

Comparative analysis of the main diurnal and semidiurnal tidal waves from the gravity data on the territory of Azerbaijan
Mammadov S. (Republic of Azerbaijan)
Сравнительный анализ основных суточных и полусуточных приливных волн
силы тяжести по гравиметрическим данным территории Азербайджана
Мамедов С. К. (Азербайджанская Республика)

*Мамедов Самир Касум / Mammadov Samir Kasum - кандидат геолого-минералогических наук,
ведущий научный сотрудник,
отдел геодинамики и сейсмологии,
Институт геологии и геофизики,
Национальная Академия наук Азербайджана, г. Баку*

Аннотация: на территории Азербайджана проводились уникальные исследования приливных вариаций силы тяжести с использованием автоматизированных гравиметров высокого класса точности. Получены точные данные ведущих индикаторов (амплитудный (δ -) фактор и задержка фаз), реальные значения которых рассчитаны для главных суточных $O1$ и полусуточных волн $M2$ на гравиметрических пунктах в городах Шеки и Газах.

Abstract: on the territory of Azerbaijan conducted a unique study of the tidal variations of gravity using automated high-precision gravimeters. Exact data of leading indicators (amplitude (δ -) factor and phase factor), the real values are calculated for the main semi-diurnal and diurnal $O1$ $M2$ waves of gravimetric points in Sheki and Gazakh.

Ключевые слова: приливные вариации, сила тяжести, амплитудный фактор, задержка фаз, суточные и полусуточные волны.

Keywords: tidal gravity variations, amplitude factor, phase factor, diurnal and semi-diurnal waves.

Введение

При изучении природных геодинамических процессов нередко используют метод анализа приливных вариаций силы тяжести, считающийся одним из самых эффективных. Воздействие Солнца и Луны на нашу планету имеет непостоянный характер, являясь переменным в пространстве и времени, вызывая приливные возмущения силы тяжести. Характерными гармониками подобных воздействий выступают полусуточные и суточные проявления возмущений, амплитуды и фазы которых в точке наблюдений на поверхности нашей планеты пребывают в зависимости от упругости, вязкости земной коры и верхней мантии. По результатам гармонического анализа долгопериодных измерений определяются приливные параметры (коэффициенты усиления и углы задержки фазы). Полученные параметры различны для разных периодов и территорий, что позволяет исследовать амплитудные и фазовые характеристики Земной, верхней мантии, в привязке с их упруго-вязкими свойствами [2, 3].

Для эффективного проведения гравиметрических наблюдений были выбраны сейсмически активные районы Азербайджана.

Задачи, стоящие перед исследователями: 1) анализ земноприливных параметров для основного суточного $O1$ (лунная главная) с периодом в 25,819 часов и полусуточного $M2$ (лунная главная) с периодом в 12,421 часов волн на территории Азербайджана; 2) применение, тестирование а также совершенствование методики исследования с использованием высокоточных гравиметров Burris Gravity Meter B-14 и Scintrex CG5 Autograv.

Методика

Стационарные наблюдения проводились на двух гравиметрических пунктах Азербайджана. Выбор пунктов для проведения исследовательских работ основывался на основе тектонического расположения этих пунктов [9, 10]. Первый пункт находится на южном склоне Большого Кавказа в городе Шеки в здании Шекинского научного центра НАНА на территории Научного Центра Национальной Академии Наук Азербайджана (НАНА) (координаты широта 41.2220, долгота 47.1710°, высота над уровнем моря 723.0 метра). Второй пункт наблюдений расположен в городе Газах на территории Газахской сейсмической станции Республиканской Центра Сейсмологической Службы (РЦСС) НАНА (координаты широта 41.060°, долгота 45.370°, высота над уровнем моря 559.0 метра). Расстояние от первого до второго пункта составляет около 150 км (рисунок 1).



Рис. 1. Расположение приливных станций Азербайджана

Шеки и Газах

Приливорегистрирующая станция Шеки расположена в пределах Альпийского горно-складчатого сооружения Большого Кавказа, которая охватывает северную часть Кавказского перешейка и простирается от Таманского до Апшеронского полуострова на расстояние 1300 км при максимальной ширине 150 км [1, с. 43-47].

Приливорегистрирующая станция Газах относится к Газах-Агбурунской подзоне Малокавказской горно-складчатой системы, которая охватывает южную часть Кавказского перешейка и характеризуется гетерогенной внутренней структурой, обязанной схождению в её пределах двух ветвей Альпийско-Гималайского подвижного пояса: Пиренейско-Эльбурсской на севере и Динара-Зондской на юге [1, с. 41, 360].

Как видно по расположению приливорегистрирующих станций, тектонически они располагаются в различных частях территории Азербайджана.

Наблюдения выполнялись высокоточными автоматизированными гравиметрами Burris Gravity Meter B-14 (Austin, Texas USA) и Scintrex CG-5 AutoGrav (Scintrex Limited, Ontario, Canada) (рисунки 2 и 3). Диапазон измерений этих приборов превышает соответственно 7000 и 8000 мГал, а разрешающая способность составляет 0,001 мГал. Чувствительная система Burris Gravity Meter B-14 и CG-5 AutoGrav Gravity Meter представляет собой пружинные весы из плавленого кварца и является неастазированной [4]. Гравитационная сила, приложенная к пробной массе, уравновешивается пружиной, а ее вариации во времени компенсируются электростатической силой [5].



Рис. 2. Burris Gravity Meter B-14



Puc. 3. CG-5 Autograv Gravity Meter

Время каждого цикла при регистрации приливных вариаций силы тяжести составляло 180 секунд на станции Шеки и 240 секунд на станции Газах соответственно. Особое внимание уделялось привязке собственных часов гравиметров к шкале UTC с точностью не ниже 1 секунды. Привязка времени и синхронизация записи между приборами осуществлялась через GPS. Также при регистрации обеспечивалась температурная стабильность в помещениях не ниже 1-3 С. Для этих целей, на пункте «Шеки» гравиметр находится в пенопластовом термоизолируемом боксе.

По ряду организационных причин (перебои в электропитании и т. д.) длительность наблюдений на разных пунктах оказалась неодинаковой. Измерения на станции Шеки были начаты ещё в 2010 году [6], а на станции Газах в мае 2014-го года. Таким образом, время наблюдений на станции Шеки занимает около 5 лет, а на станции Газах около 2-х лет. Поэтому реально для удобства расчетов были использованы 6-месячные данные для 2015-го года.

Результаты наблюдений были подвергнуты обработке при помощи комбинации программ ETERNA и PreAnalyse 4.8 [7, 8]. На первом этапе обработки использовалась программа UltraEdit professional, при помощи этой программы изначально оценивалось качество записи, также этой программой устранились содержащиеся в исходных данных скачки и пробелы в наблюдаемых рядах. Также с помощью этой программы осуществлялся перевод данных в формат для использования в дальнейшем при обработке программой PreAnalyse. На рисунках 4 и 5 показаны фрагмент приливной записи для станции Шеки и Газах соответственно. При этом программа не искажает спектр сигнала в области низких и средних частот.

Shaki (Azerbaijan) gravity station June-Augustl 2015

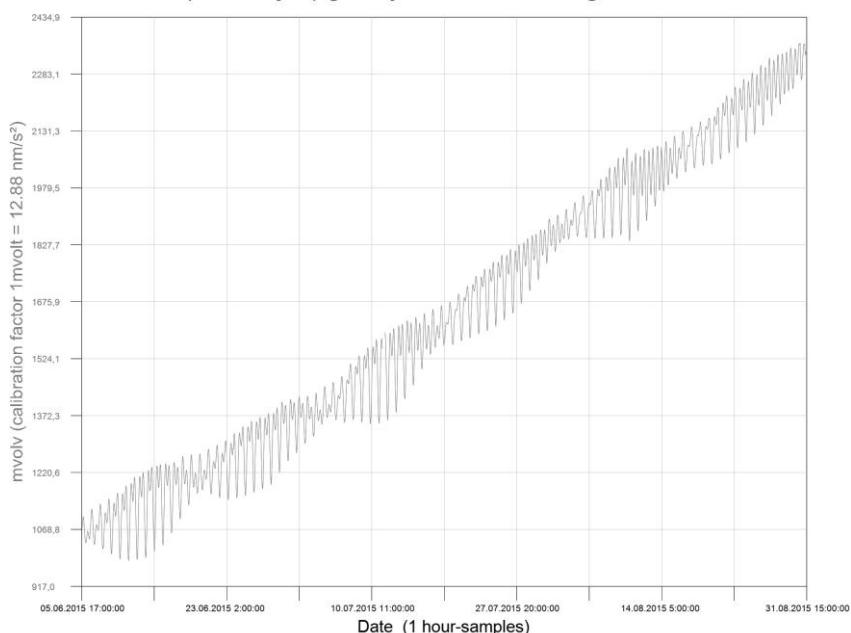


Рис. 4. Фрагмент приливной записи на пункте в городе Шекигравиметром Burris Gravity Meter B-14

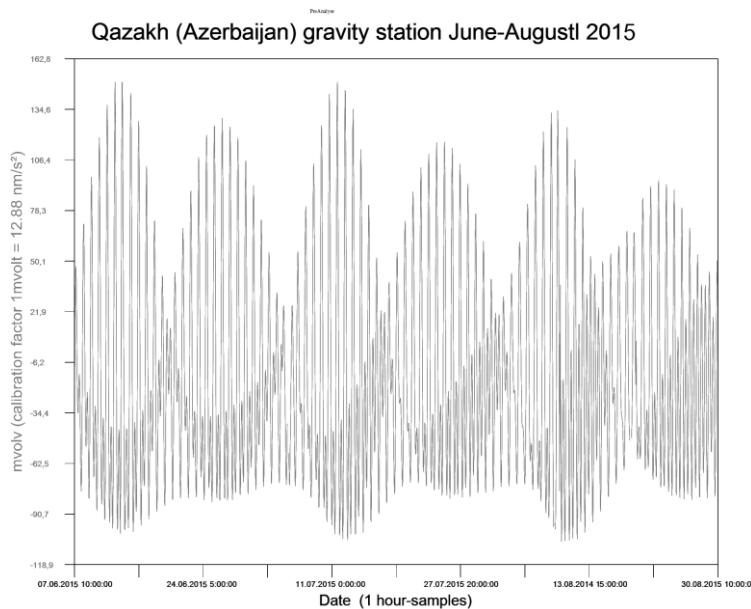


Рис. 5. Фрагмент приливной записи на пункте в городе Газахгравиметром Scintrex CG-5 Autograv

Результаты

Глубокий анализ на основе метода наименьших квадратов обеспечивается программным пакетом ETERNA. В результате обработки данных идентифицируем значения амплитуд и фаз для основных приливных волн.

Длительность наблюдений на станции Шеки за 2015-й год составляет 365 дней, поэтому выбор 6-ти месячного периода не составил особого труда, для расчётов реально было использовано 180 дней. Значения δ -фактора и задержки фазы для волн O1 на станции Шеки составили $1,210 \pm 0,011$ и $3,239 \pm 0,526$ соответственно. Для главной полусуточной волны M2 в данном пункте амплитудный параметр равен $1,153 \pm 0,005$ и задержка фазы $-3,090 \pm 0,270$.

Для расчетов приливных характеристик на станции Газах использовалась запись продолжительностью 192 дня. По результатам обработки были получены значения амплитудного фактора для волны O1: δ -фактор $-1,132 \pm 0,002$ и задержка фазы $-1,022^\circ \pm 0,047^\circ$; и для волны M2: δ -фактор $-1,171 \pm 0,003$, задержка фазы $-1,642^\circ \pm 0,051^\circ$. С точностью измерений 0,001 мГал.

Выводы

Итогом проделанной исследовательской работы стало совершенствование уникальной методики приливных проявлений силы тяжести с использованием различных гравиметров типа Burris Gravity Meter B-14 Scintrex CG5 AutoGrav. Для основных суточных и полусуточных волн O1 и M2 получены значения приливных параметров гравитационного поля соответственно. Для наблюдений были задействованы приливные гравиметрические станции Азербайджана, отличающиеся по тектоническому расположению.

Литература

1. Геология Азербайджана, том IV, Тектоника, Баку, Издательство «Nafta-Press», 2005, стр. 41, 360. Главные редакторы: академик В. Е.Хан, академик Ак. А. Ализаде.
2. Мельхиор П. Земные приливы. М.: Мир, 1968.
3. Изучение земных приливов // Сборник / Под ред. Парийский Н. Н. М.: Наука. 1980. 250 с.
4. Руководство по эксплуатации гравиметрическим комплексом CG5 AutoGrav Scintrex. Редакция 1.0, 2007.
5. 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.
6. Mammadov S., Jahr T., Jentzsch G., Kadirov F. 2011. Primary results of new gravity station SHAKI / Azerbaijan. Bulletin Information's, Marees Terrestres, BİM № 147, 10761-10776. ISSN 0542-6766.
7. Gebauer A., Jahr T., and Jentzsch G. 2007. Recording and interpretation/analysis of tilt signals with five ASKANIA borehole tiltmeters at the KTB. Review of Scientific Instruments, Vol. 78, No. 5.

8. *Wenzel H.-G.* 1996. The nanogal software: Earth tide data processing package ETERNA 3.30. Bull. D'Inf. Marees Terr., 124, pp. 9425 – 9439.
9. *Kadirov F.* Mammadov, S., Reylinger. R., McClusky, S., 2008.
10. Some new data on modern tectonic deformation and active faulting in Azerbaijan (according to Global Positioning System measurements). J. Proceeding the Sciences of Earth, Azerbaijan National Academy of Sciences, №1, pp. 83-88.
11. *Kadirov F. A., Floyd M., Reilinger R., Alizadeh Ak. A., Guliyev I. S., Mammadov S. G., Safarov R. T.* Active geodynamics of the Caucasus region: implications for earthquake hazards in Azerbaijan. J. Proceeding the Sciences of Earth, Azerbaijan National Academy of Sciences, № 3, pp. 3-17.