

УДК: 550.837/ 550.343

НЕПРИЛИВНЫЕ ВАРИАЦИИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ МЕЖДУ ОПОРНЫМИ ПУНКТАМИ ЛОКБАТАН-ГАРАДАГ

С.К.МАМЕДОВ

Институт Геологии и Геофизики НАНА

samirmammadov70@gmail.com

В статье анализируются результаты повторных гравиметрических измерений проведенных между опорными пунктами Локбатан и Гарадаг. Эти пункты расположены вокруг активного грязевого вулкана Локбатан. Гравитационные измерения проводились с 1980 по 2004 гг. с четырьмя гравиметрами типа ГНУ-КС и ГНУ-КВ и гравиметром ZLS Burris Gravity Meter по схеме простой петли. Повторные гравиметрические измерения показывают, что между гравиметрическими пунктами Локбатан-Гарадаг наблюдаются неприливные вариации гравитационного поля в виде импульса косинусоидальной формы длительностью не менее 3 лет и амплитудой около 84 мкГал.

Ключевые слова: геофизика, гравитация, грязевой вулканизм, повторные гравиметрические измерения

Известен ряд факторов, способных вызвать неприливные изменения силы тяжести, т.е. вариации гравитационного поля не коррелирующиеся с периодическими движениями Земли, Солнца и Луны. Этими факторами могут быть изменения уровня грунтовых вод, высот земной поверхности, скорости вращения Земли, а также вулканической деятельности и эксплуатация нефтегазовых месторождений [2, 3, 6, 11, 13].

В последние годы многие из исследователей приходят к выводу о значительном влиянии на изменения силы тяжести флюидной системы земной коры [4, 5, 8, 9].

В зонах распространения грязевых вулканов существуют благоприятные условия для исследования неприливных вариаций гравитационного поля. Процессы деформации слоев земли в зоне грязевого вулкана, перемещение масс могут являться причинами неприливных вариаций гравитационного поля в зоне грязевого вулканизма [12].

Среди грязевых вулканов Азербайджана Локбатан выделяется своей активностью [1]. Последнее извержение вулкана Локбатан произошло в сентябре 2012-го года.

В частности, распределение и перемещение глубинных масс до и после извержения грязевого вулкана Локбатан могут создать неприливно-вариации гравитационного поля. Для исследования неприливно-вариаций гравитационного поля в зоне грязевого вулкана Локбатан проводились повторные высокоточные гравиметрические наблюдения между опорными грави-геодезическими пунктами Локбатан и Гарадаг с 1980 по 2004 гг.

На рис.1 дана упрощенная геологическая схема грязевого вулкана Локбатан и расположение опорных гравиметрических пунктов Локбатан и Гарадаг.

Настоящая работа посвящена исследованию неприливно-вариаций гравитационного поля в зоне грязевого вулкана Локбатан.



Рис. 1. Упрощенная геологическая схема грязевого вулкана Локбатан и расположения опорных гравиметрических пунктов Локбатан и Гарадаг (Мамедов С.)

Методика высокоточных гравиметрических наблюдений. Высокоточные гравиметрические наблюдения выполнены гравиметрами типа ГНУ-КВ и BURRIS (ZLS-USA) № В-014. Эти гравиметры предназначены для измерения разностей ускорения силы тяжести при проведении детальных гравиметрических съемок в наземных условиях. Высокая точность этих гравиметров позволяет использовать их в исследованиях неприливно-вариаций гравитационного поля.

Точность гравиметров с кварцевой чувствительной системой ГНУ-К характеризуется средней квадратической ошибкой $\pm 0,03-0,05$ мГал.

Для получения данных наблюдений с высокой надежностью, необходимо исключение субъективных факторов: влияние микросейсм, оп-

ределение цены деления с высокой точностью и регулярная юстировка гравиметров на минимум чувствительности к наклону [9].

Цена деления, имеющихся в распоряжении гравиметров ГНУ-К определялась методом наклона на экзаменаторе УЭПГ-3 [9], перед началом и завершением полевых работ. Для каждого гравиметра проводились от 5 до 10 приемов определения цены деления, в зависимости от качества полученных данных и составлялся график изменения цены деления в зависимости от деления микрометрического устройства для внесения к результатам полевых наблюдений поправки за нелинейность шкалы микрометра. Все четыре гравиметра тщательно юстировались по известной методике строго по инструкции. До выполнения этих работ также производилась юстировка оптической системы гравиметров. Для уменьшения влияния теплового режима на качество отсчёта за 5-6 часов до выезда в поле приборы ставились в условия, характерные для полевой съёмки.

Высокоточные измерения между гравитационными пунктами выполняются по следующей методике:

-По прибытии на пункт назначения гравиметры на углах гравиметрической плиты ставятся так, чтобы оси вращения их маятников были попарно взаимно-перпендикулярными. Это делается для уменьшения влияния на показания приборов микросейсмов.

-Отсчеты по приборам снимаются всеми четырьмя операторами одновременно; отмечаются в журнале состояние погоды и температура внутри гравиметров.

-Постановка гравиметров на плиту, погрузка их в автомашину, а также их выгрузка на пунктах наблюдений выполняются с особой осторожностью во избежание толчков и ударов.

-Снятие отсчета по гравиметрам производится спустя 20 минут от начала установки их на плите, включают освещение, снимают отчет по гравиметру при нулевом положении индекса маятника, обращая внимание на устойчивость уровней гравиметра;

При обработке полевых измерений вводились поправки за зависимость цены деления от температуры, за нелинейность шкалы микрометрического винта и за лунно-солнечное притяжение.

Результаты измерения, не укладывающиеся в закон нормального распределения, отбрасывались по критерию оценки максимального отклонения в вариационном ряду, при вероятности 0,95. Надежность полученных расхождений проверялись по критериям Фишера - Снедекора и Стьюдента.

Гравиметр Burrig относится к серии гравиметров Лакоста и Ромберг (LaCoste&Romberg) [10]. Точность гравиметров с кварцевой чувствительной системой Burrig характеризуется средней квадратической ошибкой $\pm 0,003-0,01$ мГал [7]. Гравиметр имеет барометрическую компенсацию.

Кроме того, система герметизирована, имеет электронную систему отсчетов и может производить как одиночные, так и непрерывные записи на мини компьютер.

Измерение разности силы тяжести между двумя соседними пунктами А и В, с обоими типами гравиметров (ГНУ-К и Burris) выполняется по схеме простой петли $A_1 \rightarrow B_1 \rightarrow A_2$.

Эффективное значение ускорения свободного падения на пункте вычисляется по формуле:

$$g_r = Cn + \alpha(T - T_0)n + f(n) + \delta g_{л.с} , \quad (1)$$

где:

C - цена деления шкалы микрометра;

n - средний отсчет по микрометру при нулевом положении маятника гравиметра;

α - эквивалентный температурный коэффициент цены деления шкалы микрометра;

T_0 - температура внутри гравиметра, при которой определялась цена деления микрометра;

T - температура внутри гравиметра во время измерения;

$f(n)$ - поправка, учитывающая нелинейность шкалы микрометра;

$\delta g_{л.с}$ - поправка, учитывающая лунно-солнечное притяжение.

Поправка за приливные изменения силы тяжести определялась по специальной программе на ЭВМ, позволяющей получать их для любого пункта наблюдений.

Разность силы тяжести в случае проведения измерения по методике простой петли $A_1 \rightarrow B_1 \rightarrow A_2$ вычисляется по формуле:

$$\Delta g_{ab} = g_{rb_1} - \left[g_{ra_1} + \frac{g_{ra_2} - g_{ra_1}}{t_{a_2} - t_{a_1}} (t_{b_1} - t_{a_1}) \right], \quad (2)$$

где: g_{ra_1} , g_{ra_2} , g_{rb_1} - эффективные значения ускорения свободного падения, полученные для простой петли на пунктах А и В;

Δg_{ab} - разность ускорения свободного падения между пунктами А и В;

t_{a_1} , t_{b_1} , t_{a_2} - соответственно время измерений на пунктах A_1 , B_1 и A_2 .

При исследованиях неприливных вариаций силы тяжести, значимость расхождения проверялась с использованием критериев Фишера - Снедекора и Стьюдента. Надежность полученных расхождений обеспечивается одновременным выполнением неравенств [6].

$$F_n \leq F_{кр} , \quad (3)$$

$$|T_n| > T_{кр} , \quad (4)$$

где: F_n - наблюдаемые значения распределения Фишера- Снедекора,

$F_{кр}$ - критические значения распределения Фишера- Снедекора,

T_n - наблюдаемые значения распределения Стьюдента,

$T_{кр}$ - критические значения распределения Стьюдента,

Результаты высокоточных гравиметрических измерений.

Высокоточные детальные гравиметрические работы в зоне грязевого вулкана Локбатан (между опорными пунктами Локбатан-Гарадаг) были проведены гравиметрическим отрядом Института геологии НАНА при непосредственном участии автора.

Гравитационные измерения в рассматриваемом нами районе проводились в 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 2001 и 2004 гг. Измерения разности силы тяжести между соседними пунктами (Локбатан, Гарадаг), отстоящими друг от друга на расстоянии 5 км, выполнялись гравиметром ZLS Burris Gravity Meters и четырьмя гравиметрами типа ГНУ-КС и ГНУ-КВ по схеме простой петли.

Результаты гравиметрических наблюдений в данном районе по вышеизложенной методике представлены на рис. 2 и рис. 3, где приведены значения вариаций разности гравитационного поля между смежными пунктами Локбатан и Гарадаг.

На рис.2 представлен график неприливной вариации гравитационного поля за период 1980-1985 гг. С целью исключения возможных сезонных вариаций гравитационного поля все измерения были проведены в октябре.

Как видно из графика (рис. 2) начиная с 1980 по 1981 годы, между пунктами Локбатан-Гарадаг наблюдается резкое уменьшение разности гравитационного поля на 198 мкГал. С 1981 по 1982 годы, также наблюдается резкое изменение разности гравитационного поля. За этот период разность гравитационного поля увеличивается на 153 мкГал. Начиная 1982г. и до 1985 года наблюдается постепенное уменьшение разности гравитационного поля достигающей величины 120 мкГал. Итак, между гравиметрическими пунктами Локбатан-Гарадаг за период 1980-1985 года наблюдались неприливные вариации гравитационного поля в виде импульса косинусоидальной формы длительностью не менее 3 лет и амплитудой около 84 мкГал.

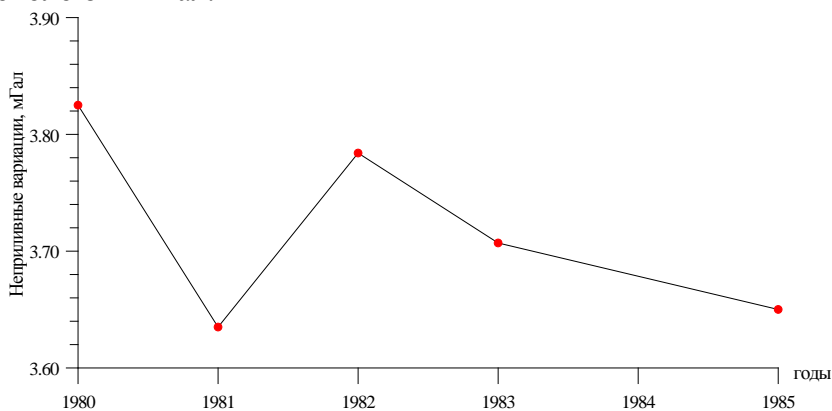


Рис. 2. Результаты гравиметрических наблюдений в районе грязевого вулкана Локбатан между ОГП Локбатан и ОГП Гарадаг (1980-1985).

За этот период разность гравитационного поля увеличивается на 153 мкГал. Начиная 1982г. и до 1985 года наблюдается постепенное уменьшение разности гравитационного поля достигающей величины 120 мкГал. И так, между гравиметрическими пунктами Локбатан-Гарадаг за период 1980-1985 года наблюдались неприливные вариации гравитационного поля в виде импульса косинусоидальной формы длительностью не менее 3 лет и амплитудой около 84 мкГал.

На рис. 3. представлен график неприливной вариации гравитационного поля между гравиметрическими пунктами Локбатан-Гарадаг с начала сентября 2004-го года. Через 100 дней после начала измерений наблюдалось уменьшение значения разности гравитационного поля на величину 80 мкГал. Приблизительно за такое же время оно, увеличиваясь, достигает прежнего значения. Годичные неприливные вариации гравитационного поля в окрестности грязевого вулкана Локбатан носят локальный и косинусоидальный характер. Причинами обнаруженного неприливного изменения гравитационного поля могут быть: значительное влияние флюидной системы земной коры в результате вулканической деятельности и эксплуатации нефтегазовых месторождений.

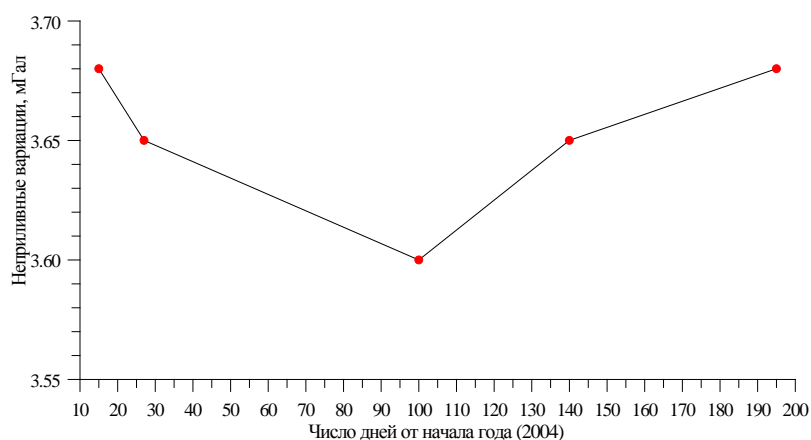


Рис. 3. Результаты гравиметрических наблюдений в районе грязевого вулкана Локбатан между ОГП Локбатан и ОГП Гарадаг (сентябрь 2004-го года).

ВЫВОДЫ

- Годичные неприливные вариации гравитационного поля с амплитудой 80 мкГал в окрестности грязевого вулкана Локбатан носят локальный и косинусоидальный характер.

- Причинами обнаруженного неприливного изменения гравитационного поля является влияние флюидной системы земной коры в результате вулканической деятельности и эксплуатации нефтегазовых месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aliev, A.A., Guliev, I.S., and Rakhmanov, R.R. Katalog izverzhenii gryazevykh vulkanov Azerbaidzhana (1810–2007) (Catalog of Eruptions of Mud Volcanoes in Azerbaijan, 1810–2007). 2009. Baku: Nafta-Pesss.
2. Буланже Ю.Д. Вековые изменения силы тяжести. Изв. АН СССР, Физика Земли. 1974, №10, с. 20-32.
3. Буланже Ю.Д. Неприливные изменения силы тяжести. В кн.: Повторные гравиметрические наблюдения. М., 1983, с.3-18.
4. Волгина А.И. О влияние миграции флюидов на изменения силы тяжести. В кн.: Повторные гравиметрические наблюдения. М., 1988, с.181-185.
5. Гаджиев Р.М., Кадиров Ф.А., Макаров Е.М., Набиев А.Т. Изучение неприливных вариаций ускорения свободного падения на Апшеронском геодинамическом полигоне. В кн. Повторные гравиметрические наблюдения. Вопросы теории и результаты. Под ред. ч.- корр. АН СССР, Ю. Д. Буланже, М.,1984. с.55-59
6. Гасанов А.А., Керамова Р.А. Отражение глобальных геодинамических процессов в сейсмогеохимическом режиме флюидов Азербайджана на примере катастрофического землетрясения в Индийском океане (26.12.04; M L_H=8.9). В кн. Геофизика XXI столетия: 2005. М., Сб. Трудов ГЕОН. «Научный мир». 2006. с. 326-330.
7. Гурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М., Высшая школа, 1977, 420с.
8. Кадиров Ф.А., Мамедов С.К.. Динамика грязевого вулкана Локбатан. Журнал «Бильги», Серия: Физика, Математика, Науки о земле. Баку, 2003, №3, стр.62-67.
9. Кадиров Ф.А., Набиев А.Т. К природе неприливных вариаций силы тяжести на Апшеронском Геодинамическом полигоне. Изв. АН Азербайджана. Серия наук о Земле, 1991, № 5-6, с.135-139.
10. Миронов В.С. Курс гравиразведки. М., Недра, 1980, 544с.
11. LaCoste, 1942. US Patent 2293437. Cited after: Larson, J.V., (1968), A Cross Correlation Study of the Noise Performance of Electrostatically Controlled LaCoste and Romberg Gravimeters. Technical Report No. 752, University of Maryland, Dept. of Physics and Astronomy, College Park, Maryland.
12. Фёдоров В.М. Хронологическая структура и вероятность вулканической активности в связи с приливной деформацией литосферы. Вулканология и сейсмология. 2005, №1, с. 44-50
13. Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности. Болгария, Burgas, SWB, 2008, 304 с.

LÖKBATAN-QARADAĞ NÖQTƏLƏRİ ARASINDA QRAVİTASIYA SAHƏSİNİN DAYAQ MƏNTƏQƏLƏRİ VARIASIYALARI

S.Q.MƏMMƏDOV

XÜLASƏ

Məqalədə Lökbatan və Qaradağ nöqtələri arasında aparılmış təkrar qravimetrik ölçülərin nəticələri analiz edilir. Bu nöqtələr aktiv Lökbatan palçıq vulkanının ətrafında yerləşmişdir. Qravitasiya ölçmə işləri 1980-2004-cü illər arasında aparılmışdır ZLS Burris Gravity Meterri və 4-ədəd QNU-KS qravimetrleri ilə aparılmışdır.

Təkrar qravimetrik ölçülər Lökbatan - Qaradağ nöqtələri arasında qravitasiya sahəsində periodu 3 il amplitudası isə 84 mkQal olan qabarmayan variasiyaların olduğunu aşkar etmişdir.

Açar sözlər: geofizika, qravimetriya, palçıq vulkanizmi, təkrar qravimetrik ölçülər

NON-TIDAL VARIATIONS OF THE GRAVITATIONAL FIELD BETWEEN BASIC POINTS OF LOKBATAN-GARADACH

S.G.MAMMADOV

SUMMARY

The article analyzes the results of the repeated gravity measurements carried out between the basic points of Lokbatan and Garadagh. These points are located around an active mud volcano of Lokbatan. Gravity measurements were carried out during 1980 on 2004 with gravity meter "ZLS Burris Gravity Meters" and four gravity meter types, such as the GNU - KC and the GNU - KB under the circuit of a simple loop.

The results of the repeated gravity measurements show that between these two points of Lokbatan and Garadagh, we observed not large variations in gravitational field measurements, such as a pulse co-sinusoidal forms during not less than 3 years and amplitude of about 84 mkGal.

Key words: geophysics, gravity, mud volcanism, repeated gravity measurements

Redaksiyaya daxil oldu: 18.09.2015-ci il

Çapa imzalandı: 05.02.2016-ci il