

О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПОКАЗАНИЯ ВЕСОВ КАВЕНДИША

Э. Н. Халилов

Научно-исследовательский институт прогнозирования и изучения землетрясений, Баку, Азербайджан

About Possible Influence of Geodynamic Processes on Indications of Cavendish Balance

E. N. Khalilov

Scientific-Research Institute of Prognosis and Studying the Earthquakes, Baku, Azerbaijan

Проблема выяснения причин вариаций гравитационной постоянной G , наблюдаемых многими учеными мира, очень важна не только для фундаментальной физики и астрофизики, но также и для геофизики. Статья посвящена экспериментальному изучению причин изменений гравитационной постоянной G и ее возможной связи с геологическими процессами. G этой целью был создан новый инструмент — детектор АТРОПАТЕНА, который непрерывно регистрирует значения G одновременно в двух взаимно перпендикулярных направлениях и относительные изменения во времени силы тяжести Δg . Так, было определено, что параметры изменений во времени G зависят от пространственной ориентации весов Кавендиша. Зарегистрированы вариации G перед сильными землетрясениями.

Problem of clearing up the reasons of variations of gravitational constant G , observed by many scientists of the world, is of great importance not only for fundamental physics and astrophysics, but also for geophysics. The article is devoted to experimental studying of reasons of variations of gravitational constant G and their possible connection with geological processes. For this purpose was created a new instrument — the detector АТРОПАТЕНА, which uninterruptedly registers the values of G simultaneously in two mutually perpendicular directions and the relative changes in time of gravity Δg . It has been determined that the parameters of variations in time of G depend upon spatial orientation of Cavendish balance. Variations G before strong earthquakes are registered.

По мере повышения точности измерений значений гравитационной постоянной G , странным образом увеличиваются различия между результатами измерений G сделанными различными учеными.

Впервые возможность изменения гравитационной постоянной допустил П. Дирак [1—2]. Впоследствии этой проблеме было посвящено большое количество научных исследований различных ученых [3—11].

Авторы [5] получили вариации измеренных значений G , существенно превышающие погрешность измерительного прибора.

Между тем, подводя итоги своих исследований, вышеуказанные ученые пришли к следующему заключению: «Анализ вариаций результатов измерений гравитационной постоянной показывает, что изменения геомагнитного поля, нестабильность температуры и атмосферного давления, потоки остаточного газа в вакуумной камере, изменения наклона установки не могут привести к наблюдаемым эффектам. Вариации гравитационного поля, связанные с изменением взаимного положения Земли, Луны и Солнца слишком малы для непосредственного ощутимого влияния на результаты измерений».

До настоящего времени два наиболее точных измерения G были получены группами ученых в Вашингтонском Университете в Сиэтле и Международном бюро

мер и весов под Парижем, причем в обоих случаях ошибки эксперимента составляли $1/10000$, однако разница полученных значений существенно превышает возможные погрешности. В Сиэтле было получено значение [12]:

$$G = (6,674215 \pm 0,000092) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}.$$

Жан-Поль Мбелек (Jean-Paul Mbelek) и Марк Лашье-Рай (Marc Lachieze-Ray) из французской комиссии по атомной энергии заявили, что им удалось понять причину подобного расхождения между экспериментальными значениями. Исследователи предположили, что в основе наблюдавшихся расхождений лежит взаимовлияние гравитационного и электромагнитного полей.

В своих работах они представили вычисления ожидаемых значений гравитационной постоянной в разных регионах планеты. В основу расчетов были положены теории, предполагающие наличие скрытых размерностей у пространства (в частности, теория струн, в рамках которой объединяется электромагнитное и гравитационное поле) [13—14].

Из расчетов получается, что земное тяготение будет сильнее в тех местах, где сильнее магнитное поле, т.е. максимальных значений можно ожидать в районах северного и южного магнитных полюсов. По их мне-

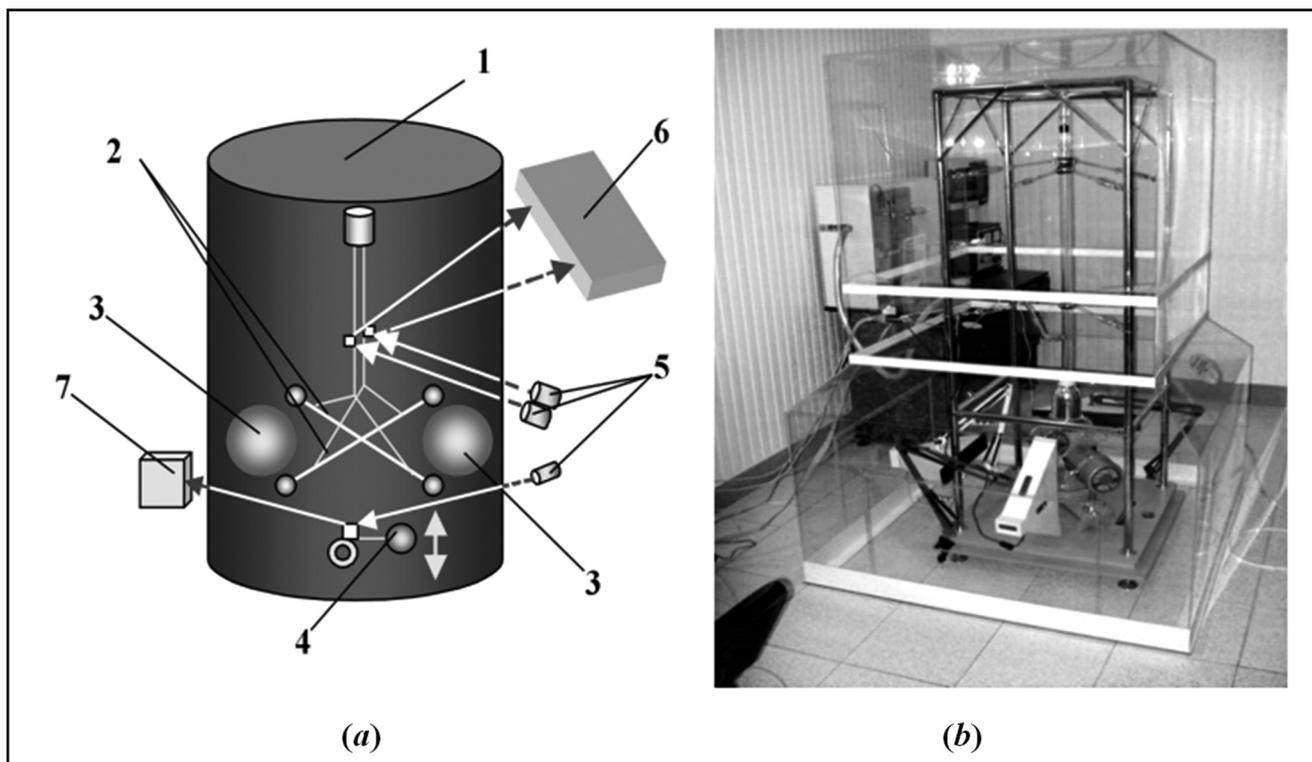


Рис. 1. Схема конструкции (а) и фотография (б) детектора АТРОПАТЕНА.

1 — стеклянный корпус детектора; 2 — коромысла с малыми массами на концах; 3 — большие массы; 4 — пробная масса подвешенная на упругом рычаге; 5 — лазерные излучатели; 6 — чувствительная оптическая матрица для горизонтальных сенсоров; 7 — чувствительная оптическая матрица для вертикального сенсора.

нию, имеющиеся экспериментальные данные вполне согласуются с теорией, однако требуется проведение прецизионных измерений, как в районах самих полюсов, так и в экваториальных районах.

Между тем, некоторые ученые не разделяют этой концепции [15].

В работе [16] отмечается, что в последние годы разброс в значениях измеренных значений гравитационной постоянной достиг 0,7%. Новый эксперимент группы швейцарских физиков из Университета Цюриха, позволил получить результат, отличающийся от французского. Так, в специальном цементированном подвале около Виллигена (Швейцария), они с помощью чувствительных лабораторных весов измерили различия в массе двух маленьких гирь, над или под которыми были размещены две гигантские емкости ртути весом 13 тонн [16]. Измеряя сверхчувствительными весами изменения веса пробных масс, исследователи вычислили значение гравитационной постоянной, равное:

$$G = (6,6754 \pm 0,0005) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^2.$$

Их данные отличаются от результатов полученных группой в Сизтле и французскими учеными.

Во всяком случае, попытки уточнить измеренные значения G пока, что приводят к усилению отклонений в данных, полученных различными учеными мира. Это углубляет некоторую растерянность ученых, так как

вариации G не согласуются с основными положениями общей теории относительности.

Можно было бы говорить об ошибках, связанных с погрешностью измерений или неучтенными помехами, если бы это были единичные случаи. Между тем, изменения во времени и в пространстве в измеренных значениях G наблюдается многими учеными, на протяжении последних десятилетий, увеличиваясь пропорционально повышению точности измерительных систем.

Современные представления о гравитации были впервые описаны А. Эйнштейном в рамках общей теории относительности [17]. В соответствии с общей теорией относительности коэффициент G является константой.

Для экспериментального изучения пространственно-временных вариаций измеренных значений G был создан новый инструмент, названный авторами детектор АТРОПАТЕНА. Конструкция АТРОПАТЕНА имеет заявку на патент РСТ [18].

АТРОПАТЕНА представляет собой замкнутую и изолированную от внешней среды систему сенсоров, использующих физический принцип «Весов Кавендиша», в которых подвешены на нитях вместо одного — два коромысла с малыми массами на концах 2, причем эти коромысла расположены взаимно перпендикулярно. Между малыми массами, размещенными на концах двух коромысел, на равном удалении от них размещены большие массы 3, рис. 1, (а).

Кроме того, имеется и третий измерительный датчик — пробная масса 4, подвешенная на специальном упругом рычаге и имеющая возможность вертикальных смещений при изменении относительных значений ускорения силы тяжести Δg . Вариации Δg обусловлены лунно-солнечными приливами и появлением локальных гравитационных аномалий, которые могут быть вызваны изменением плотности толщи горных пород под прибором в результате изменения их напряженного состояния, а следовательно и их массы.

На рис. 1, (а) схематически показано устройство АТРОПАТЕНА.

Как видно из схемы, на коромыслах с массами 2 и на рычаге вертикального датчика 4 имеются миниатюрные зеркала, на которые направлены три лазерных луча. Отражившись от зеркал, лучи попадают на чувствительные оптические матрицы 6 и 7, где происходит преобразование оптического сигнала от лазерной метки в электрические сигналы и их передача в аналогово-цифровой преобразователь. После этого цифровой сигнал передается в специальный блок компьютера с последующей записью в специальном формате. Разработанное в Научно-исследовательском институте прогнозирования и изучения землетрясений (SRIPSE) программное обеспечение позволяет автоматически записывать информацию в виде отдельных файлов за определенный период времени, устанавливаемый оператором.

Вся чувствительная система помещена в специальный, изолированный от внешней среды, стеклянный корпус 1, в котором создан и постоянно поддерживается глубокий вакуум (10^{-4} МПа).

В разных областях чувствительной системы установлены датчики температуры с точностью до $0,1^\circ\text{C}$, которые связаны с блоком контроля температуры системы. В комнате размещения АТРОПАТЕНА поддерживается постоянная температура с погрешностью $\pm 1^\circ\text{C}$.

Вакуумный корпус с чувствительной системой, для исключения механических воздействий и лучшей теплоизоляции, помещен в прозрачный пластмассовый корпус, позволяющий визуально наблюдать за работой системы (рис. 1, б).

Параллельно с указанными сенсорами, в АТРОПАТЕНА также предусмотрена цифровая сейсмическая станция с использованием трехкомпонентного сейсмоприемника, информация от которого также передается на компьютер и непрерывно записывается по трем каналам X, Y, Z. Запись сейсмограммы по трем каналам производится непрерывно в цифровом виде.

Регистрация сейсмических колебаний необходима, чтобы исключить возможное влияние этих колебаний на дестабилизацию чувствительной системы детектора АТРОПАТЕНА и появление ложных аномалий, вызванных сейсмическими процессами.

Дистанционное управление детектором и дистанционный съем информации минимизирует внешние воздействия на чувствительную систему.

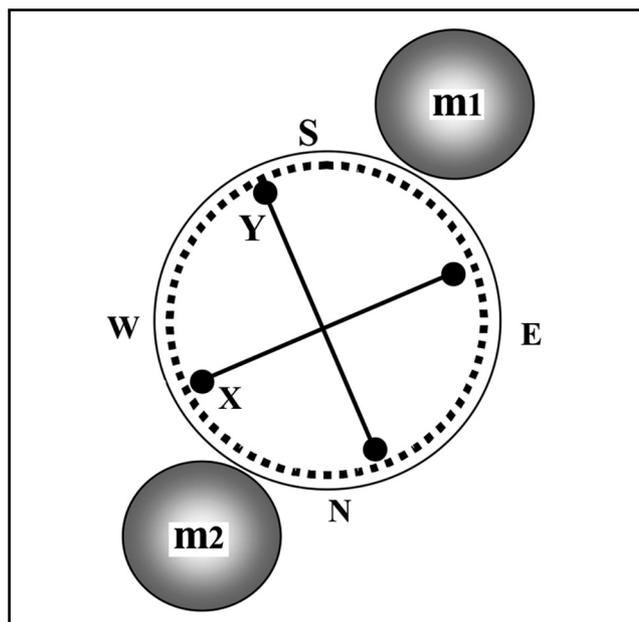


Рис. 2. Схематическое изображение фактической ориентации весов Кавендиша в станции АТРОПАТЕНА.

Все элементы чувствительной системы выполнены из немагнитных материалов, что исключает воздействие на эти элементы магнитного поля и электромагнитных излучений. АТРОПАТЕНА размещена в здании НИИ ПриИЗ в г. Баку (Азербайджан). С 1 апреля 2007 г. станция была полностью введена в действие, что позволило получить высококачественную информацию о вариациях гравитационного поля во времени по трем осям — X, Y, Z, а также записанную параллельно сейсмологическую информацию с помощью широкополосной цифровой сейсмической станции Tethys-SD. Первоначально АТРОПАТЕНА предназначалась для экспериментальных исследований возможного влияния сверхдлинных гравитационных волн на показания весов Кавендиша.

Если исходить из классических представлений фундаментальной физики, то детектор АТРОПАТЕНА, на первый взгляд, воспринимается как абсолютно бессмысленный прибор, так как считается неоспоримым, что гравитационная постоянная — фундаментальная константа и не может меняться во времени или в пространстве. Но автор не исключал возможность влияния на весы Кавендиша сверхдлинных гравитационных волн и хотел проверить эту идею [15].

Между тем, АТРОПАТЕНА зарегистрировала многочисленные сигналы, которые имеют определенные закономерности и высокую корреляцию с сильными землетрясениями в различных регионах восточного полушария Земли.

На рис. 2. показано схематическое изображение фактической ориентации весов Кавендиша в станции АТРОПАТЕНА. Изображение представляет собой вид сверху, X и Y обозначают соответствующим образом

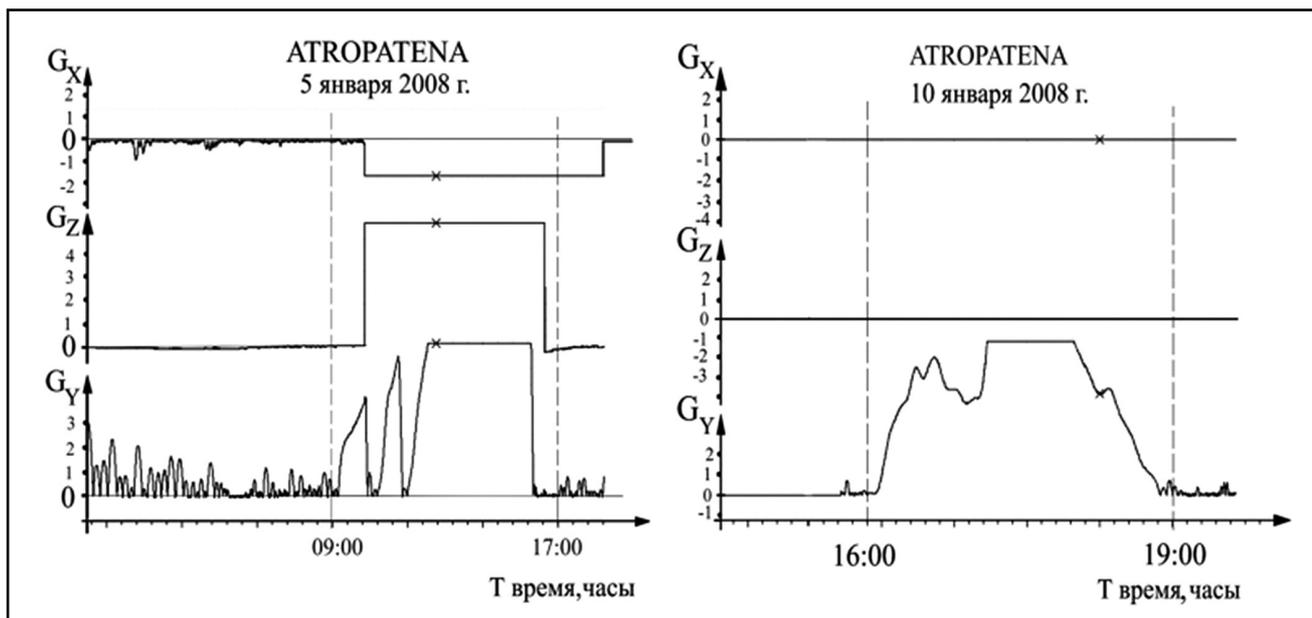


Рис. 3. Гравитограммы за 5 и 10 января 2008 г.

ориентированные коромысла с малыми массами на концах, а m_1 и m_2 — большие массы. S, N, W, E — обозначают, соответственно, север, юг, запад, восток.

Для удобства дальнейшего изложения текста, мы назвали записи детектора АТРОПАТЕНА — гравитограммы, по аналогии с сейсмограммами. Детальное изучение гравитограмм с аномальными отклонениями измеренных значений G может прояснить более тонкие физические нюансы этих процессов.

Хотим напомнить, что на гравитограммах, график G_x отражает движение коромысла X, а график G_y — движение коромысла Y (рис. 2), график G_z отражает изменение силы тяжести, т.е. вертикальные смещения пробной массы. Причем, увеличение значений G_x и G_y означает сближение малых масс на коромыслах с большими массами, а снижение — удаление от больших масс. По оси ординат показаны условные единицы, отражающие амплитуду отклонения малых масс на концах коромысел, относительно больших масс.

Регистрация значений всех трех сенсоров осуществляется с дискретностью в одну секунду. Использование красных лазеров с длиной волны 645 нм и специальных оптических матриц для регистрации лазерной метки и ее перемещений, позволило регистрировать отклонения коромысел на угол до 0,1 градуса. Весь процесс регистрации происходит в цифровом виде автоматически, без участия оператора, а получаемые временные ряды архивируются с помощью специальной программы.

Мы хотим также напомнить, что эти отклонения соответствуют вариациям гравитационной постоянной G в третьем и четвертом знаках после запятой.

На рис. 3 приведены гравитограммы с двумя гравитационными аномалиями, зарегистрированными — 5 января и 10 января 2008 г.

Как видно, на гравитограмме от 5 января, в то время как малые массы коромысла X удаляются от больших масс (G_x уменьшается), массы коромысла и G_y сближаются, причем со значительно большей амплитудой (G_y увеличивается). В то же время G_z также показывает увеличение силы тяжести почти синхронно с G_y . Примечателен также факт запаздывания начала изменений G_z и G_x относительно G_y на 64 минуты. В то же время, G_z возвращается в прежнее положение на 30 минут позже G_y , тогда как G_x на 2,5 часа позже G_y . Мы видим, что все три сенсора показывают ярко выраженный гравитационный сигнал, явно имеющий одну и ту же природу, но существуют большие смещения во времени его регистрации. Период сигнала также достаточно длителен и составляет 8 часов. Во время этих аномалий сейсмическая станция не зарегистрировала никаких сейсмических колебаний, превышающих фоновые шумы. Кроме того, сейсмические сигналы не могут иметь период несколько часов. 7 января произошло сильное землетрясение в регионе Индонезии с $M_{5,9}$ (координаты 0.795 S 134.012 E).

Интересен и другой пример регистрации достаточно интенсивной вариации во времени гравитационной постоянной G со строгой избирательностью по направлению. Этот сигнал зарегистрирован только сенсором G_y . Два других сенсора, как видно из гравитограммы, «молчат». Период сигнала составляет три часа. Во время записи сигнала никаких сейсмических колебаний зарегистрировано не было. 15 января в регионе островов Фуджи произошло сильное землетрясение с $M_{6,5}$ (координаты 21.966 S 179.530 W).

Все данные о землетрясениях в данной статье автор взял из каталогов U.S. Geological Survey Earthquake Hazards Program — USGS (наиболее быстро можно полу-

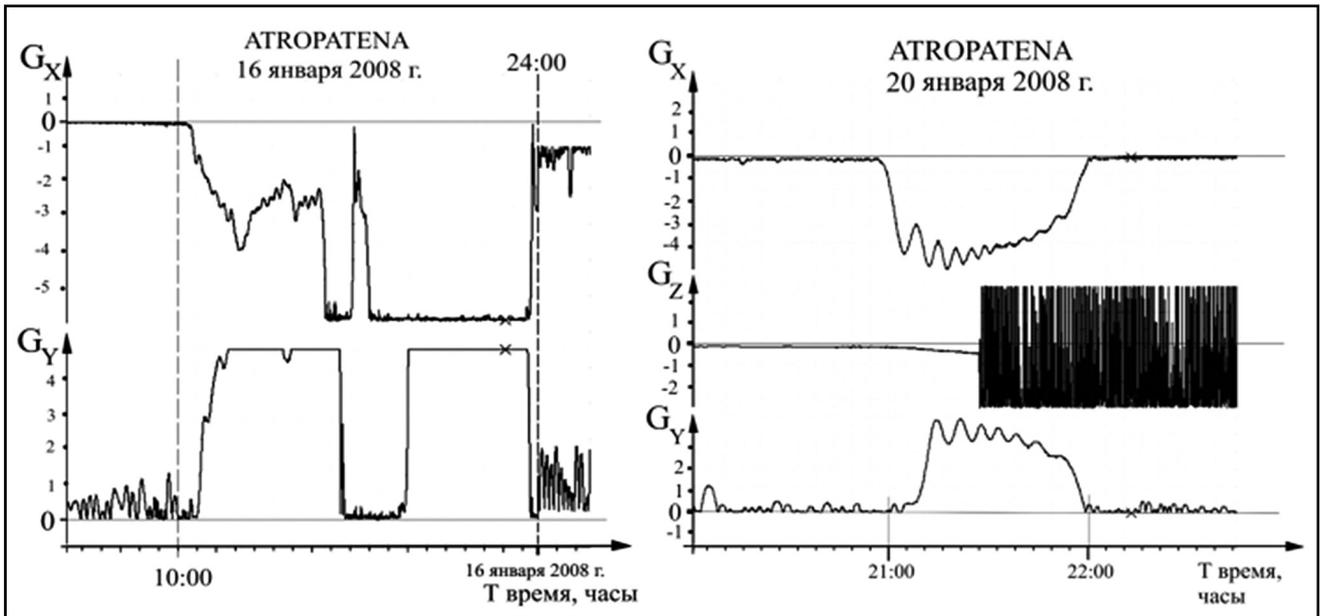


Рис. 3. Гравитограммы за 16 и 20 января 2008 г.

чить доступ к этим каталогам на сайте: <http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqarchives/significant/>.

На рис. 4 показаны гравитограммы за 16 и 20 января 2008 г.

Сначала рассмотрим гравитограмму от 16 января. В связи с отсутствием сигналов G_Z этот график не демонстрируется. С 10:00 начинается практически синхронно снижение значения G_X и увеличение G_Y . Как видно, существует некоторое различие в форме графиков G_X и G_Y , но при этом общая тенденция показывающая высокую отрицательную корреляцию не вызывает сомнений. Графики, фактически зеркально отображают друг друга. В то время, как малые массы коромысла X удаляются от больших масс, массы на концах коромысла Y сближаются и, то же самое происходит в обратном направлении. Общий период наблюдаемого сигнала составляет 14 часов. За 20 января зарегистрирован также достаточно интересный сигнал, при котором графики G_X и G_Y регистрируют в течение 2-х часов сигнал почти зеркально отображенный на обоих гравитограммах. Между тем, примерно через час, после появления данного сигнала, G_Z начинает непрерывно регистрировать высокочастотный квазигармонический сигнал с периодом 4—8 минут. После прекращения регистрации сигнала сенсорами G_X и G_Y , G_Z продолжает регистрировать высокочастотный сигнал вплоть до 23 января включительно, причем такая длительность непрерывного проявления сигнала, является весьма необычной для сенсора G_Z . 22 января происходит достаточно сильное землетрясение в Индонезии с $M6,2$ (координаты 1.011 N 97.438 E).

На гравитограммах за 2—3 февраля зарегистрированы весьма интересные аномалии рис. 5. Если G_Y за-

регистровал три последовательно чередующихся длиннопериодных сигнала, с периодами, соответственно: 11; 8 и 7 часов, то G_X зарегистрировал зеркальное отображение этих же сигналов, но при этом первый и второй из них модулированы высокочастотной составляющей с периодом 4—9 минут, причем модулирующий высокочастотный сигнал в обоих случаях длится около 5-ти часов.

4—5 февраля опять на гравитограмме проявляется характерный сигнал, по характеру напоминающий сигнал за 2—3 февраля, но при этом, гравитационный сигнал G_X модулирован высокочастотной составляющей с периодом 4—9 минут в начале и в конце аномалии. Продолжительность модулирующего сигнала приблизительно одинакова и составляет около 2-х часов. Этот факт весьма интересен, так как сигнал G_X четко ограничен в начале и конце высокочастотной составляющей. 8 февраля происходит сильное землетрясение с $M7,2$ (координаты 10.725 N; 41.898 W) в районе северного срединно-океанического хребта в центральной части Атлантического океана и 10 февраля происходит сильное землетрясение с $M6,5$ (координаты 60.757 S; 25.582 W) в области южных Сандвичевых островов. По нашему мнению, возможно, что аномалии зарегистрированные 2—3 февраля связаны с землетрясением от 8 февраля, а аномалии 4—5 февраля связаны с землетрясением 10 февраля.

7 мая 2008 г. около побережья Хонсю в Японии произошли два сильных землетрясения: первое в 16:02:01 с $M6,2$ (координаты 36.21S 141.47E) и второе в 16:45:20 с $M6,8$ (координаты 36.14S 141.45E). Анализ записи ATROPATENA показал, что 2 мая сенсор G_X начал регистрировать интенсивную отри-

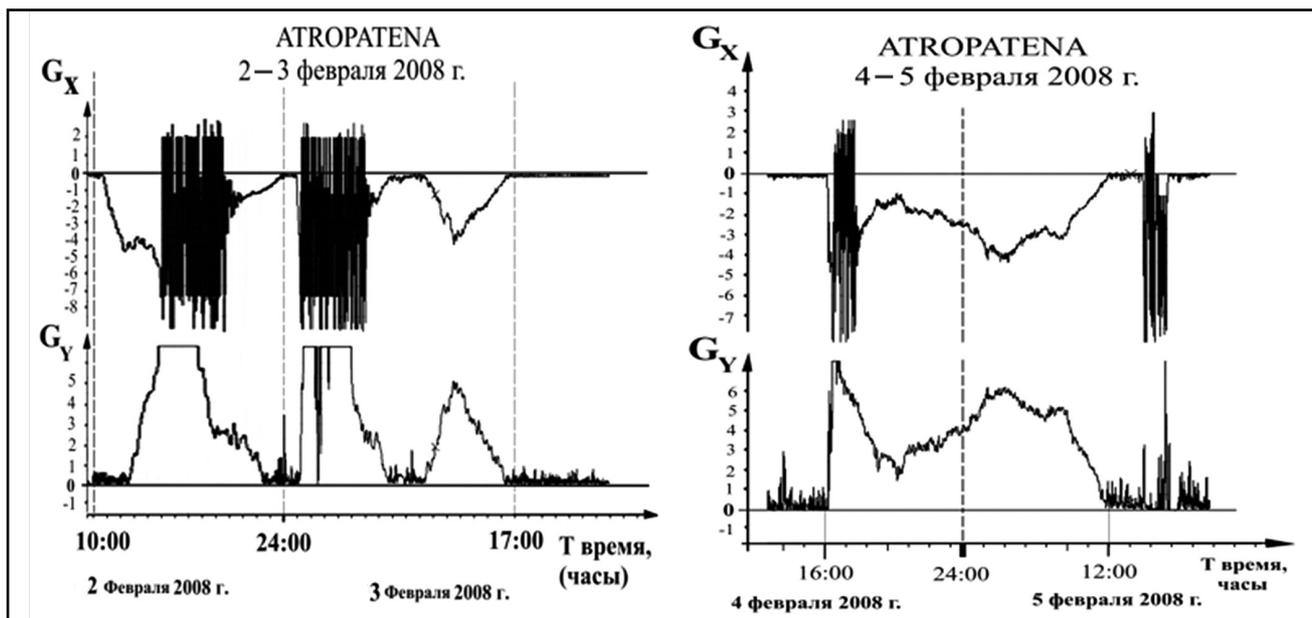


Рис. 3. Гравитограммы за 2–3 и 4–5 февраля 2008 г.

цательную аномалию «А» (рис. 6) которая длилась до 3 мая 04:25. Через 2 часа после этой аномалии сенсор G_x зарегистрировал вторую отрицательную аномалию «В», которая длилась до 5 мая. Примечательно, что эти аномалии представляет собой пачки высокочастотных импульсов с периодами 3,5–6,5 минут. 7 мая 2008 произошли два сильных землетрясения в Японии с небольшой разницей во времени. Таким образом, землетрясения произошли через 5 дней начала записи аномалии и через два дня после того, как аномалия прекратилась.

12 мая 2008 г. в Китае в районе Сичуань в 06:28:00 произошло катастрофическое землетрясение с M_8 (координаты 31.08S 103.27E) и в 06:43:14 второе землетрясение с $M_{6,3}$ (координаты 31.25S 103.68E), в результате которых погибло, по предварительным данным, около 70 тысяч человек и в настоящее время число погибших уточняется.

9 мая сразу два сенсора G_x и G_y начали регистрировать сильные аномалии «С» гравитационного поля (рис. 6), причем G_y зарегистрировал интенсивную положительную аномалию состоящую из пачки высокочастотных импульсов с периодами 3,5–8 минут, а G_x — отрицательную, состоящую из пачки импульсов с аналогичными периодами. Амплитуда аномалии G_y более чем в три раза превышает амплитуду аномалии G_x . Аномалии G_y при визуальном анализе состоят из четырех хорошо выделяемых по амплитудной модуляции пачек импульсов (аномалий) — С, D, E, К. Аномалия К отличается от аномалий С, D, E по нескольким признакам. Во-первых, на G_x после завершения аномалии E наблюдается снижение показаний на две условные единицы, которое длится в течение 15 часов без модуляции и после возвращения показаний к фоновому

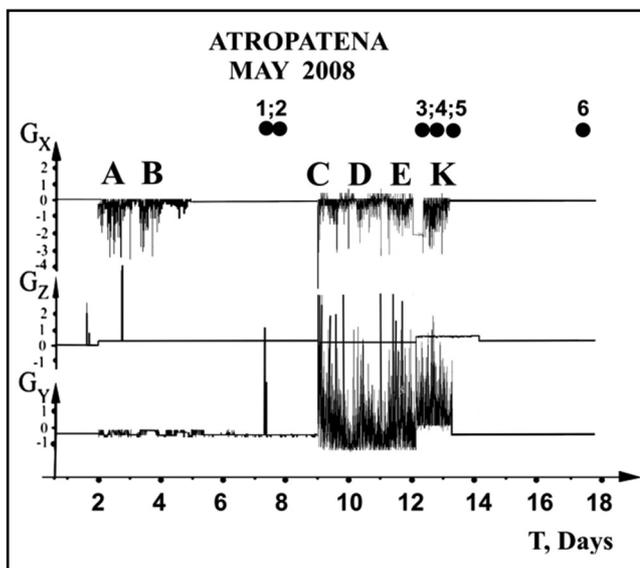


Рис. 6. Гравитограмма с 1 по 17 мая 2008.

A, B, C, D, E, K — зарегистрированные аномалии гравитационного поля;

1, 2 — землетрясения в Японии около побережья Хонсю 07 мая 2008 г. с $M_{6,2}$ (время — 16:02:01) и $M_{6,8}$ (время — 16:45:20);

3, 4, 5, 6 — Землетрясения в Китае, Сичуань, 12 мая 2008 с M_8 (время — 06:28:00); с $M_{6,3}$ (время - 06:43:14); Сичуань 13 мая 2008 с $M_{5,9}$ (время — 07:07:09); Сичуань 17 мая 2008 с $M_{6,0}$ (время — 17:08:25).

значению начинается запись аномалии К. Аномалия К начинается в 15:22 12 мая и завершается в 09:30 13 мая. Во-вторых, на G_y аномалия К также отличается от предыдущих аномалий. Аномалия К начинается 12 мая и завершается в 10:55 13 мая, причем, нижний

предел значений аномалии К выше нижнего предела аномалий С, D, E примерно на две единицы. После завершения аномалии К значения записи возвращаются до фонового уровня.

Таким образом, по нашему мнению, аномалии С и D являются предвестниками китайских землетрясений 3 и 4 (рис. 6), E и K являются предвестниками землетрясений 5 и 6.

Таким образом, можно сделать вывод, что наблюдаемые аномалии перед землетрясениями в Японии и в Китае существенно отличаются своими характеристиками. Причины этих отличий и физическое обоснование наблюдаемых аномалий требует глубоких исследований и накопления статистической информации. Между тем, уже сейчас мы можем сделать определенные предположения.

Детектор АТРОПАТЕНА зарегистрировал, одновременно, отличающиеся друг от друга вариации G в двух взаимно перпендикулярных направлениях и вариации Δg перед сильными удаленными землетрясениями с апреля 2007 г. по настоящее время в 93% случаев.

В предыдущих исследованиях автор совместно с В. Е. Хаиным с помощью стандартных гравиметров обнаружили изменения силы тяжести перед сильными удаленными землетрясениями [19].

Исходя из положений общей теории относительности, по своей природе гравитационное взаимодействие представляет собой изменение кривизны пространства, вызываемое массами и являющееся их неотъемлемым свойством.

В весах Кавендиша происходит взаимодействие малых масс на концах коромысла, подвешенного на тонкой нити с большими массами, что вызывает поворот коромысел вокруг своей оси на некоторый угол. Угол поворота коромысла компенсируется силой упругости кручения нити, по величине которой и вычисляется гравитационная постоянная. Но если рядом с этой системой появляются другие большие массы, то они вносят дополнительные искажения в кривизну пространства, образованного большими массами в весах Кавендиша. Таким образом, мы будем иметь новую систему взаимодействующих масс, в которой изменение кривизны пространства будет являться результирующей взаимодействия масс в весах Кавендиша и дополнительной массы. В этом случае, веса Кавендиша покажут иной результат.

В реальных условиях Земли, существует множество геологических факторов, которые создают достаточно интенсивные гравитационные аномалии, изменяющиеся в пространстве и во времени и многократно превышающие гравитационные эффекты, вызываемые движением планет солнечной системы, включая суммарный эффект лунно-солнечных приливов. Эти эффекты могут быть вызваны конвективными течениями в мантии, движением литосферных плит, тектоническими волнами и т. д.

На наш взгляд, именно таким образом можно объяснить тот факт, что на протяжении последних десятилетий, несмотря на постоянное повышение точности приборов, регистрирующих гравитационную постоянную G вплоть до шестого знака после запятой, тем не менее, G не удается зарегистрировать с точностью, выше третьего знака после запятой, о чем свидетельствуют ежегодно публикуемые данные CODATA.

По нашему мнению, не исключено, что АТРОПАТЕНА зарегистрировала тектонические волны, которые могут излучаться очагами будущих землетрясений. Тектонические волны, в отличие от сейсмических, являются очень медленными и длинными и их, также называют волнами напряжений [20—21]. Тектонические волны, также, как и сейсмические, являются механическими и в твердой среде имеют продольную и поперечную составляющие. Проходя под станцией, эти волны сжимают и растягивают слои Земли большой толщины и этим изменяют их плотность и, как следствие массу. Изменение массы под детектором АТРОПАТЕНА регистрируется тремя сенсорами — X, Y, Z, в зависимости от типа волны и ее направления. Продольная и поперечная тектонические волны по разному влияют на весы Кавендиша, в зависимости от ориентации весов по отношению к волне.

Для более точного определения координат будущего сильного землетрясения необходимо использование, как минимум, трех станций АТРОПАТЕНА, разнесенных на большие расстояния друг от друга.

На основе данных исследований автор пришел к нескольким важным выводам:

1. Достоверно зарегистрированы аномальные изменения во времени измеренных значений гравитационной постоянной G , отличающиеся друг от друга, в зависимости от ориентации весов Кавендиша.

2. Установлено, что зарегистрированные ранее разными учеными вариации измеренных значений G связаны, в основном, с влиянием на показания весов Кавендиша внешних гравитационных полей геологического происхождения;

3. Создан новый инструмент — детектор АТРОПАТЕНА, который позволяет непрерывно регистрировать изменения во времени вариаций G в разных направлениях одновременно с вариациями ускорений силы тяжести Δg , что дает возможность доступа к новому источнику физической информации о геологических и космических процессах.

4. Детектор АТРОПАТЕНА зарегистрировал одновременно разные по знаку и амплитуде временные вариации гравитационной постоянной G в двух взаимно перпендикулярных направлениях и вариации силы тяжести Δg перед сильными далекими землетрясениями в 93% случаев, что дает основание для создания, в перспективе, новой технологии прогнозирования сильных землетрясений.

Литература

1. Dirac P. A. // Nature, 1937. 139. 323.
2. Dirac P. A. // Proc. Roy. Soc., 1938. A165. 199.
3. Дикке Р. Гравитация и тносительность. М.: Мир, 1965. 251—294.
4. Брагинский В. Б., Гинзбург В. Л. // Доклады АН СССР. 1974. 216. №2. 300—302.
5. Измайлов В. П., Караиоз О. В., Пархомов А. Г. Физическая Мысль России, 1999. №12. 20—26.
6. Караиоз О. В., Измайлов В. П. Гравитационная постоянная G // Мировой Центр Данных по физике твердой Земли. <http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/GravConst/welcome.html>
7. Kbaïn V. Y., Kbalilov E. N. Rhythms of natural cataclysms and super-long gravitational waves. Natural Cataclysms and global problems of the modern civilization. Special Edition of Transaction of the International Academy of Science. H&E. ICSD/IAS, Innsbruck, 2007, 105—118.
8. Ляховец В. Д. // Проблемы современной физики. Алма-Ата: Гылым, 1995. 113.
9. Станюкович К. П. // Доклады АН СССР, 1962. 147. №6. 1348—1351.
10. Morganstern R. // Nature, 1971. 232. 109.
11. Morganstern R. // Nature Phys. Sci., 1972. 237. 74. 70.
12. Jens H., Gundlach R., Stephen M. // Nuclear Phys. Laborat, University of Washington, Seattle, Washington, 2001. 98. 195.
13. Mbelek J. P., and Lachieze-Rey M. // WS VFC — The Cosmology of Extra Dimensions and Varying Fundamental Constants. Porto — Portugal, 2002. 2—7.
14. Mbelek J. P., Lachieze-Rey M. Possible evidence from laboratory measurements for a latitude and longitude dependence of G // Service d'Astrophysique, C. E. Saclay F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France, 2002. 19.
15. Kbalilov E. N. About possible reason of variations of gravitational constant // Science without borders. ICSD/IAS H&E. Innsbruck 2003—2004. Vol. 1, 227—243.
16. Nolting F., Schurr J., Schlamminger St., Knidig W. Physics Institute, University of Zurich, Switzerland. Europhysics News, 2000. 31. 4.
17. Einstein A. // Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss., 1916. 688.
18. Kbalilov E. N. Method for recording low-frequency gravity waves and device for the measurement thereof. Patent of PCT. WO 2005/003818 A1. Geneva, 13.01.2005.
19. Kbaïn V. E., Kbalilov E. N. Tideless variations of gravity before strong distant earthquakes. Science Without Borders. ICSD/IAS H&E, Innsbruck, 2006. Vol. 2. 319—339.
20. Elsasser W. H. Conversion and stress propagation in the upper mantle // Appl. Modern Phys. Earth Planet. Inter. N.Y.: Wiley, 1969. 223—246.
21. Lebner F. K., Li V. C., Rice J. R. Stress diffusion along rupturing boundaries // J. Geophys. Res., 2001. 86. B1. 6155—6169.