

О ВОЗМОЖНОЙ СВЯЗИ ЛУННО-СОЛНЕЧНЫХ ВАРИАЦИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ С ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

Ю. В. Антонов

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 20 января 2019 г.

Аннотация: проанализирована возможная корреляция землетрясений магнитудой $M=6-7$ и лунно-солнечных вариаций силы тяжести за период с 1986 по 1997 гг. Данная статья является продолжением исследований, проведенных ранее автором [1] на более обширном фактическом материале. Землетрясения группируются возле экстремумов изменения лунно-солнечных вариаций: большая часть событий связана с максимальным градиентом изменения вариаций. Максимальные и минимальные значения вариаций силы тяжести вызывают наименьшие деформации в земной коре. Воздействие лунно-солнечного притяжения на земную кору и Землю в целом усиливается с помощью внешних космических факторов, что повышает вероятность возникновения землетрясений.

Ключевые слова: землетрясения, лунно-солнечные вариации силы тяжести, деформация земной коры, магнитуда, неприливные вариации силы тяжести

ON THE POSSIBLE CONNECTION OF LUNAR-SOLAR GRAVITY VARIATIONS WITH EARTHQUAKES

Abstract: the possible correlation of earthquakes of magnitude $M=6-7$ and lunar-solar variations of gravity for the period from 1986 to 1997 is analyzed. This article is a continuation of the studies conducted earlier by the author [1] on a more extensive factual material. Earthquakes are grouped near extremes of variation in lunar-solar variations: most events are associated with the maximum gradient of variation. Maximum and minimum values of gravity variations cause the least deformation in the earth's crust. The impact of lunar-solar attraction on the earth's crust and the Earth as a whole is enhanced by external space factors, which increases the probability of earthquakes.

Keywords: earthquakes, lunar-solar variations of gravity, deformation of the earth's crust, magnitude, non-tidal variations of gravity

Введение

Вопрос о возможной связи между изменениями силы тяжести и землетрясениями автором уже рассматривался ранее [1, 2] для событий катастрофического класса с магнитудой свыше 7 единиц за период с 1975 по 2015 гг. Выявлено, что лунно-солнечные вариации характеризуются тремя экстремальными точками: максимальным и минимальным значениями силы тяжести, а также максимальной скоростью (градиентом) изменения вариаций. В то же время происходит экстремальное воздействие лунно-солнечного притяжения на земную кору и Землю в целом, поэтому это может послужить источником необратимых деформаций в земной коре. Если в этом случае дополнительно возникает воздействие внешних космических факторов, то повышается вероятность возникновения землетрясения. Во времени землетрясения

группируются возле экстремумов изменения лунно-солнечных вариаций: половина событий связана с максимальным градиентом изменения вариаций, а вторая половина поровну приурочена к максимальному и минимальному значению вариаций силы тяжести.

Статистика землетрясений катастрофического класса не очень велика. Общее количество землетрясений составило за сорокалетний период всего 172 события. Недостатком такого отбора является не очень высокая репрезентативность выборки. Такое количество не позволяет делать выводы достаточно надежными. А желание иметь большую репрезентативность в будущем выглядит, по крайней мере, странно и негуманно. Конечно, лучше бы стихийных событий происходило как можно меньше, но человечеству этой стихией управлять пока не под силу. Поэтому для изучения большего количества событий

было решено привлечь землетрясения с магнитудой $6 \leq M < 7$ единиц. За период с 1986 по 1997 гг., а именно этот период рассматривается в статье, количество произошедших землетрясений резко увеличилось [3, 4] и оказалось равным 1693. К сожалению, в этом случае возникают новые проблемы в оценке вероятностных связей. Например, какие землетрясения, следует считать первичными и какие афтершоками и т.д.?

Методика обработки и интерпретации лунно-солнечных вариаций силы тяжести

Поскольку данная статья является продолжением предыдущих исследований [1, 2, 5], то остановимся на возможном влиянии лунно-солнечных вариаций силы тяжести при возникновении землетрясений. Вариации силы тяжести, по мнению автора, играют важнейшую роль в подготовке землетрясений. Ведь на протяжении миллиардов лет Земля подвергается притяжению со стороны Луны и Солнца. Соответственно в земной коре под воздействием Луны и Солнца ежедневно возникают деформационные волны сжатия – растяжения, которые внешне проявляются в виде полуметровых поднятий и опусканий поверхности Земли. Верхняя оболочка Земли практически находится в некотором динамическом равновесии. Любое отклонение в физических процессах, происходящих внутри земных недр или в космическом пространстве системы Солнце – Земля – Луна, может послужить «спусковым крючком» для возникновения землетрясения. Таким «спусковым крючком» могут послужить неприливные вариации силы тяжести, метеорные потоки, корональные выбросы масс Солнцем и другие непредвиденные события в космическом пространстве [6, 7–9].

Рассмотрим группирование землетрясений относительно экстремумов лунно-солнечных вариаций силы

тяжести. Для этой цели для всех 1693 землетрясений были рассчитаны вариации силы тяжести на интервале ± 5 часов относительно времени землетрясений. Данные по землетрясениям (координаты, магнитуда и время события) взяты из каталога [3, 4]. На рис. 1 а, б (кривые 4) приведены типичные кривые вариаций силы тяжести. Максимумы и минимумы приливных вариаций определяются легко визуально. Для определения максимальной скорости изменения вариаций силы тяжести были вычислены приращения лунно-солнечных вариаций (численный аналог производной) с шагом 10 мин (кривые 5 на рис. 1 а, б) по формуле $\Delta g(x_n) = g(x_n) - g(x_{n+1})$, где $\Delta g(x_n)$ – численный аналог производной, $g(x_n)$ – текущие значения вариации силы тяжести. Размерность значений силы тяжести дана в 10^{-9} м/с^2 согласно [10]. Точки 1–3 на рис. 1 а, б соответствуют времени землетрясения (точка 1), максимальной скорости изменения вариации силы тяжести (точка 2) и минимальному и максимальному значениям лунно-солнечных вариаций силы тяжести (точка 3). Далее по тексту на рисунках нумерация снята, чтобы убрать лишнюю нагрузку, так как для всех рисунков дана одна и та же цветовая гамма. Кроме того, у лунно-солнечных вариаций существуют нисходящая и восходящая ветви. Землетрясения могут происходить как до экстремальных точек, так и после [1]. Землетрясения группируются вокруг экстремальных точек и оцениваются временной разницей Δt отрезок между временем землетрясения и временем экстремальных точек. На рис. 1 в, г приведены в увеличенном масштабе части с рис. 1 а, б для оценки значений Δt . Как видим из рис. 1 в, г значения Δt могут изменяться от полутора часов до первых минут, хотя взят один и тот же остров Вануату (Меланезия), где произошли землетрясения с разницей по времени в две недели.

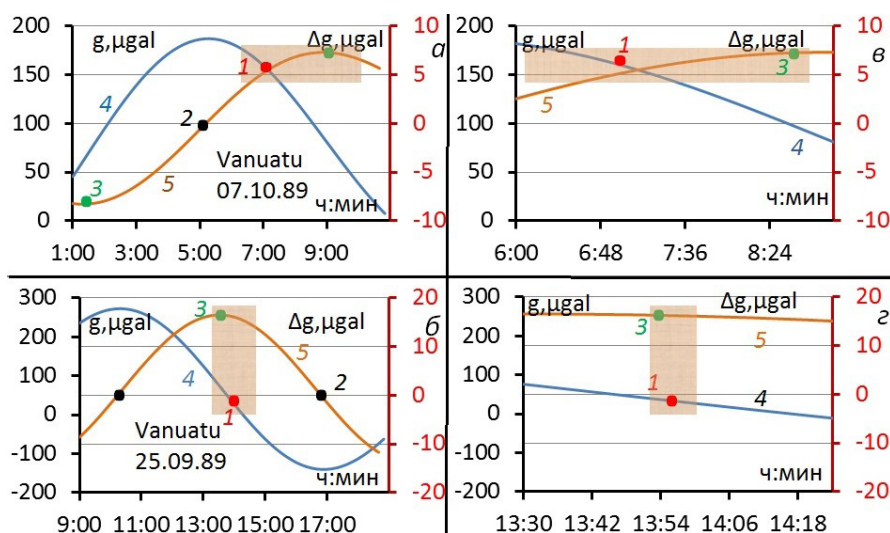


Рис. 1. Расчетные лунно-солнечные вариации силы тяжести и схема временной оценки между событием землетрясения и экстремальными точками вариации силы тяжести: а – лунно-солнечные вариации силы тяжести (кривая 4) на о. Вануату 7.10.1989 г. и численный аналог производной по времени вариаций силы тяжести (кривая 5); б – лунно-солнечные вариации силы тяжести (кривая 4) на о. Вануату 25.09.1989 г. и численный аналог производной по времени вариаций силы тяжести (кривая 5); в – повторно (см. рис. 1 а) в увеличенном масштабе; г – повторно (см. рис. 1 б) в увеличенном масштабе; точка 1 (красный цвет) – время землетрясения; точка 2 (черный цвет) – максимум и минимум вариаций силы тяжести; точка 3 (зеленый цвет) – время экстремальной точки максимума производной.

На том же острове Вануату в сентябре – октябре 1997 г. постоянно трясло, иногда по несколько землетрясений в сутки (рис. 2). Все толчки связаны с экстремальной точкой максимального градиента вариаций силы тяжести. Обычно при серии землетрясений все последующие толчки кроме первого принято считать афтершоками. Но в конкретном случае все времена землетрясений приурочены к экстремальной точке наибольшего градиента, т.е. создается впечатление, что землетрясения все-таки связаны с вариациями силы тяжести. Никаких дополнительных признаков нет, чтобы разделить землетрясения между собой на первичные и афтершоки. Причем землетрясения группируются вокруг максимального градиента вариаций силы тяжести. А вот в серии землетрясений в августе 1986 г.

в Молуккском море временное расстояние между экстремальными точками и землетрясениями достаточно велико (рис. 3) группирование связано с максимумом и минимумом вариаций силы тяжести. Не менее любопытный случай наблюдался на Курильских островах 4–5 октября 1994 г., когда последовало восемь землетрясений подряд (рис. 4, 5) А не связано ли удаление землетрясения по времени от экстремальных точек вариаций силы тяжести с тем, что причиной землетрясения служат другие процессы, протекающие в земной коре? Возникает другой вопрос, а почему землетрясения во времени отстоят от экстремальных точек вариаций в достаточно широком диапазоне (0 – 90 мин)? На первый вопрос пока ответить трудно. А для второго вопроса предлагается следующая версия ответа.

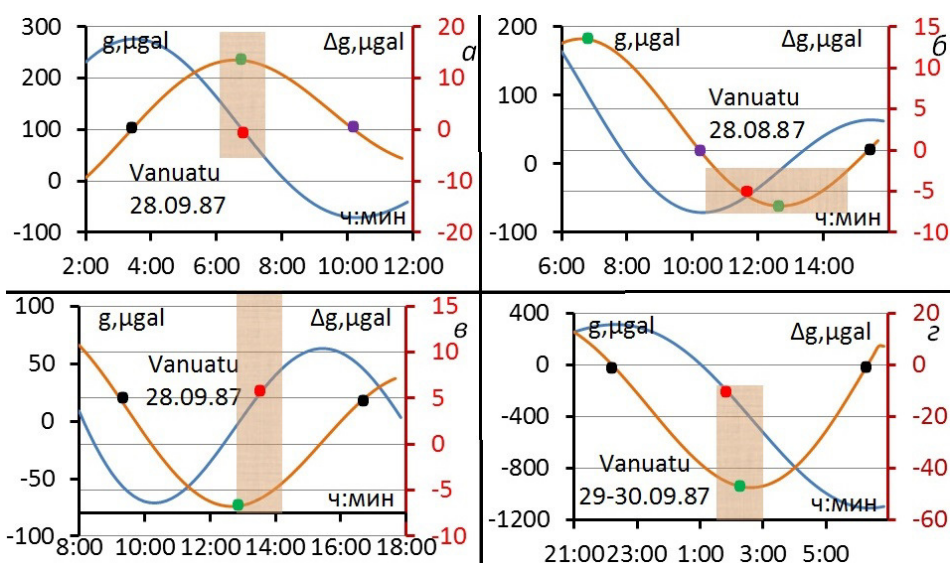


Рис. 2. Расчетные лунно-солнечные вариации силы тяжести на о. Вануату 28 – 30.09.1987 г. и расположение землетрясений во времени относительно экстремальных точек лунно-солнечных вариаций силы тяжести: а – время события 7:41; б – время события 21:09; в – время события 17:19; з – время события 15:28.

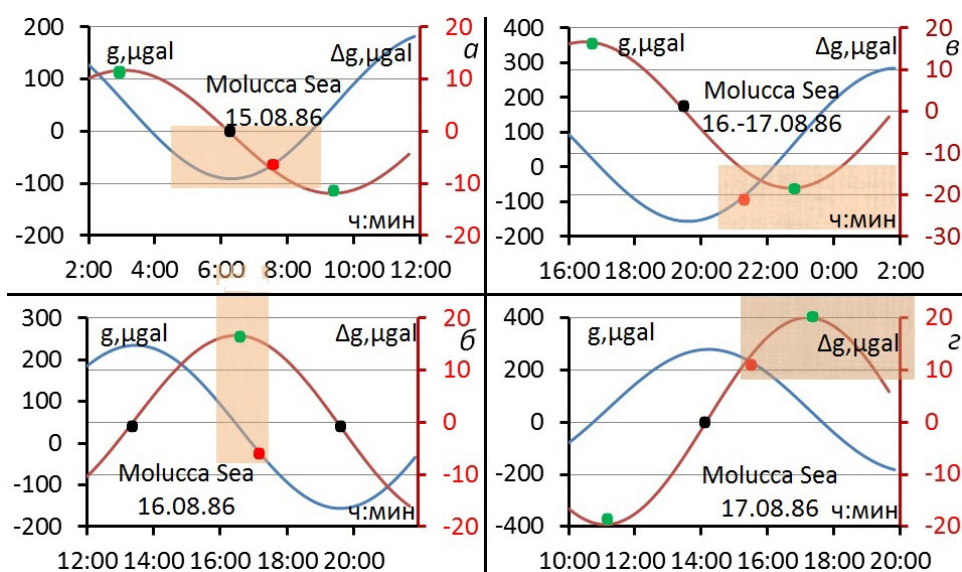


Рис. 3. Расчетные лунно-солнечные вариации силы тяжести в Молуккском море 15 – 17.08.1986 г. и расположение землетрясений во времени относительно экстремальных точек лунно-солнечных вариаций силы тяжести: а – время события 7:16; б – время события 11:47; в – время события 13:46; з – время события 1:39.

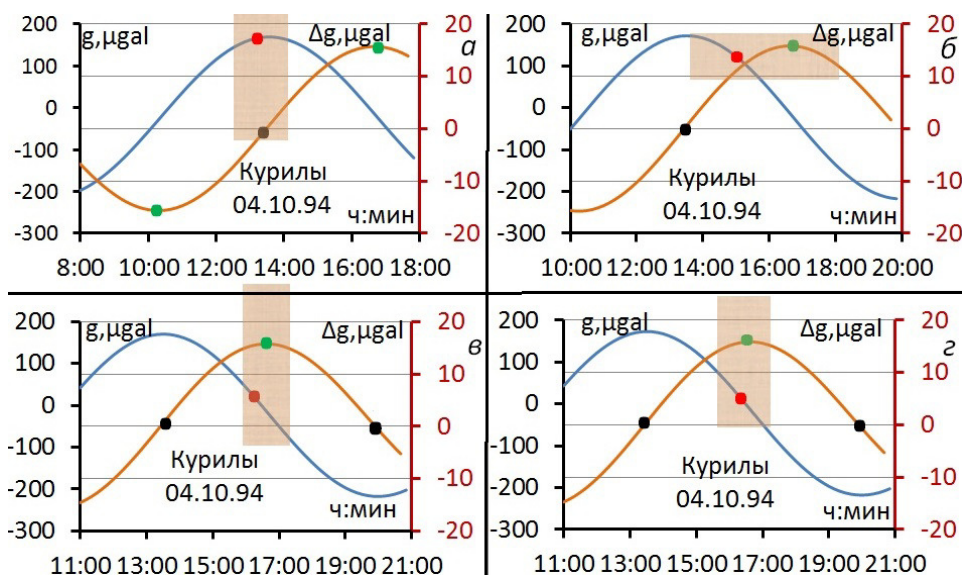


Рис. 4. Расчетные лунно-солнечные вариации силы тяжести на Курильских островах 28 – 30.09.1989 г. и распределение отклонений пунктов землетрясений по времени от экстремальных значений вариаций силы тяжести: а – время события 13:42; б – время события 15:24; в – время события 16:01; г – время события 16:06.

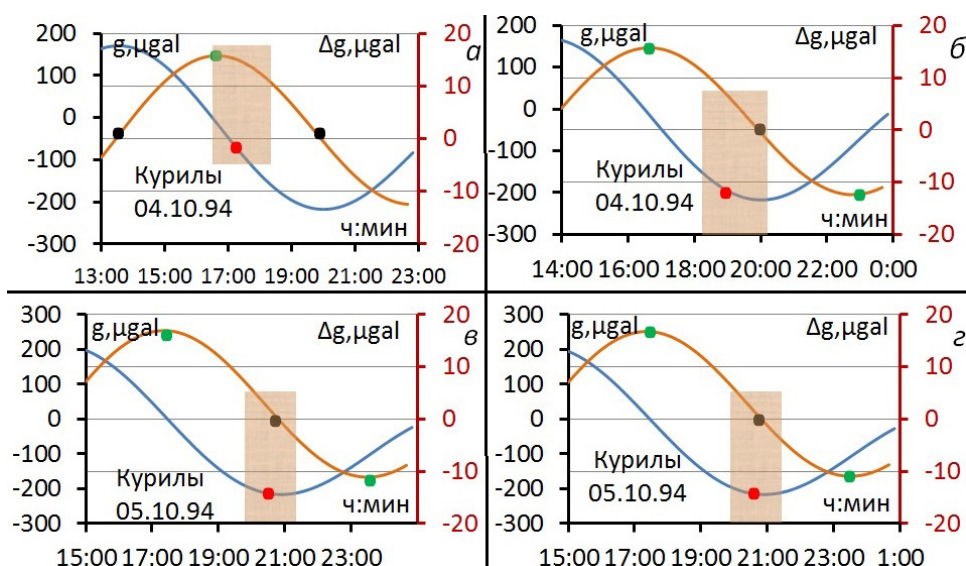


Рис. 5. Расчетные лунно-солнечные вариации силы тяжести на Курильских островах 28 – 30.09.1989 г. и распределения отклонений землетрясений по времени от точек вариаций силы тяжести: а – время события 18:10; б – время события 19:16; в – время события 20:37; г – время события 20:39.

Английский физик Дж. Этвуд в 1784 г. изобрел устройство для измерения силы тяжести [11]. Суть этого прибора заключалась в том, что на блоке размещалась нить с равными массами. Массы уравнивали друг друга, и система находилась в равновесии: $m_1g = m_2g$. Но если к одной из масс добавляли дополнительный грузик, то система приходила в движение. В движущейся системе возникает результирующая сила

$$F = m_2g - m_1g$$

Таким образом, уравнение движения этих двух масс равно:

$$(m_2 + m_1)a = (m_2 - m_1)g,$$

где a – ускорение этих масс.

Отсюда следует, чем меньше добавочная масса, тем меньшее ускорение и оно точнее может быть измерено. Но эта формула справедлива только при отсутствии трения на блоке. В реальности разность масс должна быть больше некоторой величины $(m_2 - m_1) > \delta m$, чтобы началось движение. По аналогии с этими выводами можно рассуждать относительно воздействия дополнительного импульса силы тяжести на упругое равновесие в земной коре, чтобы произошло нарушение прочности в земной коре, т.е. произошло землетрясение. В зависимости от действия импульса и его направления возникает разрыв во времени между экстремальной точкой и землетрясением.

А теперь рассмотрим, как концентрируются землетрясения вокруг экстремальных точек. Половина

землетрясений приурочено к точке максимального градиента изменения вариаций силы тяжести, а вторая половина разделилась поровну между точками максимального и минимального значений вариаций силы тяжести. Распределение землетрясений осталось тем же, каким оно отмечалось в предыдущем исследовании [1], несмотря на столь внушительную разность в статистике. Ранее [1] от общего числа 172 землетрясений 83 события приурочены к максимуму градиента вариаций и соответственно 89 событий относительно максимума и минимума вариаций. Теперь же от общего числа 1693 землетрясения распределение событий соответственно равно 841 и 852.

На рис. 6 приведены кривая распределения событий и гистограмма этих событий. Прежде всего, обращает на себя внимание сохранившаяся «двугорбость» гистограммы, как и при катастрофических землетрясениях [1] (рис. 6, б). На указанном рисунке четко выявляются максимумы в интервале $\pm(30-40)$ мин. Видимо, проявляется некоторая закономерность, присущая распределению землетрясений, но объяснить её на данном этапе времени не представляется возможным. При временных значениях ± 90 мин. проявляются дополнительные максимумы, которые, вероятно, никак не связаны с вариациями силы тяжести. Так оно должно быть, поскольку землетрясения возникают не только с космическими, но и внутриземными факторами.

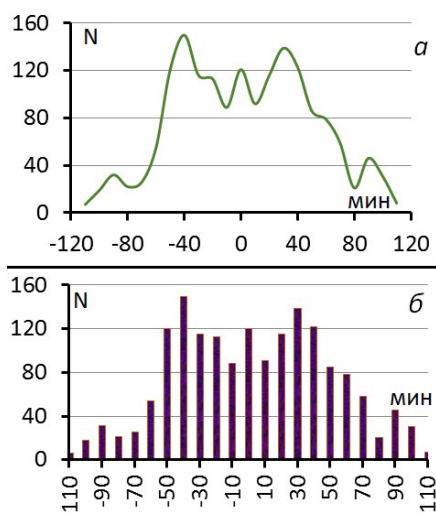


Рис. 6. График (а) и гистограмма (б) распределения отклонений землетрясений по времени от экстремальных точек вариаций силы тяжести для землетрясений с магнитудой $6 \leq M < 7$: N – количество событий.

Заключение

В итоге можно констатировать, что связь между землетрясениями и лунно-солнечными вариациями силы тяжести существует, но это есть лишь опосредственная связь. Землетрясения группируются вокруг

экстремальных точек вариаций силы тяжести. Наибольшая часть землетрясений (половина от общего числа) приурочена к точке максимального градиента изменения вариаций. Это вполне закономерно, так к этой точке приурочено максимальная деформация земной коры. Но спусковым крючком все-таки служат процессы, происходящие в солнечной системе (метеорные потоки, корональные выбросы масс и т. д.).

Можно ещё раз остановиться на предложении, выдвинутом в [1] об организации прогностической службы землетрясений. Положение сейсмоопасных зон на карте мира хорошо известно. Не существует большой проблемы, чтобы рассчитывать лунно-солнечные вариации на любое заданное время вперёд на какой угодно территории и с любым временным шагом. Даты прохождения метеорных потоков известны по астрономическим данным. Возникновение корональных выбросов масс прогнозируется с погрешностью до суток. Совпадение экстремальных зон лунно-солнечных вариаций с сейсмоопасными зонами можно использовать для средне- и долгосрочного прогноза землетрясений. По мере выявления этих зон возможных землетрясений можно подключать другие геофизические методы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов, Ю. В. О возможной приуроченности землетрясений к экстремумам лунно-солнечных вариаций силы тяжести / Ю. В. Антонов // Изв. ВУЗ, Геология и разведка. – 2018. – № 3. – С. 51–57.
2. Антонов, Ю. В. Неприливные вариации силы тяжести как возможный критерий краткосрочного прогноза землетрясений / Ю. В. Антонов, И. Ю. Антонова // Краснодар. Экологический вестник научных центров ЧЭС. – 2015. – №1. – С.5–13.
3. Nasa – Режим доступа: http://www.nasa.gov/topics/moonmars/features/lunar_core.htm/ (дата обращения 30.05.2018)
4. ShakeMap – Режим доступа: <http://earthquake.usgs.gov/data/shakemap/> (дата обращения 30.05.2018)
5. Антонов, Ю. В. Структура и морфология неприливных вариаций силы тяжести / Ю. В. Антонов // Геофизика. – 2015. – № 1. – С. 67–71
6. Богачёв, С. А. Солнечные вспышки / С. А. Богачёв, А. С. Кириченко // Земля и Вселенная. – 2013. – № 5. – С. 3–15.
7. Мельхиор, П. Земные приливы / П. Мельхиор. – М.: Изд-во «Мир», 1968. – 482 с.
8. Северный, А. Б. Некоторые проблемы физики Солнца / А. Б. Северный. – М.: Наука, 1988. – 221 с.
9. Соболев, Г. А. Физика землетрясений и предвестники. / Г. А. Соболев, А. В. Пономарев. – М.: Наука, 2003. – 270 с.
10. Timmen, L. Worldwide synthetic gravity tide parameters available on Internet / L. Timmen, H.-G. Wenzel // Bulletin d'information-Bureau gravimétrique international. – 1994. – V. 75. – P. 32–40.
11. Кауфман, А. А. Принципы метода гравиметрии. / А. А. Кауфман, Р. Хансен. – Тверь, 2011. – 359 с.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Антонов Юрий Васильевич, доктор технических наук,
профессор кафедры геофизики
E-mail: yuriyantонов@yandex.ru; Тел.: +7(473) 220 83 85

Voronezh State University

Antonov Y. V., Doctor of Engineering Sciences, professor
Geophysical Department
E-mail: yuriyantонов@yandex.ru; Tel.: +7 (472) 220 83 85