

ИНЕРЦИОННОСТЬ УРОВНЯ ВОДЫ В ГЛУБОКИХ СКВАЖИНАХ ГРУЗИИ

Кобзев Г. Н., Кереселидзе З. А., Меликадзе Г. И., Джимшеладзе Т. Дж.

Институт геофизики им. Михаила Нодиа Тбилисского государственного университета им. Ивана Джавахишвили, 0160, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1
kobzev47@gmail.com

Аннотация

Существует несовпадение между временем достижения экстремума гравитации и экстремума колебаний воды, $timeDifference$, в скважинах. Существуют также разные способы вычисления связи между изменением гравитации и уровнем воды в линейной форме.

Для глубоких скважин Грузии показано: если колебания уровня воды следуют за изменениями гравитации, то $timeDifference$ подчиняется нормальному закону распределения с медианой μ и стандартным отклонением σ . Указаны скважины с медианой $\mu=0$ и $\mu\neq 0$. Если медиана $\mu\neq 0$, то, искусственно изменяя время для уровня воды, можно более точно определить коэффициент линейной связи.

Предисловие

Гравитация и атмосферное давление оказывают воздействие на уровень воды в скважине, в результате на графике уровня воды видны четкие колебательные движения.

На первый взгляд все просто: под воздействием, например, гравитации вода перемещается из скважины в окружающие породы, а потом наоборот. Такое движение должно осуществляться с задержкой, ибо приходится преодолевать сопротивление в породах, окружающих скважину. Задержка во времени (инерционность, $timeDifference$) должна быть, видимо, всегда и в обычных условиях постоянна. Но так ли это?

Вопросы

- а) Вода обычно с задержкой реагирует на $tidalZ$ ($timeDifference>0$). Существуют примеры, когда вода “опережает” $tidalZ$ ($timeDifference<0$). Какому же закону подчиняется $timeDifference$?
- б) Существует ли связь между $timeDifference$ и линейным коэффициентом A , который определяют при выяснении линейной связи между скоростью воды и скоростью $tidalZ$?
- б) Изменяется ли для скважины линейный коэффициент A в разные годы?
- в) При сравнении скорости воды (на оси Y) со скоростью гравитации $tidal$ (на оси X) обнаружено, что между ними имеется линейная связь с коэффициентом A [1]. Насколько существенна связь между задержкой во времени и амплитудой воды, реагирующей на воздействие $tidal$?
- г) Вычислим для скважин Марнеули, Кобулет, Накалакеви значения $timeDifference$. Если они $\neq 0$, то увеличится ли коэффициент A , если время задержки воды по отношению к $tidal$ уменьшать, искусственно смещая $timeDifference$ к 0?

Определение

$tidal = -tidalZ$, где $tidalZ$ есть Z-составляющая гравитации.

Перейдем к изучению временных задержек $timeDifference$ в скважинах.

Определимся со способом подсчета $timeDifference$. График на рис.1 предназначен для пояснений.

$TimeDifference$ будет определено двумя способами:

- 1) Разница между временем достижения *минимума* в *tidal* и временем достижения *минимума* в *water*.
- 2) Разница между временем достижения *максимума* в *tidal* и временем достижения *максимума* в *water*.

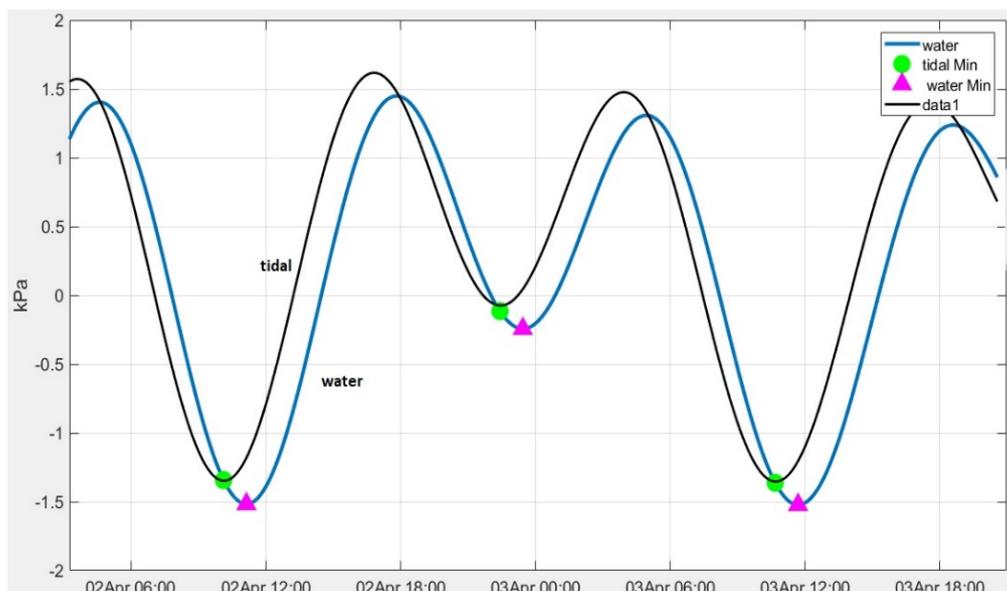


Рис.1. $TimeDifference$ здесь определено как время между достижением минимума в *tidal* и минимума в *water* (вода). Голубая линия – вода, черная – гравитация

Факты

Обработка данных для скважин Марнеули, Кобулету, Накалакеви показала, что значения $timeDifference$ распределены по закону нормального распределения (табл.1). Однако это правило не выполняется для Ахалкалаки.

На рис.2 приведены значения $timeDifference$ для Марнеули, вычисленные при сравнении точек минимума ($timeMinPoints$) между собой, а также при сравнении точек максимума ($timeMaxPoints$). Для скважины $timeDifference$ подчиняется закону нормального распределения с медианой $\mu = -5.75$ мин и стандартным отклонением сигма $\sigma = 39$ мин. Присутствуют отдельные отклонения в 100, а также -100 мин.

Для Марнеули существует как задержка, так и опережение времени экстремумов гравитации. Это связано с инерционностью процесса взаимодействия скважины с окружающей средой. Формирование точек минимума или максимума у воды может измениться (задержаться/ускориться) при расширении или сжатии в среде, окружающей скважину. Надо также учитывать и технический момент – наличие мелких колебаний (шумы) при записи значений уровня воды, что приводит к неоднозначности определения времени экстремума.

Связь медианы μ задержки времени и коэффициента связи A

Существует связь между инерционностью реакции воды, точнее со значением медианы μ , и вычисленным коэффициентом линейной связи A между скоростью гравитации и скоростью воды. Для реального уровня воды необходимо ориентироваться на его медиану.

Пример 1. Медиана $\mu=0$.

В 2019 г. для Марнеули медиана μ равна -5.7 мин., т.е. ≈ 0 . Коэффициент связи A между скоростью гравитации и скоростью воды оказался максимальным, что выяснилось после экспериментов по изменению времени воды и пересчете коэффициента A .

Пример 2. Медиана $\mu \neq 0$.

В 2020 г. для Кобулети медиана $\mu=+48$ мин., $\sigma=45$ мин. и $A=0.119$. Если истинное время воды уменьшить на 48 мин. (тогда медиана $= 0$), то значение A увеличится на 8.5%.

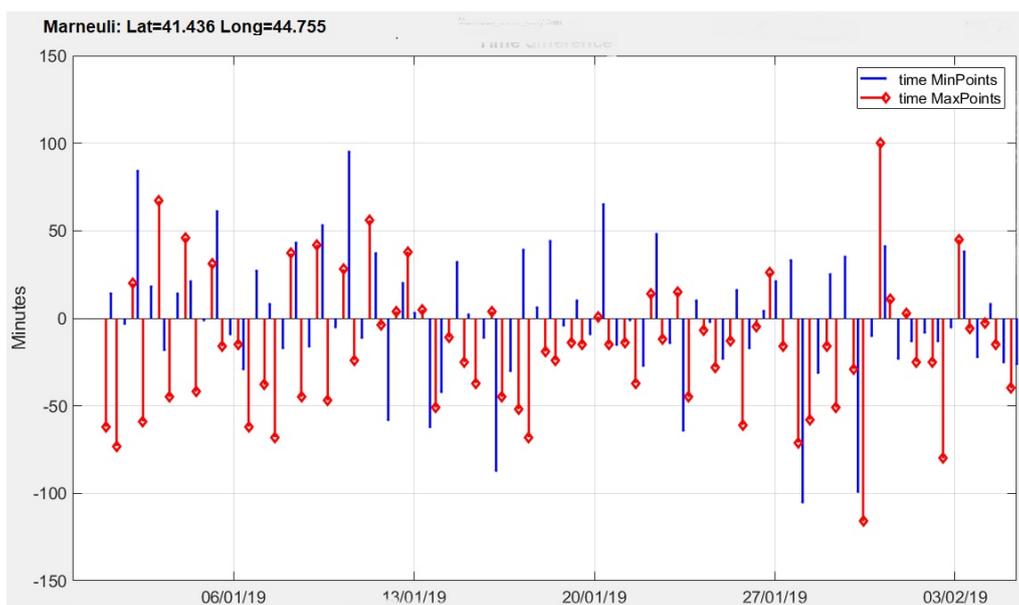


Рис.2. Отклонения во времени, timeDifference, Марнеули, 2019 г.

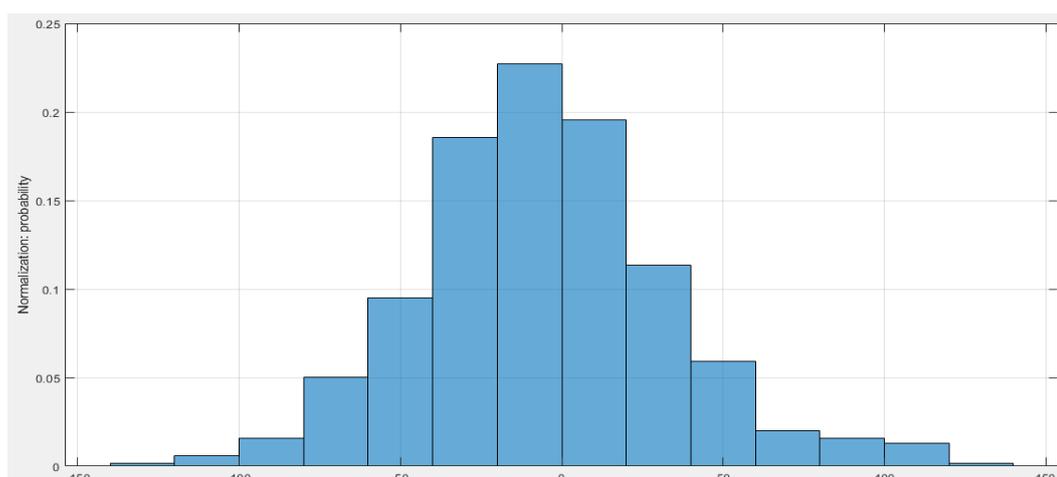


Рис.3. Гистограмма timeDifference для Марнеули, 01/01/2019-01/07/2019.
 $\mu=-5.75$ мин., $\sigma=39$ мин.

Таблица 1. TimeDifference скважин

Скважина, год	Медиана минуты	μ, Сигма σ, минуты
Марнеули, 2019	-6	39
Марнеули, 2020 (3мес,6 мес)	-3, -3.8	34, 42.7
Накалакеви, 2019	-0.4	55
Накалакеви, 2020, (3 мес, 6 мес)	-4, -3.8	53, 77.8
Кобулети, 2018	52	42
Кобулети, 2019	46	45
Кобулети, 2020 (3 мес, 6 мес)	48, 50.6	45, 53
Лагодехи, 2019	130	51
Лагодехи, 2020, (3 мес, 6 мес)	125, 128.6	53, 82.1

Из табл.1 видно, что в Марнеули колебания воды совпадают с колебаниями гравитации. Для Кобулети характерна задержка колебания воды на 46-52 мин, а в Лагодехи присутствует задержка на 125-130 мин. по сравнению с колебаниями гравитации. Стандартные отклонения σ для всех скважин сопоставимы (34-55 минут).

Следствие из таблицы 1

Если выдвигается гипотеза о линейной связи изменения уровня воды и гравитационной компоненты tidalZ:

$$water = a * atmos + b * tidalZ + \dots$$

то она может быть справедлива, если медиана $\mu=0$. Если же $\mu \neq 0$, то при нахождении коэффициентов уравнения имеет смысл изменить (уменьшить или увеличить) время для *water* с тем, чтобы медиана стала равна 0 и лишь потом искать коэффициенты.

Изменения коэффициента А для скорости в разные годы

Определение.

Пусть X - некоторая переменная, измеренная в момент $t=1,2,3,\dots$

Для подсчета скорости в момент t при $\Delta t=360$ минут, скорость

$$v(X)=d(X)/dt=(X(t+\Delta t/2)-X(t-\Delta t/2))/\Delta t$$

Таким способом подсчитывается скорость воды $v(water)$ и гравитации $v(tidal)$.

В данном эксперименте пары чисел $v(water(i))$ и $v(tidal(i))$ накапливаются 3 дня и вычисляется один коэффициент А линейной связи $v(water)=A*v(tidal)+B$ для этих трех дней. Далее 3х-дневное окно сдвигается на 1 час и процедура вычисления А повторяется.

Выясним изменения коэффициента скорости А между скоростью воды и скоростью tidal в разные годы. Условие: сдвиг 360 минут, накопление 3 дня, передвижение 1 час.

Изучим значения уровня воды за 6 месяцев для 2016, 2017,2019 гг., а также за 3 месяца для 2018 г., начиная с 1 января соответствующего года.

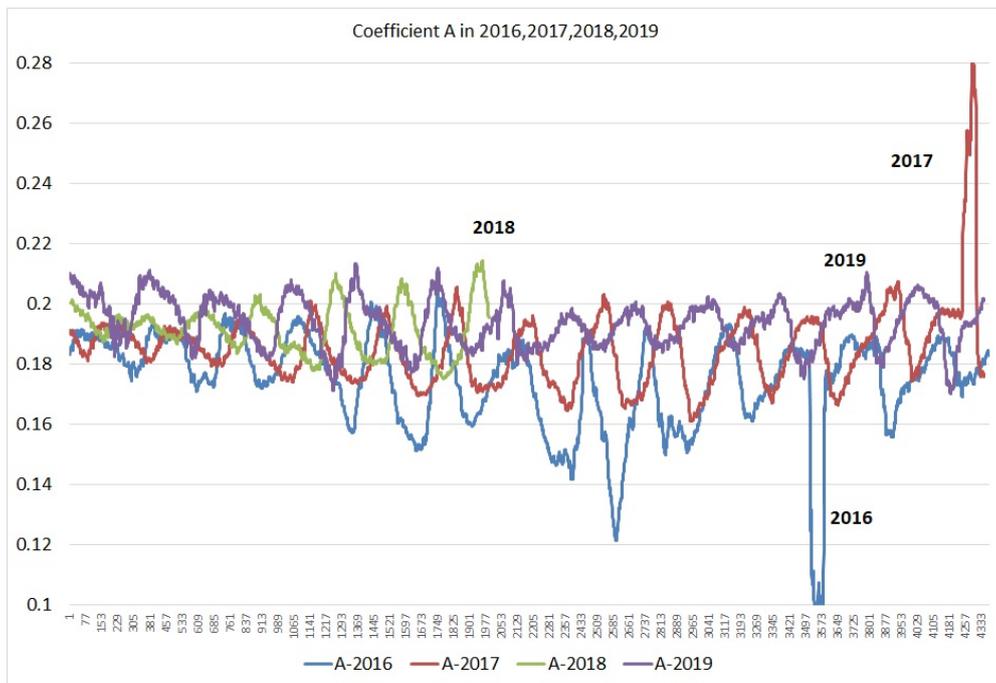


Рис.4. Изменения в Марнеули коэффициента А в 2016-2019 годы, считая от 1 января.

Сравнения для 360 минут, накопления – 3 дня, окно сдвигается на 1 час.

Для Марнеули в значениях коэффициента А наблюдается периодичность. В первом полугодии каждого года есть 13 циклов, период одного цикла равен 14 дней. Относительно своего стартового значения величина А изменяется, но незначительно.

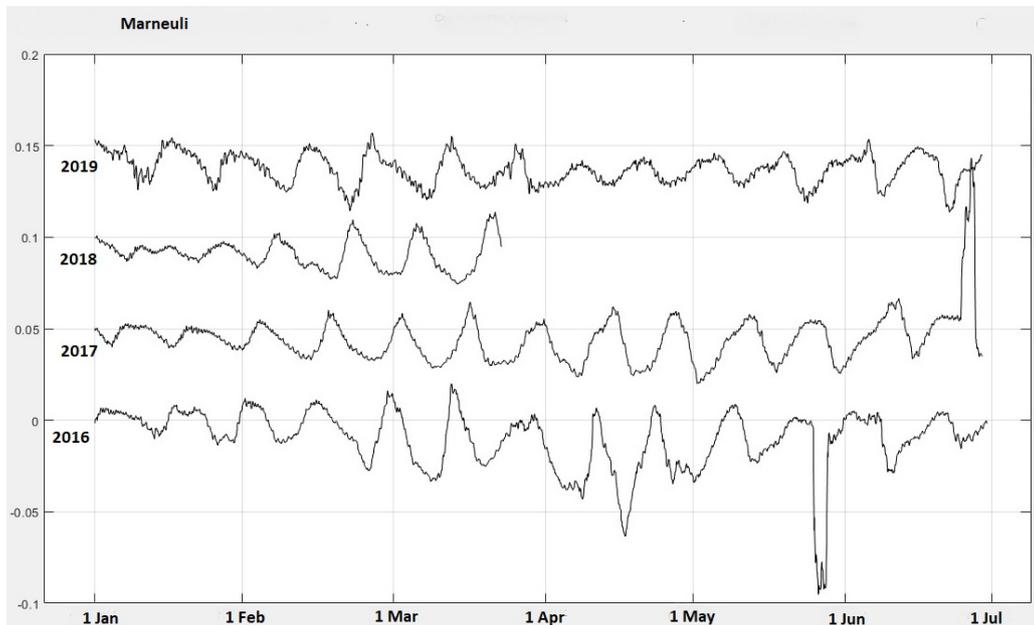


Рис.5. Марнеули. Изменения коэффициента А за 6 месяцев в 2016-2019 гг. Значения искусственно сдвинуты один выше другого на 0.05.

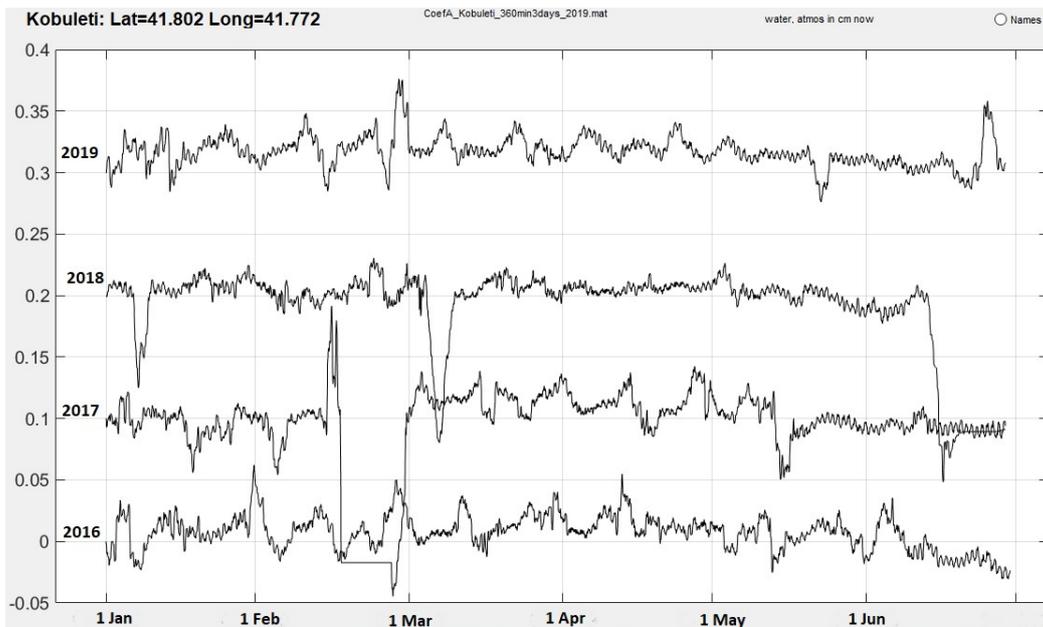


Рис.6. Кобулет. Изменения коэффициента А за 6 месяцев в 2016-2019 гг. Значения А искусственно сдвинуты один выше другого на 0.1.

Для расчета коэффициента линейной связи между гравитацией и уровнем воды можно привлечь, как метод, разложение Фурье. Тогда, если осуществить выборку в Марнеули (2020 г.) только для интервала [0.4-0.52] дня, то получим строго линейную зависимость с $A=0.18112$. При выборке только из интервала [0.9-1.12] дня коэффициент $A=0.21419$. Но подсчитанный методом скоростей коэффициент А также находится в диапазоне [0.18-0.21], изменяясь периодически (рис.4,5). Кстати, периодичность является причиной того, почему при получении тренда уровня воды и использовании единого коэффициента А приводит к ограниченному успеху.

Выводы

Если в скважине изменения уровня воды хорошо следуют за изменением гравитации, то задержки во времени timeDifference подчинены нормальному распределению с медианой μ и стандартным отклонением σ .

Для Марнеули медиана равна 0 и все значения timeDifference оказываются в интервале [-100 100] мин. Для Кобулет медиана $\neq 0$, поэтому задержки во времени timeDifference по сравнению с гравитацией являются постоянными. Значения меняются от +10 до +100 минут. Изредка наблюдаются отрицательные значения.

Коэффициенты линейной связи между скоростью воды и скоростью гравитации, меняясь во времени периодически, остаются в определенном интервале. Наблюдаются и отклонения от нормы, что представляет определенный интерес.

Благодарность. Работа выполнена при поддержке национального научного фонда Грузии им. Шота Руставели – Грант– № FR17_633.

ლიტერატურა – REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. Кобзев Г.Н., Кереселидзе З., Меликадзе Г. И., Джимшеладзе Г. Дж. Реакция воды на гравитацию в глубоких скважинах Грузии. Методы вычислений. pp.133-143. Труды Института геофизики им. М. Нодиа. ISSN 1512-1135, т. LXX, 2019.

წყლის დონის ინერციულობა საქართველოს ღრმა ჯაბურღილებში

კობზევი გ., კერესელიძე ზ., მელიქაძე გ., ჯიმშელაძე თ.

რ ე ზ ი უ მ ე

გამოთვლილ იქნა საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებულ ჯაბურღილებში წყლის დაგვიანებული რეაქცია გრავიტაციაზე. განისაზღვრა წყლისა და გრავიტაციის სიჩქარეებს შორის კავშირის A კოეფიციენტის ცვლილების პერიოდულობა, ასევე კოეფიციენტზე წყლის დაგვიანებული რეაქციის გავლენა.

TIME DIFFERENCE OF WATER LEVEL IN DEEP BOREHOLES OF GEORGIA

Kobzev G., Kereselidze Z., Melikadze G., Jimsheladze T.

A b s t r a c t

The delay times of water reaction to gravity in deep boreholes of Georgia are calculated. The periodicity of the change in the coefficient A of the relationship between the speed of water and the speed of gravity, as well as the influence of the delay in the reaction of water on the coefficient is noted.

ИНЕРЦИОННОСТЬ УРОВНЯ ВОДЫ В ГЛУБОКИХ СКВАЖИНАХ ГРУЗИИ

Кобзев Г., Кереселидзе З., Меликадзе Г., Джимшеладзе Т.

Р е ф е р ა ტ

Вычислены времена задержки реакции воды на гравитацию в глубоких скважинах Грузии. Отмечена периодичность изменения коэффициента A связимежду скоростью воды и скоростью гравитации, а также влияние задержки реакции воды на коэффициент.