

О КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ КОЛЕБАНИЯМИ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И ИЗМЕНЕНИЯМИ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

д-р техн. наук, проф. В.И. КОСТИЦЫН

*(Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Россия)*

Для скважин геодинамического полигона «Предуралье» в Пермском крае установлены корреляционные зависимости между изменениями уровня подземных вод и силы тяжести. На основании корреляционной зависимости между колебаниями уровня грунтовых вод и изменениями силы тяжести в опорных пунктах (скважинах) можно определять уровень воды в ближайших пунктах, выполняя в них повторные гравиметрические наблюдения без бурения скважин.

***Ключевые слова:** геодинамический полигон, изменения силы тяжести, колебания уровня грунтовых вод, корреляционная зависимость.*

Рассмотрим применение гравиметрии для определения уровня грунтовых вод на примере геодинамического полигона «Предуралье» в Пермском крае. Известно, что пространственно-временные преобразования верхней части разреза определяются, главным образом, динамикой грунтовых вод. Известны два типа колебаний уровня грунтовых вод (УГВ): длиннопериодные (сезонные) и короткопериодные (суточные). В длиннопериодных колебаниях основным источником питания являются сезонные атмосферные осадки в виде дождя и снега, создающие закономерный ход изменениям запасов воды. Этот тип колебаний УГВ характеризуется в течение года двумя максимумами (весна, осень) и двумя минимумами (зима, лето). Короткопериодные колебания обусловлены воздействием в пределах суток метеорологических (дождя, снега), техногенных (промышленных утечек воды, сливов) и других факторов. Непредсказуемость колебаний второго типа, их характера, времени и интенсивности проявления, а также наложение на колебания первого типа значительно затрудняют их изучение.

Для изучения динамики грунтовых вод проведены повторные гравиметрические наблюдения (мониторинг) в пунктах профилей и одновременно гидрогеологические измерения в скважинах [1]. На основании син-

хронных гравиметрических и гидрогеологических измерений могут быть установлены зависимости между изменениями уровня грунтовых вод (УГВ) и силы тяжести (СТ) в опорных пунктах (скважинах), если они имеются, а затем можно будет определить уровень грунтовых вод в ближайших пунктах гравиметрической сети [2], где отсутствуют гидрогеологические скважины.

Технология гравиметрического мониторинга. Для определения уровня грунтовых вод с помощью гравиметрических наблюдений использовали принцип максимальной локальной точности между двумя соседними пунктами в каждую серию измерений. На полигоне установлен основной опорный пункт в виде бетонного монолита, углубленного в землю до твердого основания на 1,0–1,5 м и с верхней гранью $0,7 \times 0,7$ м, от него проводились все гравиметрические измерения [2–4].

Остальные пункты полигона выбирали так, чтобы они покрывали всю исследуемую площадь и располагались друг от друга на небольшом расстоянии (от 1–5 м до 25–200 м) в зависимости от конкретных геоморфологических и гидрогеологических условий. Пункты должны иметь постоянные высоты, надежно закреплены на местности, чтобы их можно было использовать в течение многих лет.

Предположим, что в начальный момент времени определено положение уровня грунтовых вод в скважинах (опорных пунктах), измерены значения силы тяжести на опорных и рядовых пунктах. Через несколько дней (месяцев) проводят новую серию повторных измерений силы тяжести на всех пунктах относительно основного опорного пункта с одновременным измерением уровня грунтовых вод в гидрогеологических скважинах. Получим вариации силы тяжести (δg) на опорных и рядовых пунктах, а также изменения УГВ (δH) в скважинах (опорных пунктах). Если будет установлена корреляционная зависимость между δg и δH для опорных пунктов (скважин), то далее находим уровень грунтовых вод для рядовых пунктов по изменениям в них силы тяжести.

Геодинамический полигон «Предуралье». Для изучения гидрогеологического режима в естественных геологических условиях был создан геодинамический полигон «Предуралье» в бассейне р. Сылвы (рис. 1) на территории заказника «Предуралье» (Пермский край). Полигон включает 12 гидрогеологических скважин, оборудованных фильтрами, и 55 гравиметрических пунктов в виде бетонных монолитов, углубленных в землю до твердого основания на 1,0–1,5 м [5].

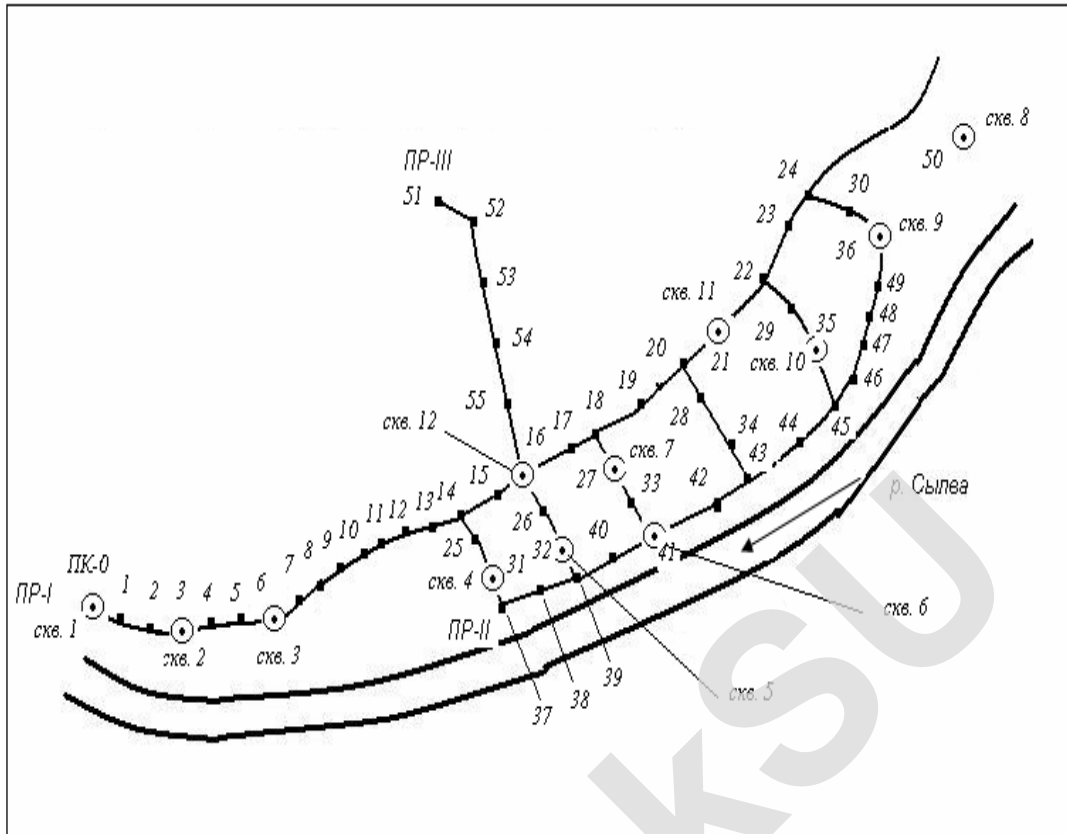


Рис. 1. Схема геодинамического полигона «Предуралье»

Геологический разрез, изученный по керну скважин, представлен породами четвертичного и пермского возраста. *Четвертичные отложения* – это песчаные глины, тугопластичные, с обломками известняков до 4 см. Мощность глин составляет 1,5–3,0 м. Ниже залегают глинистые песчаники, слабые по прочности, ближе к подошве песчано-галечные отложения. Мощность толщи изменяется от 1 до 4 м. *Пермские отложения* представлены сильно разрушенными известняками, с обломками 5–20 см, а ниже – трещиноватыми и железистыми известняками, с признаками окремнения; трещины заполнены известковой супесью. Кровля их расположена на глубине от 1 до 7 м, мощность составляет 3–8 м. Ниже расположены известняки артинского возраста, в кровле трещиноватые, а затем крепкие, с признаками ожелезнения и окремнения. Кровля отложений расположена на глубине от 6 до 9 м.

Для примера на рисунке 2 приведены геолого-технические разрезы для скважин 5 и 11 (см. рис. 1), расположенных на разных участках полигона и имеющих разные глубины водоносного горизонта. В скважинах установлены сетчатые фильтры (диаметр 127 мм), поэтому уровень грунтовых вод в них соответствует уровню водоносного горизонта.

Шкала глубин, м	Глубина залегания, м		Мощность слоя, м	Литологический разрез и конструкция скважины	Описание пород	Мощность водонасыщенного горизонта, м
	кровли	подолы				
1.0	0.0	0.4	0.4		Глина плотная	
	2.0	0.4	1.9		1.5	
3.0	1.9	5.0	3.1		Известняк разрушенный до обломков (по 30 см), в промежутках известковая супесеобразная порода, на 4.0-4.5 м - песчаник	
4.0					Известняк трещиноватый, трещины заполнены известковой супесью, часто известняк разрушен до обломков, железистый с признаками окремнения и окварцевания	
5.0	5.0	9.6	4.6		Известняк монолитный, признаки окремнения	Н = 10.4-7.5 = 2.9
10.0	9.6	10.4	0.8		Известняк монолитный, признаки окремнения	

а

Шкала глубин, м	Глубина залегания, м		Мощность слоя, м	Литологический разрез и конструкция скважины	Описание пород	Мощность водонасыщенного горизонта, м
	кровли	подолы				
2.0	0.0	6.0	6.0		Известняк в кровле сильно разрушен (глыбы 5-20 см), далее трещиноватый, железистый, плотный, с признаками окремнения, трещины заполнены известковистой супесью	
4.0					Известняк в кровле трещиноватый, очень крепкий с признаками ожелезнения и окремнения	
6.0	6.0	16.2	7.8		Известняк в кровле трещиноватый, очень крепкий с признаками ожелезнения и окремнения	Н = 24.0-16.2 = 7.8
23.0	23.0				Известняк монолитный, признаки окремнения	

б

Рис. 2. Геолого-технические разрезы скважин: а – 5 и б – 11 геодинамического полигона «Предуралье»

По данным гидрогеологических наблюдений глубина залегания уровня грунтовых вод в разных скважинах изменяется от 1,2 до 18,3 м, а амплитуда колебаний в одной и той же скважине между замерами в период весеннего половодья и летней межени достигает 6 м.

Для скважин 5 и 11 приведены графики изменения силы тяжести и уровня грунтовых вод за период с конца мая по начало сентября (рис. 3–4).

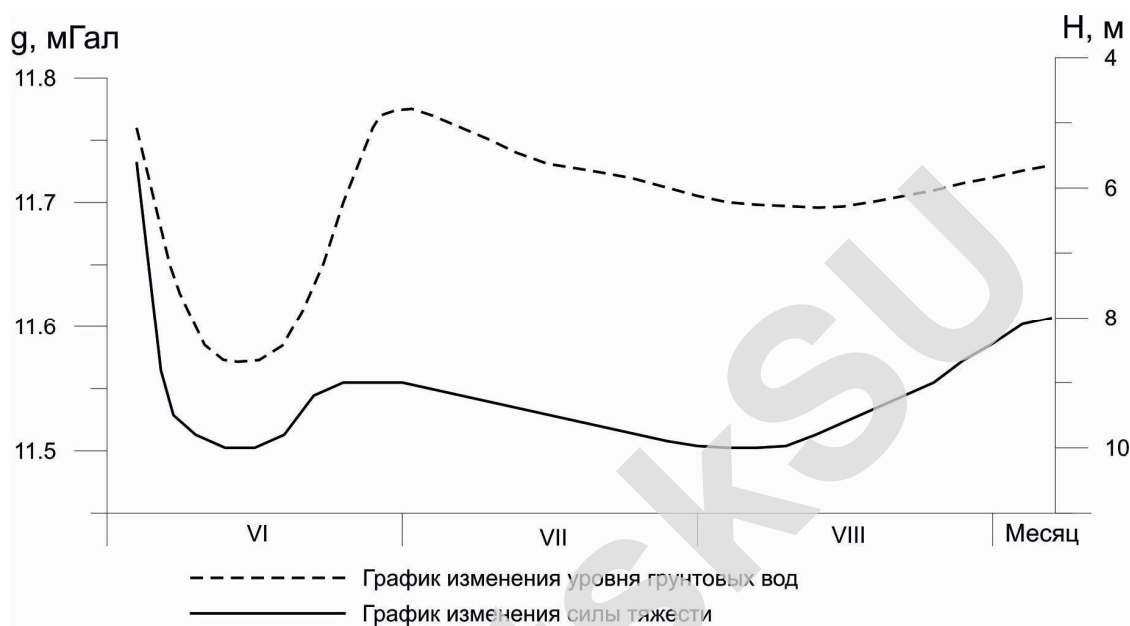


Рис. 3. Графики изменения силы тяжести и уровня грунтовых вод для скв. 5

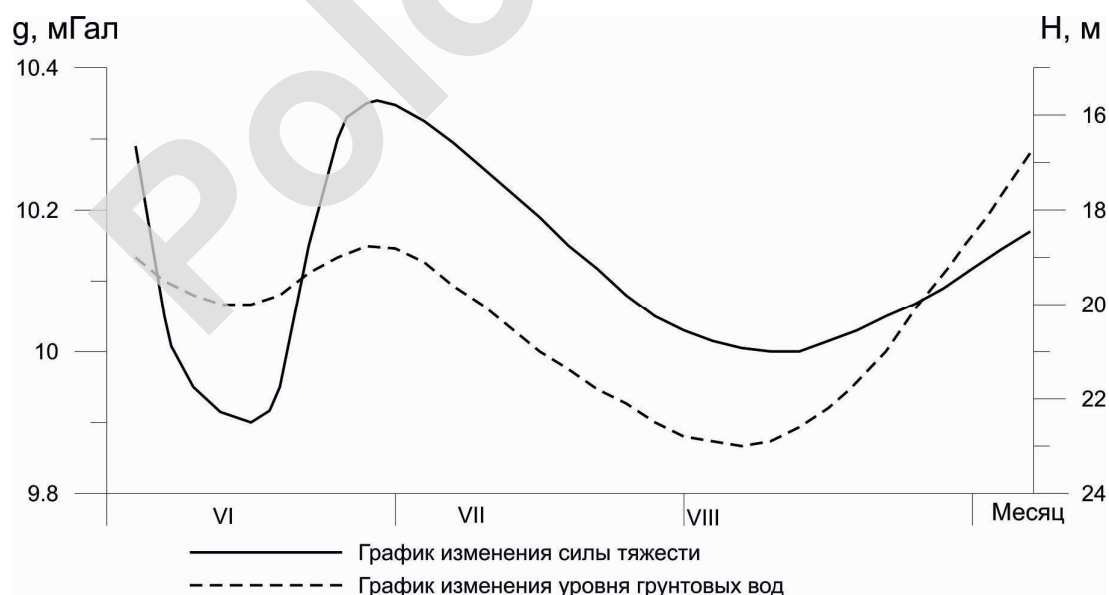


Рис. 4. Графики изменения силы тяжести и уровня грунтовых вод для скв. 11

На основании выполненных исследований установленные корреляционные зависимости между изменениями силы тяжести и уровня грунтовых вод, которые имеют следующий вид для скважины 5:

$$y = 14,7 - 4,45x,$$

для скважины 11

$$y = 34,6 - 5,95x.$$

Коэффициент корреляции для скважины 5 получился 0,76 и скважины 11–0,80. Согласно теории вероятности можно считать, что между колебаниями уровня грунтовых вод и изменениями силы тяжести существует корреляционная зависимость. Аналогичные корреляционные зависимости получены для других скважин геодинамического полигона. Коэффициенты корреляции изменяются от 0,75 до 0,92.

При повторных гравиметрических наблюдениях на одном и том же пункте геологический разрез остается постоянным, а изменяется только аномальная масса за счет разного количества атмосферных осадков, что приводит затем к колебаниям уровня грунтовых вод. Поэтому можем считать, что полученные вариации гравитационного поля происходят, главным образом, за счет колебаний уровня грунтовых вод [5–7].

Таким образом, для скважин геодинамического полигона «Предуралье» в Пермском крае установлены корреляционные зависимости между изменениями уровня подземных вод и силы тяжести. Следовательно, зная корреляционную зависимость между колебаниями уровня грунтовых вод и изменениями силы тяжести в опорных пунктах (скважинах), можно определять уровень воды в ближайших пунктах, выполняя в них повторные гравиметрические наблюдения без бурения скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костицын, В.И. Влияние гидрогеологического режима на результаты высокоточных гравиметрических наблюдений / В.И. Костицын // Вопросы обработки и интерпретации геофизических наблюдений. – 1974. – Вып. 12. – С. 75–78.
2. Костицын, В.И. Возможности гравиметрии при изучении динамики подземных вод / В.И. Костицын, А.И. Колосов // Геологические исследования и охрана окружающей среды на Западном Урале. – 2007. – С. 81–83.
3. Вихирев, Б.В. Влияние изменения во времени гидрогеологических факторов на силу тяжести / Б.В. Вихирев // Повторные гравиметрические наблюдения. – М. : Нефтегеофизика, 1976. – С. 4–23.

4. Курбанов, М.К. Изучение влияния изменений уровня грунтовых вод на высокоточные измерения силы тяжести в районе Ашхабадского геодинамического полигона / М.К. Курбанов, О.Б. Кирста // Повторные гравиметрические наблюдения. – М. : Нефтегеофизика, 1983. – С. 104–109.
5. Костицын, В.И. Перспективы гравиметрии при решении некоторых задач гидрогеологии / В.И. Костицын // Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий. – Пермь : ВерхнекамТИСИЗ, 2008. – С. 186–198.
6. Long-term and seasonal gravity changes at the Strasbourg station and their relation to crustal deformation and hydrology / M. Amalvict [et al.] // Journal of Geodynamics. – 2004. – 38. – P. 343–353.
7. Harnisch, G. Hydrological influences in long gravimetric data series / G. Harnisch // Journal of Geodynamics. – 2006. – 41.– P. 278–287.

ABOUT CORRELATION DEPENDENCE BETWEEN VARIATIONS OF WATER-TABLE AND GRAVITATIONAL FORCE CHANGES

V. KOSTITSYN

For the wells of geodynamic test site “Preduralie” (Perm Krai) the correlation dependences between variations of water-table and gravitational force changes were determined. Based on the correlation dependences between variations of water-table and gravitational force at base-stations (wells) it is possible to estimate the water-table level at neighboring survey-points without drilling, performing the repeated gravity measurements.

Keywords: *geodynamic test site, gravitational force variations, water-table variations, correlation dependence.*

УДК 528.4

ДЕМАРКАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В.С. ХОМИЧ

(Белгеодезия, Беларусь)

Представлены теоретические аспекты обозначения государственной границы Республики Беларусь, анализ текущего состояния демаркации, перспективы демаркации. Методика демаркации государственной границы и общие правила проведения работ по обозначению границы, а также итоговые документы демаркации также освещены в публикации.