



ЭКСПЕРИМЕНТ ПО РЕГИСТРАЦИИ ПОЛЕВЫМИ КВАРЦЕВЫМИ ГРАВИМЕТРАМИ НАПРЯЖЕННОСТИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ВО ВРЕМЯ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ В НОВОСИБИРСКЕ

А. П. Федянин, А. В. Фатеев

Отмечено, что при полном солнечном затмении в природе наблюдается какое-то смятение. Люди тоже начинают беспокоиться, им хочется узнать, что же происходит в этот момент. В 1981 и 2008 гг. мы попытались проследить за реакцией кварцевых астазированных систем и уровней гравиметров, расположенных в полосе полного солнечного затмения, прошедшей по Новосибирску. В результате выяснено, что отечественные высокоточные гравиметры, используемые в России для поисков и разведки полезных ископаемых, позволяют измерять изменение напряженности гравитационного поля во время солнечных затмений. Разработана методика регистрации и выделения гравитационных эффектов на уровне чувствительности подобных гравиметров. Смещение пузырьков уровней гравиметров по шкале при стабильном температурном режиме наблюдения указывает на колебание отвеса в данной точке наблюдения. Эти результаты могут быть интересны физикам-теоретикам при фундаментальных разработках теории гравитации.

Ключевые слова: солнечные затмения, гравитационное поле Земли, полевые кварцевые гравиметры, гравитационный эффект затмения.

AN EXPERIMENT TO RECORD THE EARTH'S GRAVITY FIELD INTENSITY WITH FIELD QUARTZ GRAVIMETERS DURING ECLIPSES OF THE SUN IN NOVOSIBIRSK

A. P. Fedyanin, A. V. Fateev

It is noted that during the total eclipse of the Sun there is a flurry in nature. People start being anxious, they want to know what is going on at the moment. In 1981 and 2008 we tried to follow the reaction of quartz astatized systems and gravimeter levels located in the zone of the total eclipse of the Sun in Novosibirsk. As a result, it turns out that home sensitive gravimeters used in Russia for commercial minerals prospecting and exploration allow to measure changes in gravity field intensity during eclipses of the Sun. We have developed a technique for recording and distinguishing gravitational effects at the sensitivity level of such gravimeters. Displacement of gravimeter level bubbles on the scale at stable temperature conditions of observations indicates plumb oscillations at a given observation point. These results may be interesting to theorist physicists in case of fundamental developments of the gravitation theory.

Keywords: eclipses of the Sun, Earth's gravitational field, field quartz gravimeters, gravitational effect of eclipse.

В Новосибирске за относительно короткий промежуток времени мы проводили измерения во время двух солнечных затмений – в 1981 и в 2008 гг. 31.07.1981 солнечный диск плавно перекрывался Луной с 9:45 до 11:45 по местному времени, а 01.08.2008 – с 16:41 до 18:45. При этом в 1981 г. перекрытие Солнца Луной в Новосибирске было частичное (95 %), а в 60 км юго-западнее Новосибирска, в пос. Боровое – уже 99 %. В 2008 г. в Новосибирске наблюдалось полное солнечное затмение (рис. 1) в течение 2 мин 19 с (с 17:44 до 17:46:19).

Геофизикам Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), занимавшимся разработкой методики гравиметрической разведки полезных ископаемых, было интересно посмотреть на реакцию кварцевых систем полевых гравиметров в стационарных условиях во время солнечного затмения. Кроме того, хотелось быть

причастными к изучению фундаментальных проблем гравитации (экранирование Луной ударной волны солнечного ветра или задержка потока электронов).

В физическом энциклопедическом словаре [4] много написано о гравитации, о взаимодействии между любыми видами материи, но вопрос о скорости распространения тяготения остается открытым: тяготение распространяется мгновенно или со скоростью света? Поэтому любые опыты по измерению гравитационного поля Земли во время редких природных явлений, таких как солнечные затмения, интересны сами по себе. Так, например, зарубежные физики проводили гравиметрические наблюдения во время полного солнечного затмения в марте 1997 г. [5, 6].

В 1981 г. группа геофизиков из СНИИГГиМС во время солнечного затмения измерила напряженность гравитационного поля Земли в пос. Бо-



Рис. 1. Солнечная корона при полном затмении 01.08.2008 в Новосибирске (фото В. И. Недоспасова)

ровое Новосибирской области и в гравиметрической лаборатории СНИИГГиМС в Новосибирске. Результаты опубликованы в сборнике научных трудов института [3].

Реакция кварцевых систем у всех семи гравиметров ГНУ-КС, использовавшихся при наблюдениях в пос. Боровое, оказалась схожей: изменение скорости смещения нуля гравиметров (текучесть кварца) приурочено к моменту затмения. На этом основании был сделан вывод о том, что в полосе солнечного затмения изменяется напряженность гравитационного поля Земли.

Чувствительность современных полевых кварцевых гравиметров достаточна для регистрации гравитационных эффектов, что создает предпосылки для изучения напряженности гравитационного поля Земли на протяжении всей полосы солнечного затмения.

В 2008 г. авторы во время затмения в Новосибирске измеряли изменение напряженности гравитационного поля Земли двумя полевыми кварцевыми гравиметрами ГРК – «Дельта» (заводские номера 1100 и 95). Наблюдения проводились в пойме рч. Каменка, в подвале бокса № 75 гаражного кооператива «Электромонтажник» на мощной (≈ 5 м) песчаной подушке при стабильной температуре воздуха ($\approx 6^\circ\text{C}$). Координаты точки $\varphi = 55^\circ 01' 57''$ N, $\lambda = 82^\circ 56' 20''$ E. Были учтены ошибки, допущенные при наблюдениях 1981 г.

Во-первых, после того как уровни были выставлены в нулевое положение, перемещение их воздушных пузырьков по шкале уровней отслеживалось только визуально и винтами в нулевое положение в процессе измерений не приводилось.

Во-вторых, гравиметр «Дельта-1100» был установлен так, что ось поперечного уровня располагалась субпараллельно полосе затмения, а продольного – субперпендикулярно, а для гравиметра «Дельта-95» – наоборот.

В-третьих, подсветка шкалы окуляра гравиметра включалась только на момент наведения подвижного блика измерительного устройства на нулевой штрих неподвижной шкалы. При этом все требования по технике измерений с гравиметрами в итоге тщательно соблюдались. Методика заключалась в многократных наблюдениях на одной точке за показаниями измерительного микрометрического устройства гравиметров.

Рассмотрим графики аномалий поля силы тяжести, полученные после соответствующей обработки данных измерений на компьютере.

На рис. 2 показаны изменения значений гравитационного поля Земли (кривая 4) и отклонения отвеса (относительные значения продольного – кривая 2 – и поперечного уровней – кривая 3), которые были получены во время затмения 01.08.2008. Кривая 1 на этом и следующих рисунках условно отображает интервал затмения.

Наблюдения были обработаны за относительно короткий промежуток времени (3,5 ч), хотя гравиметры работали в течение нескольких суток. Такая методика анализа гравиметрических наблюдений [1] позволила нам максимально уменьшить погрешности дрейфа нуль-пунктов гравиметров и погрешности за приливные изменения силы тяжести. В результате средняя квадратическая ошибка единичного наблюдения составила 0,02 мГл, а среднее из показаний двух гравиметров близко к чувствительности приборов.

Как видно на рис. 2 (кривая 4), в начальной фазе затмения произошел резкий ($\approx 0,12$ мГл.) всплеск напряженности гравитационного поля. Затем по мере перекрытия Солнца Луной напряженности поля плавно уменьшалась, к моменту полного затмения вновь несколько увеличилась, а в конечной фазе затмения опять обозначился характерный ее всплеск. Напомним, что кривая 4 отражает среднее значение из показаний двух гравиметров.

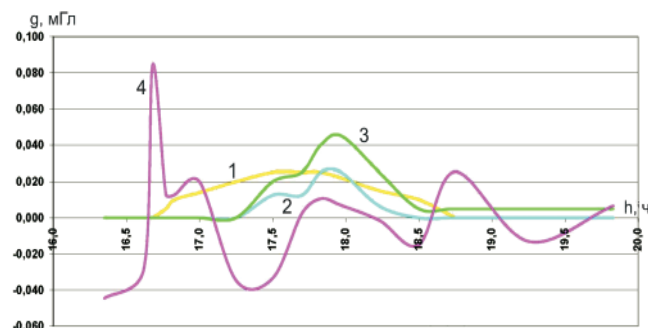


Рис. 2. Графики изменения напряженности поля силы тяжести и отклонений отвеса во время полного солнечного затмения 01.08.2008 в Новосибирске (среднее из показаний двух гравиметров)

1 – интервал затмения; относительные значения уровня: 2 – продольного, 3 – поперечного; 4 – напряженность поля силы тяжести



На рис. 2 также обращает на себя внимание соответствие графиков отклонений отвеса (кривые 2 и 3), отмеченных по показаниям поперечного и продольного уровней гравиметров, с кривой 1 в фазе полного затмения. По тому, как были расположены уровни гравиметров относительно полосы движения солнечного затмения, можно сделать вывод, что упругая реакция Земли была направлена навстречу полосе затмения. Это подтверждают показания двух других уровней гравиметров, воздушные пузырьки которых стабильно оставались в нулевом положении на протяжении всего этапа измерений.

Вызывает интерес статья [2], в которой также отмечаются всплески колебаний отвеса во время солнечного затмения, фиксируемые с помощью нивелиров.

Таким образом, можно уверенно заявить, что во время солнечного затмения изменяется напряженность гравитационного поля Земли и современные полевые относительные кварцевые гравиметры позволяют это регистрировать.

В качестве других примеров, подтверждающих высказанное положение, приведем результаты компьютерной обработки гравиметрических наблюдений во время солнечного затмения в 1981 г. в пос. Боровое и Новосибирске.

На рис. 3 представлен график напряженности гравитационного поля Земли (кривая 2), построенный как среднее из наблюдений с гравиметрами ГНУ-КС (№№ 58, 315, 325, 553, 574, 639, 650) Ленинградского завода «Геологоразведка». Большое число наблюдений за короткий промежуток времени затмения позволило получить высокую точность среднего значения из этих наблюдений – примерно 0,008 мГл. На кривой 2 четко проявляется отрицательная аномалия силы тяжести, ограниченная в начале и конце затмения узкими всплесками повышенных значений. Полученный график в общих чертах сходен с графиком на рис. 2. Такое их сходство, очевидно, неслучайно и требует тщательного изучения специалистами-теоретиками. Исходные данные гравиметрических наблюдений в полном объеме можно получить из компьютерной базы данных авторов статьи.

На рис. 4 приведен график напряженности гравитационного поля Земли, полученный как разность между наблюдениями в синхронное время 30.07.1981 и 31.07.1981 гравиметром «Дельта-1100» на тумбе в гравиметрической лаборатории СНИИГГиМС (оператор А. Ф. Злотников). Мы основывались на простом рассуждении. 30.07.1981 Луна над СНИИГГиМС не перекрывала Солнце в синхронное солнечному затмению время на следующий день. Значит, разница должна была показать чистый эффект солнечного затмения.

Наше предположение оказалось удачным: гравитационный эффект солнечного затмения

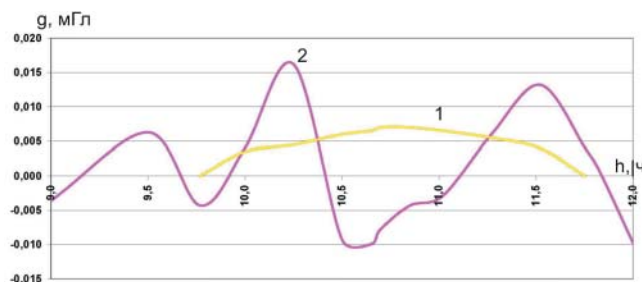


Рис. 3. График напряженности поля силы тяжести Земли во время частичного (99 %) солнечного затмения 31.07.1981 в пос. Боровое Новосибирской области (среднее из показаний семи гравиметров)

1 – интервал затмения; 2 – напряженность поля силы тяжести

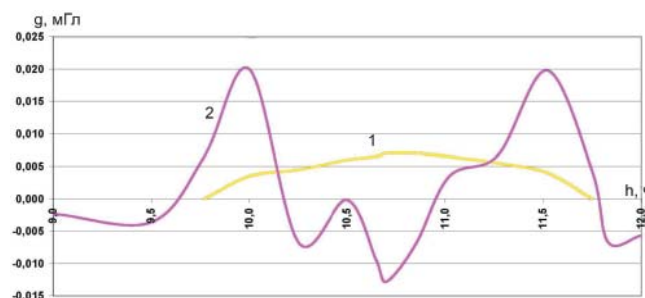


Рис. 4. График напряженности поля силы тяжести Земли во время частичного (95 %) солнечного затмения 31.07.1981 в Новосибирске (разница из наблюдений гравиметром «Дельта-1100» 30.07.1981 и 31.07.1981)

1 – интервал затмения; 2 – напряженность поля силы тяжести

проявился четко. Как видно на рис. 4, в начальной и конечной фазах затмения отмечаются всплески напряженности гравитационного поля Земли (кривая 2), которые к фазе полного затмения переходят в зону отрицательных аномалий.

Отметим, что этот график аномальной кривой напряженности гравитационного поля Земли повторяет в общих чертах аномальные кривые, приведенные на рис. 2, 3. Тип кривых поразительно одинаков, что, вероятно, можно связать с однотипностью гравитационного воздействия на упругую систему гравиметров во время солнечного затмения.

Завершая описание результатов экспериментов, проведенных авторами настоящей статьи во время солнечных затмений в Новосибирске, можно сделать следующие выводы.

1. Кварцевые системы полевых гравиметров реагируют на относительное изменение напряженности гравитационного поля Земли во время солнечных затмений.

2. Точная настройка гравиметров в стационарных условиях наблюдений позволяет зарегистрировать гравитационные эффекты на уровне чувствительности приборов.

3. Выделение этих эффектов связано с соблюдением соответствующих требований к мето-



дике обработки значений, измеренных разными гравиметрами.

Кроме того, авторам удалось выделить характерный тип аномалий гравитационного поля Земли во время солнечных затмений в Новосибирске. Хотелось бы надеяться, что полученными результатами заинтересуются физики-теоретики и примут их во внимание при фундаментальных разработках теории гравитации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гравиразведка.** Справочник геофизика. 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Под ред. Е. А. Мудрецов, К. Е. Веселова. – М. : Недра, 1990. – 607 с.
2. **Каленицкий, А. И.** Результаты нивелирных измерений в период Солнечного затмения 1 августа 2008 г. [Текст] / А. И. Каленицкий, Э. Л. Ким, Д. Н. Голдобин // Сб. матер. V Междунар. конгр. «Гео-Сибирь-2009». Т. I. Ч. 2. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. – Новосибирск : СГГА, 2009. – С. 67–70.
3. **Федянин, А. П.** Гравиметрические и геодезические измерения во время солнечного затмения (31 июля 1981 г.) [Текст] / А. П. Федянин, А. И. Каленицкий, В. И. Кузьмин // Геофизические и геодезические методы и средства при поисках полезных ископаемых в Сибири. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1982. – С. 116–120.
4. **Физический** энциклопедический словарь [Текст] / Гл. ред. А. М. Прохоров. – М. : Советская энциклопедия, 1984. – 944 с.
5. **Precise measurement of gravity variations during a total solar eclipse** [Electronic resource] / Qian-shen Wang, Xin-she Yang, Chuan-zhen Wu [et al.] // Physical Review D. – 2000. – Vol. 62. – 041101. – <http://www.eclipse2006.boun.edu.tr/sss/paper03.pdf>
6. **Unnikrishnan, C. S.** Anomalous gravity data during the 1997 total solar eclipse do not support the hypothesis of gravitational shielding [Text] / C.-S. Unnikrishnan, A.-K. Mohapatra, G.-T. Gillies // Physical Review D. – 2001. – Vol. 63. – 062002. – <http://www.eclipse2006.boun.edu.tr/sss/paper04.pdf>

© А. П. Федянин, А. В. Фатеев, 2014

ФЕДЯНИН Алексей Петрович

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, к. г.-м. н.

E-mail: fateev@sniiggims.ru

ФАТЕЕВ Анатолий Васильевич

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, заведующий лабораторией

E-mail: fateev99@mail.ru