Это отдаленно напоминает эффект накопления сигнала, но отнюдь это не накопление. А также получаемая функция $\int_0^t g(t)$, не может считаться потенциалом. Формально сила тяжести имеет размерность (см/сек²). При интегрировании по времени получается размерность (см/сек). Но не надо забывать, что сила тяжести получена для вертикальной координаты, а мы интегрируем силу тяжести по времени, т.е. по четвер-

той координате. Таким образом, в результате интегрирования выделяются четко трансформанта, которая соотносится с изменением силы тяжести (рис. 1 б). Возмущения силы тяжести есть, но природа возмущений пока не ясна. Будем считать трансформанту в условных единицах.

Рассмотрим за указанный период изменение других геофизических полей и параметров. Сейсмическое поле ведет себя аналогично гравиметрическому полю, так как гравиметр является вертикальным сейсмографом Голицина. Все сейсмические события отражены на графике (рис. 1 а), они слабоинтенсивные, и их длительность составляет по времени первые минуты.

Попытаемся сравнить гравитационное и магнитотеллурическое поля. Ранее авторами данной статьи уже рассматривалась связь между лунно-солнечными вариациями и магнитотеллурическим полем [2]. Несмотря на небольшой объем полевых материалов, тогда удалось показать, что связь между этими полями существует. Периоды вариаций электромагнитного поля практически полностью совпали с периодами вариаций вертикального градиента силы тяжести. Тогда, опираясь на результаты статьи [8], было высказано предположение о том, что деформации в земной коре, обусловленные лунно-солнечным притяжением, вызывают так называемый сейсмoeлектрический эффект второго рода. Электризация при упругом воздействии может быть обязана наличию в породах, как в сложной дисперсной системе с большой внутренней поверхностью, твердой и жидкой фаз, которые обуславливают комплекс электрокинетических явлений в этой системе. На рис. 2 представлены измерения вертикальной компоненты магнитного поля H_z [10], которая является наиболее информативной и более удобной при сравнении с вариациями силы тяжести, так как последняя является тоже вертикальной составляющей. С наблюдениями H_z проделали все те же трансформации, которые выполнялись с наблюдениями силы тяжести, и получили практически тот же результат. Сравнение трансформант интегрирования (рис. 3) указывает на их полное совпадение. Из-за отсутствия данных по теллурическому, сравнение проведено на более коротком промежутке времени.

Помимо этого сравнивались амплитудно-частотные характеристики спектра Фурье гравитационного и магнитотеллурического полей (рис. 4). Поскольку нас интересует область низких частот, то на рис.4 приведена только эта часть. Кстати, шаг исходных данных при разложении наблюдений в

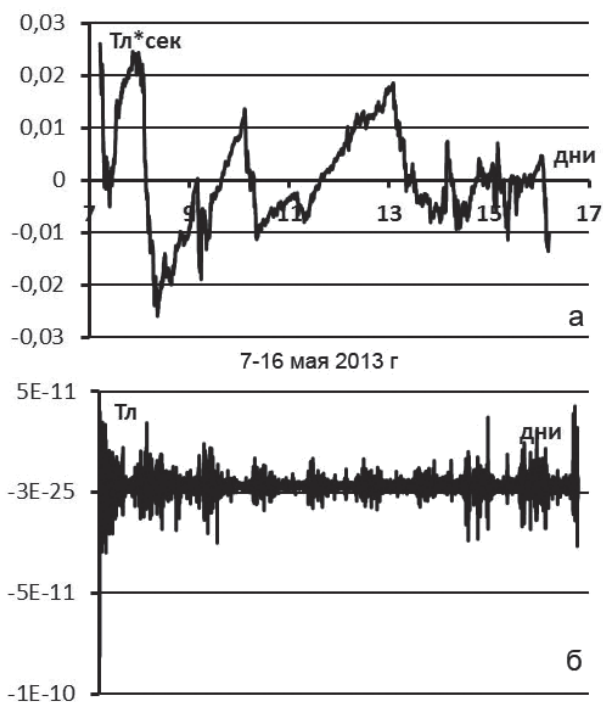


Рис. 2. Магнитотеллурические наблюдения H_z на станции Аксу: а – график остаточной аномалии лунно-солнечных вариаций силы тяжести; б – график трансформанты интегрирования $\int_0^t H_z(t)$

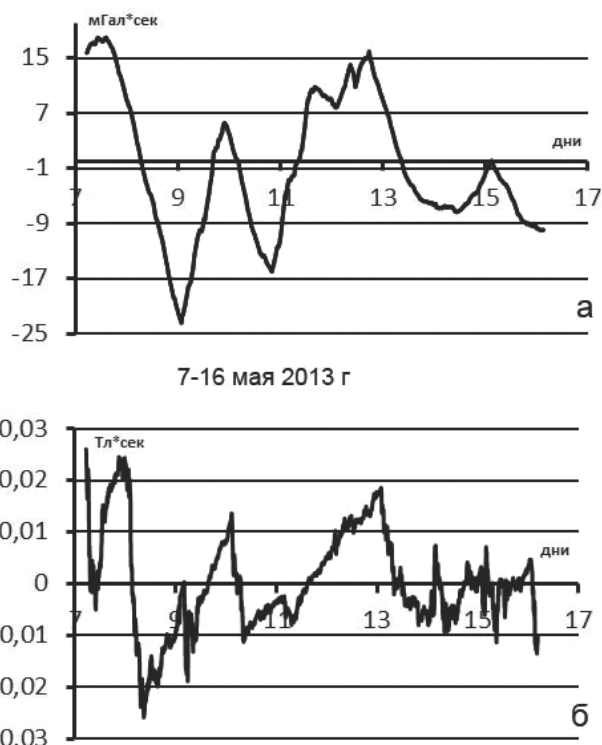


Рис. 3. Сравнение трансформант интегрирования лунно-солнечных вариаций вертикального градиента силы тяжести и магнитотеллурического поля: а – график трансформанты интегрирования $\int_0^t g(t)$, б – график трансформанты интегрирования $\int_0^t H_z(t)$

ряд Фурье равен 30 сек, поэтому для получения истинных частот результат надо разделить на 30.

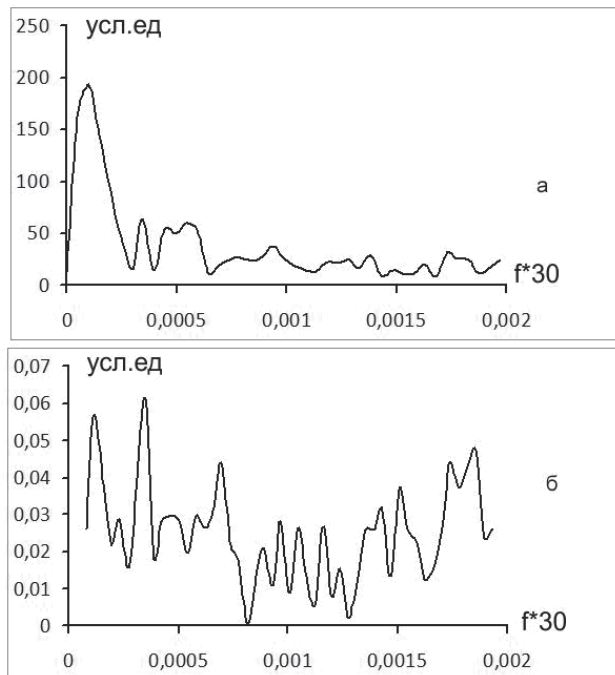


Рис. 4. Амплитудно-частотные спектры лунно-солнечных вариаций вертикального градиента силы тяжести и магнитотеллурического поля: а – спектр для лунно-солнечных вариаций; б – спектр для составляющей H_z

Электромагнитные вариации часто оценивают с помощью планетарного индекса A_p , который измеряется в нанотеслах и характеризует вариабельность магнитного поля Земли в течении суток. Индекс является стандартным для геомагнитных измерений во всем мире. Суточная вариабельность магнитного поля вызвана взаимодействием магнитного поля Земли с солнечным ветром. В мае месяце 2013 этот индекс практически равен нулю (рис. 5 а). Плотность солнечного излучения в стандарте F 10.7 см также равна нулю (рис. 5 в) [12].

Следует обратить внимание на график количества пятен на солнце в мае 2013г. (рис. 5 б). Солнце в этот период было практически неактивным по сравнению с предшествующими и последующими месяцами.

Таким образом, изменения силы тяжести в мае 2013 г. не могут быть связаны с солнечной активностью. Они не могут быть объяснимы лунно-солнечными вариациями силы тяжести. Если предположить, что наблюдаемые аномалии вызваны перемещениями масс в литосфере, то такие перемещения по оценкам [9] вызвали бы землетрясения, но землетрясений в этот период также не было. Можно предположить, что источник изме-

нения силы тяжести находится вне солнечной системы. Не исключено, что внешнее гравитационное поле изменяется. Так это или нет – могут ответить только последующие исследования. Для выяснения этих предположений необходимо провести аналогичные наблюдения синхронно в нескольких пунктах, разнесенных по России по широте и долготе.

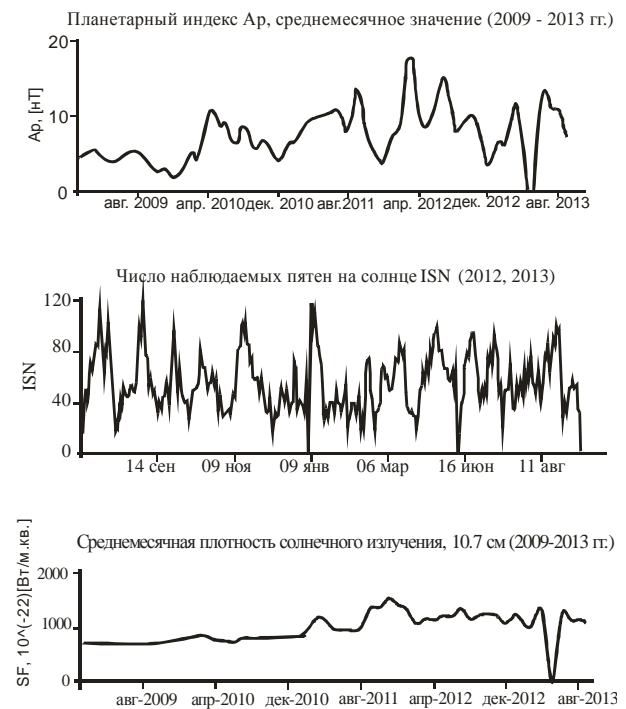


Рис. 5. Изменение количества солнечных пятен на Солнце, планетарного индекса и плотности солнечного излучения в 2012–2013 гг.

Исследования, представленные в статье, частично выполнялись при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 11-05-00840а, 13-05-10037к).

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов Ю. В. Предварительная обработка наблюдений лунно-солнечных вариаций силы тяжести / Ю. В. Антонов, Е. В. Воронцова // Геология и разведка. Изв. ВУЗ. – 2012. – № 3. – С. 63–67.
2. Антонов Ю. В. Сравнение приливных вариаций силы тяжести и вертикальной составляющей сейсмографа / Ю. В. Антонов, И. Ю. Антонова // Геофизика. – 1913. – № 2. – С. 27–31.
3. Антонов Ю. В. Модуляция вариаций вертикального градиента силы тяжести и электромагнитного поля собственными колебаниями Земли / Ю. В. Антонов [и др.] // Изв. ВУЗов. Геол. и разведка. – 2010. – № 6. – С. 101–105.

4. Антонов Ю. В. Неприливные вариации вертикального градиента силы тяжести и их возможная связь с землетрясениями / Ю. В. Антонов, С. В. Слюсарев // Изв. ВУЗов. Геол. и разведка. – 1992. – № 5. – С. 101–105.

5. Антонов Ю. В. Результаты синхронных наблюдений за изменением вертикального градиента в Якутии и на Воронежском массиве / Ю. В. Антонов, С. В. Слюсарев, В. Н. Чирков // Вестник ВГУ. Серия: Геология. – 1996. – № 2. – С. 182–186.

6. Антонов Ю. В. Возможная природа вариаций вертикального градиента силы тяжести / Ю. В. Антонов, А. В. Манаков, С. В. Слюсарев // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. – 1996. – № 1. – С. 144–145.

7. Антонов Ю. В. Неприливные вариации вертикального градиента силы тяжести / Ю. В. Антонов,

С. В. Слюсарев, В. Н. Чирков // Геофизика. – 1997. – № 1. – С. 40–45.

8. Иванов А. Г. Эффект электризации пластов Земли при прохождении через них упругих волн / А. Г. Иванов // ДАН СССР. – 1939. – Т. XXIV, № 1. – С. 41–43.

9. Линьков Е. М. Сейсмические явления / Е. М. Линьков. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. – 248 с.

10. Рыбин А. К. Вариации электросопротивления земной коры по результатам магнитотеллурического мониторинга сейсмоактивных зон Тянь-Шаня / А. К. Рыбин // Вестник КРСУ. – 2011. – Т. 11, № 4. – С. 29–40.

11. Собственные колебания Земли / под ред. Жаркова. – М., 1964. – 315 с.

12. Информационные технологии. – (<http://www.moveinfo.ru/>).

*Воронежский государственный университет
Ю. В. Антонов, профессор кафедры геофизики
Тел. 8 (473) 220-83-85
yuriyantono@yandex.ru*

*Voronezh State University
Yu. V. Antonov, professor of Chair of Geophysics
Tel. 8 (473) 220-83-85
yuriyantono@yandex.ru*

*И. Ю. Антонова, преподаватель кафедры геофизики
Тел. 8 (473) 220-83-85
antonova@geol.vsu.ru*

*I. Yu. Antonova, Teacher, lecturer of Chair of Geophysics
Tel. 8 (473) 220-83-85
antonova@geol.vsu.ru*

*ФГБУН Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, Киргизстан
А. К. Рыбин, доктор физико-математических наук,
директор, заведующий лабораторией
Тел. (810996312) 611-459
rybin@gdir.ru*

*Institution of the Russian Academy of Sciences – Research Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek city (RS RAS)
A. K. Rybin, Doctor Physic-Mathematical sciences, director, head of the Laboratory for deep magnetotelluric research
Tel. (810996312) 611-459
rybin@gdir.ru*