ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/427

**РЕЖИМ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ВОДОНАСЫЩЕННОГО КОЛЛЕКТОРА ПО
ДАНЫМ ПРЕЦИЗИОННОГО МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Кабыченко Н.В., Горбунова Э.М., Беседина А.Н.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер
им. М.А. Садовского Российской академии наук, Москва*

Приливной анализ широко используется для оценки фильтрационных свойств водонасыщенного коллектора – водопроницаемости и проницаемости и основан на исследовании фазового сдвига между приливными волнами, выделенными в вариациях уровня водоносных горизонтов и объемной деформацией пласта. Основные результаты исследований в этом направлении отражены в многочисленных работах Hsieh et al., 1987; Doan et al., 2006; Cutillo, Bredehoeft, 2011; Burbey et al., 2012; Lai, Wang, 2013; Vinogradov et al., 2017; Барабанов и др., 1988; Багмет и др., 1989; Любушин и др., 1993; Копылова и др., 2009; Беседина и др., 2015 и др.

В статье [1] обоснована информативность долговременных высокоточных измерений уровня при исследовании зон разломов по сравнению с результатами обработки данных последовательно проведенных откачек. Приливной анализ позволяет дистанционно определять низкие значения проницаемости коллектора *in situ*, которые невозможно оценить, используя традиционные методы гидрогеологического опробования. Амплитуды суточных и полусуточных приливных волн в вариациях уровня могут зависеть от раскрытия (апертуры) трещин, ориентации (падения и простирания), протяженности трещин и сжимаемости шероховатостей [2]. Соотношение теоретических значений амплитуд основных типов волн объемной деформации пород по составляющим С – Ю и В – З различается с учетом широты расположения пункта измерений [3]. Вариации уровня напорного водоносного горизонта рассматриваются в качестве одного из индикаторов пороупругого отклика водонасыщенного коллектора на земные приливы.

Целью настоящей работы явилось исследование приливного отклика, соответствующего разным типам волн, выделенным в уровне напорного водоносного горизонта по данным прецизионного мониторинга уровня подземных вод, проводимого на территории геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево» [4]. Водовмещающие породы представлены карбонатным коллектором трещинно-порового типа (известняками, доломитами с подчиненными прослоями глин). Были рассмотрены ежемесячные ряды гидрогеологических данных за период 2017 - 2018 гг. за исключением результатов измерений, проведенных в марте 2018 г. из-за технических помех, осложняющих регистрацию сигнала.

К обработке выбранного ряда гидрогеологических наблюдений применена новая методика, которая позволила четко выделить приливные волны в уровне подземных вод. Были определены среднемесячные значения амплитуд для восьми типов приливных волн, включая 4 полусуточных – K_2 , S_2 , M_2 , N_2 и 4 суточных – K_1 , P_1 , O_1 и Q_1 . Объемная деформация пород рассчитана с использованием программного пакета ETERNA 3.0 [5] применительно к координатам наблюдательной скважины.

Режим напорного водоносного горизонта подвержен сезонным вариациям. Увеличение напора за период наблюдений составило 3.3 м. С июня 2018 г. прослежен устойчивый тренд снижения уровня на 1.4 м, который может быть связан с влиянием региональной воронки депрессии, сформированной в пределах Московского региона. Таким образом, в пределах рассматриваемого ряда наблюдений выделяются участки естественного и техногенно-нарушенного режима подземных вод, которые характеризуются изменением параметров подземного потока – направления, уклона и скорости движения. Соответственно в естественных и техногенно-нарушенных гидрогеологических условиях, как при подъеме, так и при снижении уровня напорного горизонта к магистральным – основным водопроницающим трещинам относятся системы гидрогеологически активных трещин разных направлений.

В связи с вышесказанным сравнительный анализ значений амплитуд приливных волн, выделенных в уровне подземных вод по экспериментальным данным и рассчитанных для объемной деформации пород, выполнялся поэтапно. В первую очередь была выполнена оценка амплитудного фактора по углу наклона линейной зависимости между среднемесячными значениями амплитуд приливов в уровне и теоретической деформации пород. Устойчивая взаимосвязь отмечена в мае 2017 г. и 2018 г. по сравнению с остальными месяцами наблюдений (см. рис. 1).

Рис. 1. Амплитудный фактор напорного водоносного горизонта за май и июль 2017 г. и 2018 г.

На следующем этапе был исследован амплитудный фактор для каждого типа приливных волн за двухлетний период наблюдений. Пороупругий отклик на деформирование коллектора наиболее выражен для приливных волн лунного типа N_2 и главной солнечной волны P_1 . Далее среди основных типов приливных волн было рассмотрено помесечное соотношение амплитуд отклика, выделенных в уровне напорного горизонта и рассчитанных для объемной деформации. Для главной суточной волны O_1 , начиная с июля 2018 г., прослежено увеличение амплитуды гидрогеологического отклика на фоне уменьшения амплитуды, теоретически рассчитанной деформации за исключением октября и ноября 2018 г. Подобное расхождение значений амплитуд откликов в уровне и деформации частично отмечено и для полусуточной волны лунного типа N_2 .

Полученные результаты позволяют предположить, что различия в соотношении интенсивности отдельных приливных волн, выделенных в уровне напорного водоносного горизонта, может косвенно свидетельствовать об изменении направления магистрального движения воды на микроуровне по системам водопроводящих трещин. Планируется продолжить работы по прослеживанию взаимосвязи между вариациями амплитуд различных типов приливных волн.

Работа выполнена в рамках госзадания АААА-А17-117112350020-9 и при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-05-00809).

1. Allegre V., Brodsky E., Xue L., Nale S.M., Parker B.L., Cherry J.A. Using earth-tide induced water pressure changes to measure in situ permeability: A comparison with long-term pumping tests // *Water Resources Research*. 2016. 52.
2. Bower D. R. Bedrock fracture parameters from the interpretation of well tides // *Journal of geophysical research*. Vol.88. No. B6. June 10. 1983. P.5025-5035.
3. Мельхиор П. Земные приливы. М.: Мир. 1968. 483 с.
4. Беседина А.Н., Виноградов Е.А., Горбунова Э.М., Кабыченко Н.В., Свинцов И.С., Пигулевский П.И., Свистун В.К., Щербина С.В. Отклик флюидонасыщенных коллекторов на лунно-солнечные приливы. Часть 1. Фоновые параметры приливных компонент в смещении грунта и уровне подземных вод // *Физика Земли*. 2015. № 1. С.73-82.
5. Wenzel H.G. Earth tide analysis package ETERNA 3.0 // *BIM*. 1994. № 118. P. 8719-8721.