

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ И УСКОРЕНИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ НА ГИДРОСФЕРУ

Картвелишвили К.¹, Меликадзе Г.², Кобзев Г.²

1- Институт геофизики им М. Нодиа, Тбилиси, ул. М. Алексидзе 1

2- Институт Земных Наук Государственного Университета Илий, ул. Нуцубидзе 77,
melikadze@gmail.com

Проблема нестабильности гравитационного поля Земли в последнее время стала привлекать все более широкий круг специалистов. Изменяемость гравитационного поля Земли затрагивает интересы многих разделов естествознания, особенно наук о Земле, а также физики, астрономии, метрологии и др.

Изучение неприливных изменений силы тяжести является одной из важнейших проблем современной гравиметрии, тесно связанной с решением задач глобальной геодинамики. Быстро развивающиеся исследования в этой области выдвигают требования точных знаний об изменениях силы тяжести как регионального, так и глобального характера.

Стремительное развитие спутниковой геодезии, сопровождающееся быстрым повышением точности определения координат на земной поверхности, приводит к необходимости иметь данные о возможности перемещения центра масс Земли в системе координат, закрепленных на литосфере.

Непрерывно возрастающая точность физических эталонов, величина которых определяется через величину силы тяжести, требует точных знаний об изменяемости силы тяжести в точке, где этот эталон находится.

Изучение глобальных изменений силы тяжести во времени может дать новую информацию о физических свойствах земной коры, мантии и тектонических процессах, протекающих в глубинах Земли. Этот последний особенно важен для выработки методик возможного сейсмпрогноза.

В частности, с 1985 года на территории Грузии, на 10 глубоких гидрогеологических скважинах выполнялись режимные наблюдения, во время которых зафиксированы множество аномалий перед землетрясениями. Артезианские скважины, как чуткие объемные деформографы, реагировали на все виды деформации, вызываемые как экзогенными (атмосферное давление, приливные вариации и осадки), так и эндогенными процессами. Наблюдения проводились с помощью специализированной аппаратуры [1,2,3], обеспечивающей измерение деформаций до 10^{-8} - 10^{-9} степени (Рис. 1)

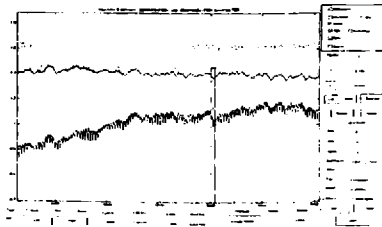


Рис. 1. Вариации параметров: уровня воды (нижняя линия), приливных вариаций (верхняя линия) и атмосферного давления (средняя линия) на скважине Марнеули. Вертикальные линии – происшедшие землетрясения.

Для корректной интерпретации данных и выявления причин, обуславливающих изменение параметров, важно провести анализ всех возможных действующих факторов.

Изменение уровня воды обусловлено следующими факторами: атмосферное давление (А); приливные вариации (П); тектоническое напряжение (Т) и атмосферные осадки.

$$\text{Уровень воды} = f(A) + f(P) + f(T) + f(O);$$

Для выделения тектонических составляющих необходим расчет влияния и корректное устранение экзогенных факторов, расчету теоретической подошвки которого посвящена данная работа.

Периодические и непереродические изменения уровня воды в артезианских скважинах и другие гидрогеологические эффекты могут дать возмущение силы тяжести на дневной поверхности порядка 7-8 мкГал. В некоторых случаях эти влияния могут превышать 100 мкГал, достигая 500 мкГал [4]. Установлено влияние изменения уровня грунтовых вод, вызываемое морскими приливами [5].

Теоретические оценки влияния кратковременных и сезонных перемещений атмосферных масс как регионального, так и местного характера позволяют предполагать, что возмущения гравитационного поля, вызванные этими явлениями, могут достигать 20-30 мкГал и должны учитываться при изучении глобальных изменений силы тяжести.

Плотность аномальной атмосферы изменяется со временем и создает переменные нагрузки на поверхности суши, моря и дна моря, вызывая их деформации. Поскольку современные гравиметры позволяют определить ускорение силы тяжести с точностью до нескольких микроГал [6], становится возможным изучение силы тяжести за длительные интервалы времени. При этом приходится учитывать влияние изменений состояния атмосферы.

Выполненные ранее исследования [7] показали, что перемещения атмосферных масс могут изменить силу тяжести на сотые доли миллиГала. При этом существенную роль играет область атмосферных масс в радиусе 100 км вокруг пункта наблюдения. Были рассмотрены только геофизические (не аппаратурные) влияния атмосферы на измеряемое g [6]. Изменения атмосферного состояния влияют на силу тяжести как вследствие изменений притяжения атмосферы, так и вследствие деформаций Земли при изменениях в атмосфере.

Переменные аномальные массы атмосферы занимают сравнительно небольшой объем, простираясь до высот в несколько десятков километров над земной поверхностью. Вертикальная составляющая ускорения тяготения, сообщаемая элементом dV атмосферы в точке $P(r, \vartheta, \alpha)$ (рис.2) пробному телу в точке P_0 на поверхности Земли будет

$$\delta g = \frac{f\sigma(h)\cos\psi}{\Delta^2} r^2 \sin\vartheta d\vartheta d\alpha dh \quad (1)$$

f - постоянная тяготения;

$\sigma(h)$ - плотность атмосферы на высоте h над точкой P_0 ;

α - азимут точки P ;

ψ - угол между P_0O и P_0P , где O - центр Земли;

ϑ - угол P_0OP .

$$r = r_0 + h - 21.4(\sin^2\varphi - \sin^2\varphi_0) \text{ км}, \quad (2)$$

где φ и φ_0 - широты точек P и P_0 .

Последним членом в (2), учитывающим сжатие земного сфероида, можно пренебречь. Тогда

$$\Delta^2 = r^2 + r_0^2 - 2rr_0\cos\vartheta$$

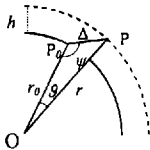
$$\cos\psi = -\frac{r\cos\vartheta - r_0}{\Delta} \quad (3)$$

$$\text{Полагая } \frac{h}{r_0} = x \quad (4)$$

$$\text{и } (1 - \cos\vartheta) = 2\sin^2\frac{\vartheta}{2} = Z(\vartheta); \quad \sin\vartheta d\vartheta = dZ \quad (5)$$

Рис. 2

$$\text{будем иметь } r = r_0(1+x); \quad \cos\psi = \frac{r_0}{\Delta} [(1+x)Z(\vartheta)^{-1} - x]$$



$$\text{и } \Delta^2 = 2r_0^2 \left[(1+x)Z(\vartheta) + \frac{x^2}{2} \right] = 2r_0^2 (1+x) \left[Z(\vartheta) + \frac{x^2}{2(1+x)} \right].$$

Из (1),(3), (4) и (5) получим

$$\delta g = \frac{f\sigma(h)r_0^4}{\Delta^3} [(1+x)Z(\vartheta) - x](1+x)^2 d\alpha dZ dx \quad (6)$$

Интегрируя по всем азимутам α , всем высотам и углам ϑ от 0 до ϑ , получим ускорение $\Delta g_0(\vartheta)$ в точке P_0 от притяжения атмосферного купола с раствором 2ϑ .

Авторы работы [6] ограничиваясь точностью в первые микрогалы для вычисления редукции (для пунктов, не лежащих вблизи морских побережий) предлагают формулу

$$\Delta g = 0.406(P - P_0) * 10^{-8} \text{ м/с}^2 \quad (7)$$

где $(P - P_0)$ - среднее отклонение давления в круге радиусом 110 км вокруг изучаемого пункта в мбар или практически в самом пункте.

Бровар [8] для случая, когда гравиметрический пункт находится от моря на расстоянии $R\psi \leq R\psi_0$, показал, что центральный круг следует взять с радиусом $R\psi$ и вычислить его влияние:

$$\Delta g = 0.427 \Delta \varphi \left(1 - \sin \frac{\psi}{2} \right) \quad (8)$$

Таким образом, при измерениях силы тяжести с ошибкой 1 мкГал нужно учитывать вышеприведенные поправки.

Данный алгоритм был использован при составлении компьютерной программы в среде MatLab, который даёт возможность характеризовать каждый экзогенный параметр в отдельности и в целом, произвести изучение влияния каждого из них на водоносный горизонт (Рис. с).

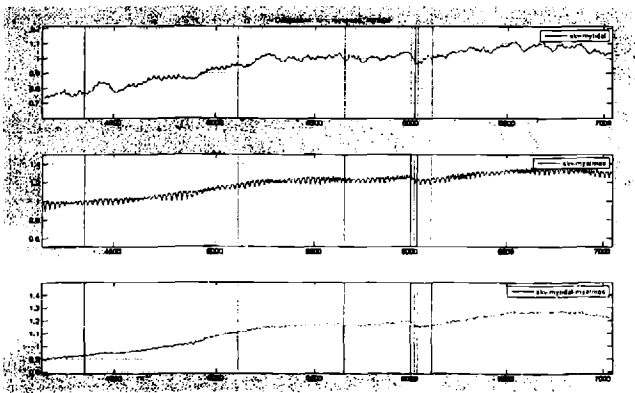


Рис. 3. Вариации параметров после снятия влияния: приливных вариаций (верхняя линия), атмосферного давления (средняя линия) и обоих параметров одновременно (нижняя линия). Вертикальные линии – прошедшие землетрясения.

Установлено, что на всех скважинах в определённой степени проявляются экзогенные факторы, хотя, судя по реакции скважин, в различной степени. Различия обусловлены глубиной скважины, её конструкцией, своеобразием геологического и гидрогеологического строения водоносного горизонта, значением газового фактора и др.

ლიტერატურა

1. P. A. Hsieh, I. D. Bredehoeft, I. M. Farr. 1987. Determination of Aquifer Transmissivity from Earth Tide Analysis. Water resources research. vol. 23. 10. PP. 1824-1832.
2. P. A. Hsieh, I. D. Bredehoeft, S. A. Rojstaczer. 1988. Response of Well-Aquifer Systems to Earth Ties: Problems Revisited. Water resources Research vol. 24. No. 3. PP. 468-472.
3. G. Melikadze, T. Matcharashvili, T. Chelidze, E. Ghloni.-Earthquake related disturbance in stationarity of water level variation. Bulletin of the Academy of sciences of the Georgian, 165 & #8470; 1, 2002
4. Вихирев В.В. Влияние изменения во времени гидрологических факторов на силу тяжести. В кн.: Повторные гравиметрические наблюдения. М., изд. ВНИИ геофизики (ротапринт). 1976.
5. Hagiwara Yuki, Tidal groundwater-related gravity change in a Seaside area, J. Geol. Soc. Japan. 1977. 23. N1.
6. Парийский Н.Н., Перцев Б.П., Крамер М.В. Влияние изменений в распределении атмосферных масс на значения ускорений силы тяжести. М., изд. ВНИИ геофизики (ротапринт). 1982. С. 12-26.
7. Дулит П.Д. Влияние атмосферных масс на гравитационное поле Земли. Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1966. Вып. 5. С. 5-14.
8. Бровар В.В. Влияние изменений атмосферного давления на силу тяжести. – В кн.: Повторные гравиметрические наблюдения. М., изд. ВНИИ геофизики (ротапринт). 1980. С. 27-33.
9. Картвелишвили К.З., Мирианшвили В.И. Наблюдения наклонов поверхности Земли, вызванных изменениями атмосферного давления. Сообщения АН ГССР. 85. N3. 1977. Тбилиси.

ატმოსფერული წნევისა და სიმძიმის ძალის მიმოქცევითი ვარიაციების გავლენა ჰიდროსფეროზე

ქართველი შიგლი კ., მედიკაძე გ., კობზევი გ.

რეზიუმე

წყლის დონის ვარიაციები ღრმა ჭაბურღილებში ახსნილია ეკზოგენური და ენდოგენური ფაქტორების გავლენით. მოყვანილია ატმოსფერული წნევის მიმოქცევით ვარიაციებზე და ორივეს წყლის დონეზე გავლენის თეორიული მოდელი. რაოდენობრივად არის შეფასებული ეს გავლენა. ამ მოდელის ბაზაზე შემუშავდა კომპუტერული პროგრამა, რომელიც საშუალებას იძლევა გასუფთავდეს მულტი-სიგნალი ეკზოგენური ფაქტორების გავლენისაგან.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ И УСКОРЕНИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ НА ГИДРОСФЕРУ

Картвелишвили К. ¹, Меликадзе Г. ², Кобзев Г. ²

Реферат

Вариации уровней воды в глубоких скважинах объясняются влиянием экзогенных и эндогенных факторов. Приводится теоретическая модель влияния атмосферного давления на значения силы тяжести и обоих на уровни воды в артезианских скважинах. Количественно оцениваются масштабы этого влияния. На базе этой теоретической модели разработана компьютерная программа позволяющая очистить мульти-сигнал от влияния экзогенных факторов.

INFLUENCE OF ATMOSPHERE PRESSURE AND TIDAL VARIATION OF GRAVITY ON THE HYDROSPHERE

Kartvelishvili K., Melikadze G., Kobzev G.

Abstract

Variation of water level in the deep boreholes, explained by influence of atmosphere pressure and tidal variation on it. To be resulted theoretical model of influencing of atmosphere pressure on the tidal variation and both on the water level in the artesian boreholes. It is quantitatively estimated scales of this influence. On the basis of this theoretical model the computer program is developed, which allowing cleaning a multi-signal of influence exogenous factors.