

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.312

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ  
ВО ВРЕМЯ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ  
В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ\*Г. П. Арнаутков, Е. Н. Калищ, Ю. Ф. Стусь, М. Г. Смирнов,  
И. А. Бунин, Д. А. Носов*Институт автоматики и электрометрии СО РАН,  
630090, г. Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 1  
E-mail: arnautov@iae.nsk.su*

Представлены результаты измерения приливных вариаций силы тяжести  $\Delta g$  с погрешностью менее  $1 \text{ мкГал} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$  с помощью разработанных и созданных авторами абсолютных лазерных баллистических гравиметров во время солнечных затмений 31 июля 1981 г. и 1 августа 2008 г.

*Ключевые слова:* корпускулярная теория природы тяготения, солнечное затмение, лазерный баллистический гравиметр, приливные вариации силы тяжести, коэффициент поглощения гравитации.

Целью проведенных в данной работе экспериментов была проверка гипотезы об эффекте экранирования Луной гравитационного притяжения Солнца. Этот эффект предполагался в обсуждаемой и проверяемой до настоящего времени корпускулярной теории природы тяготения [1–3]. При этом в точке наблюдений на Земле допускалось частичное поглощение притяжения Солнца промежуточным телом (Луной).

Величина данного эффекта в изменениях силы тяжести на Земле зависит от доли закрытости диска Солнца Луной, т. е. от фазы затмения и от зенитного расстояния Солнца  $z$ : с увеличением  $z$  она уменьшается до нуля, когда по отношению к наблюдателю Солнце находится вблизи горизонта. Наибольший эффект достигается в момент максимальной фазы затмения и согласно расчетам [1, 2] увеличивает значение  $g$  на  $1,5 \text{ мкГал}$ . Особенностью солнечных затмений 1981 и 2008 годов было то, что в точках гравиметрических наблюдений они достигали полной фазы, которая наступала соответственно в 10 ч 45 мин и в 17 ч 45 мин по местному времени.

Таким образом, местоположение пунктов наблюдений в зоне полной фазы солнечного затмения и зенитное расстояние Солнца во время затмения были близки к оптимальным, способствующим достижению максимального значения гравитационного экранирования.

Поскольку оценки, приведенные в [1, 2], имеют приближенный характер, большой интерес представляла экспериментальная проверка гипотезы гравитационного экранирования с помощью лазерного баллистического гравиметра (ГАБЛ), погрешность измерений которого сравнима со значением ожидаемого эффекта. В отличие от относительных гравиметров, используемых в аналогичных экспериментах, гравиметры ГАБЛ не имеют дрейфа нуля, не чувствительны к изменениям температуры внешней среды, а влияние притяжения атмосферных масс, меняющегося при изменении атмосферного давления, учитывается

\*Работа выполнена при поддержке Президиума РАН (программа № 16 «Динамика деформационных процессов в сейсмоактивных регионах Центральной Азии и в очаговых зонах крупных землетрясений»).

введением поправок, вычисленных по формулам, рекомендованным Международной гравиметрической комиссией. Абсолютное значение ускорения силы тяжести определяется гравиметрами типа ГАБЛ по результатам измерения пути и времени свободного падения пробной массы (свободно падающего тела) в вакуумированной камере. Главным достоинством этого метода является то, что при измерениях используются естественные единицы длины и времени. Измерение пути, пройденного свободно падающим телом, осуществляется лазерным интерферометром (мерой длины служит длина волны лазерного излучения, определяемая по атомному реперу в спектре излучения, а мерой интервалов времени является частота прецизионного (например, рубидиевого) стандарта). Высокая точность и стабильность этих мер определяют надежность результатов измерения, что особенно важно при исследовании долговременных (приливных и неприливных) вариаций силы тяжести [4].

В результате регулярных международных метрологических сравнений установлено [5], что гравиметры типа ГАБЛ по точности измерений абсолютного значения  $g$  занимают одно из лидирующих положений в мире. При этом одна из последних разработок — гравиметр ГАБЛ-Э — имеет инструментальную погрешность менее 3,5 мкГал, а его среднеквадратическая погрешность не превышает 1 мкГал.

Поскольку инструментальная погрешность для каждого отдельного прибора — величина постоянная и при повторных измерениях исключается, то при измерении вариаций силы тяжести  $\Delta g$  преобладающей становится среднеквадратическая погрешность измерений. Эта погрешность определяется в основном влиянием вибросейсмических колебаний постаumenta, на котором установлен гравиметр.

Возникающие при этом инерционные помехи неотличимы от гравитационного изменения. Источником таких помех являются как природные микросейсмические колебания, так и вибрационные шумы, создаваемые транспортом, проезжающим вблизи точки наблюдения, а также работой расположенных вблизи промышленных предприятий. В связи с этим точки прецизионных наблюдений обсуждаемых солнечных затмений были выбраны на достаточном удалении от источников промышленных и транспортных инерционных колебаний земной поверхности.

Существенная часть инерционных помех компенсировалась виброзащитной системой — подвеской опорного уголкового отражателя (точки отсчета) в центре качаний низкочастотного сейсмографа. В зависимости от спектра этих помех виброзащитная система снижала погрешность измерений до 10 раз.

Влияние оставшейся некомпенсированной части инерционных помех уменьшалось накоплением и усреднением результатов повторных измерений. Поскольку помехи имели нормальный закон распределения, погрешность среднего результата измерений уменьшалась в  $\sqrt{N}$  раз, где  $N$  — число измерений в серии. Один цикл измерения (подъем специальным лифтом свободно падающего тела (СПТ) в стартовое положение, возврат лифта в нижнее положение, отпускание СПТ, измерение пути и времени его свободного падения, обработка результатов измерения) длится 10–12 с. В зависимости от уровня вибросейсмических помех накапливается серия из 30 или 60 единичных циклов измерений  $g$ . Продолжительность этих серий составляет 5 или 10 мин. Обычно среднее значение таких серий имеет погрешность не более 1 мкГал. Только в первых вариантах гравиметра ГАБЛ погрешность среднего значения  $g$  в серии достигала 2 мкГал.

Результаты измерений приливных вариаций силы тяжести гравиметром ГАБЛ до и во время солнечного затмения 1981 г. [6] показаны на рис. 1.

Результаты измерений гравиметром ГАБЛ-ЭМ во время солнечного затмения 2008 г. иллюстрирует рис. 2.

На рисунках сплошными кривыми показано теоретическое изменение силы тяжести, рассчитанное по классической теории приливов, точками — результаты измерений, верти-

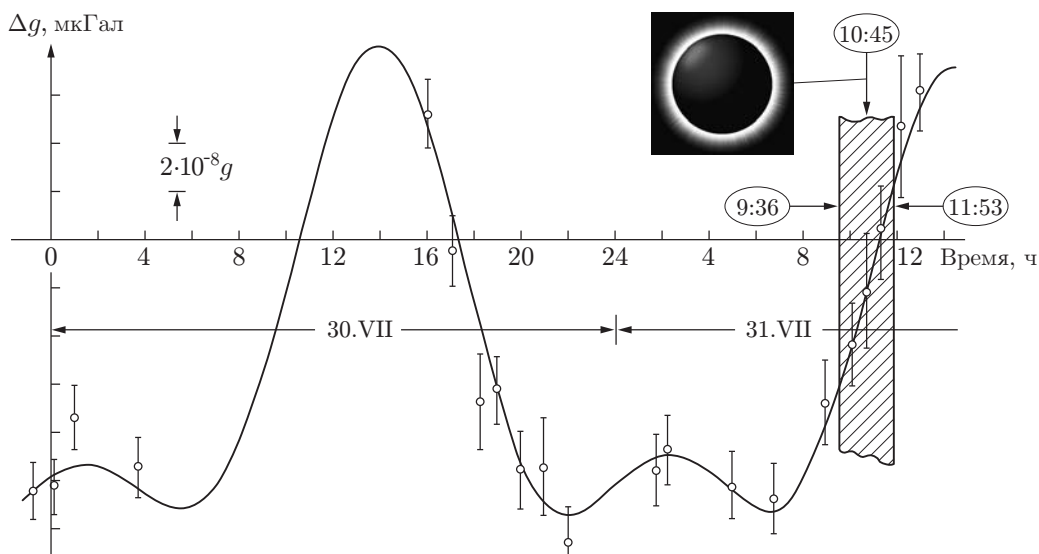


Рис. 1

кальные линии отображают среднеквадратическую погрешность проведенных измерений. Как видно из рис. 2, величина погрешности для гравиметра ГАБЛ-ЭМ сравнима с размерами точек. На рисунках указано местное время. Стрелками обозначены моменты начала затмения, его полной фазы и окончания.

Таким образом, по результатам измерений абсолютными лазерными баллистическими гравиметрами эффект гравитационного экранирования во время солнечных затмений не превышал погрешность измерений.

На основании проведенных экспериментов с лазерным гравиметром можно оценить возможный коэффициент поглощения гравитации. Для этой оценки воспользуемся теоретической формулой относительного увеличения силы тяжести в момент полной фазы солнечного затмения [1, 2]:

$$\delta g = 5 \cdot 10^5 h \cos z,$$

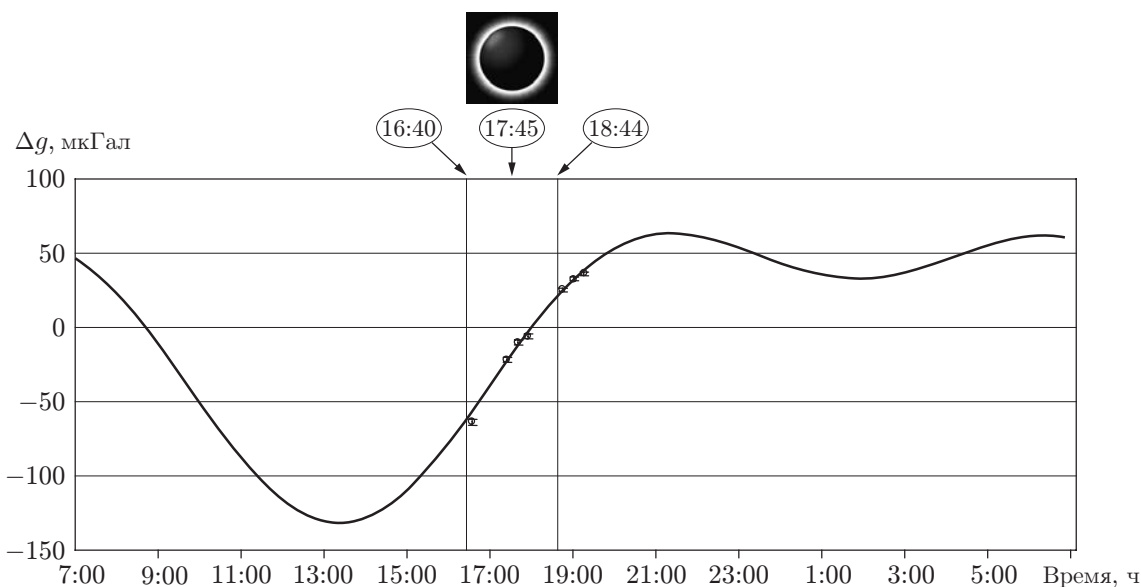


Рис. 2

где  $h$  — коэффициент поглощения гравитации. При экспериментально полученной оценке  $\delta g \leq \pm 1 \cdot 10^{-9}$  и  $z = 15^\circ$  (1981 г.) величина  $h \leq 2 \cdot 10^{-15}$ ; при  $z = 60^\circ$  (2008 г.) величина  $h \leq 4 \cdot 10^{-15}$ .

Эти значения сравнимы со значениями, полученными ранее с помощью относительных гравиметров (в том числе построенных на принципе сверхпроводимости).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Радзиевский В. В.** О гравитационном эффекте солнечных затмений и его измерении // *Поиски механизма гравитации: Сб. научн. тр. Нижний Новгород, 2004. С. 116–121.*
2. **Савров Л. А.** Экспериментальные поиски поглощения гравитации и пятой силы // Там же. С. 121–133.
3. **Сарычева Ю. К., Тимофеев В. Ю., Хомутов С. Ю.** Гравиметрические наблюдения на двух приливных станциях в Сибири во время солнечного затмения 9 марта 1979 г. // Там же. С. 159–171.
4. **Арнаутов Г. П., Калиш Е. Н., Смирнов М. Г. и др.** Лазерный баллистический гравиметр ГАБЛ-М и результаты наблюдений вариаций силы тяжести // *Автометрия. 1994. № 3. С. 3–11.*
5. **Арнаутов Г. П.** Результаты международных метрологических сравнений абсолютных лазерных баллистических гравиметров // *Автометрия. 2005. 41, № 1. С. 126–136.*
6. **Арнаутов Г. П., Калиш Е. Н., Коронкевич В. П. и др.** Прецизионное измерение гравитационного ускорения лазерным интерферометрическим методом // *Изв. АН СССР. Сер. Физическая. 1982. 46, № 10. С. 2055–2060.*

*Поступило в редакцию 29 мая 2009 г.*

---