

8. Добровольский И.П. Сейсмический КПД тектонического землетрясения // Физика Земли. 1994. № 5. С. 87-90.
9. Гутенберг Б., Рихтер К. Магнитуда, интенсивность, энергия и ускорение как параметры землетрясений // Слабые землетрясения. М.: Изд-во Иностран. Лит., 1961.
10. Моги К. Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1988. 382 с.
11. Овчаренко А.В. Разделение геополей на компоненты с априорно заданными свойствами // Докл. РАН. Т.342, №4. 1995. С.537-539
12. Добровольский И.П. Механика подготовки тектонического землетрясения. М.: Наука, 1984. 188 с.

## **О возможности повышения информативности гидрогеодинамических наблюдений на скважинах с отрицательными уровнями**

Д.Г. Таймазов

ИГ ДНЦ РАН, [dangeoprog@iwt.ru](mailto:dangeoprog@iwt.ru)

Гидрогеодинамические наблюдения, включающие измерение дебита самоизливающихся скважин и регистрацию уровня воды в скважинах с отрицательным уровнем, как известно, относятся к наиболее доступным средствам деформационного мониторинга земной коры, направленного, как правило, на сеймопрогноз. Наиболее информативным и чувствительным из них, как показывает практика, является наблюдение дебита самоизливающихся скважин. Это объясняется тем, что при деформациях трещиноватых пород относительные изменения их проницаемости, определяемой степенью раскрытия путей миграции флюидов – трещин, существенно больше, чем изменения порового объема за счет деформации матрицы. Вследствие этого эффект от изменения гидродинамического сопротивления в системе коллектор-скважина оказывается намного сильнее, чем от объемных деформаций самого коллектора.

Однако аппаратно-методическое обеспечение работ по измерению дебита существенно отстает от такового в области наблюдений уровней в скважинах. В связи с этим представляет интерес возможность оценки изменений проницаемости пород с использованием данных наблюдений уровней воды в скважинах, которой и посвящена настоящая статья.

В работах [1,2] совместно анализируются временные ряды синхронных наблюдений естественных баровариаций и изменений уровней воды в пьезометрических скважинах и по изменениям функций отклика уровней воды на баровариации оценивается изменчивость состояния верхних слоев земной коры, в том числе и его напряженно-деформированного состояния (НДС). Развивая этот подход, мы в [3] предложили для этих целей, во-первых, выделить гармоническим анализом во временных рядах атмосферного давления и уровней воды в скважинах устойчивые когерентные гармоники, например суточные, во-вторых, выбрать для сравнительного анализа этих гармоник относительную амплитуду отклика (ОАО) и время запаздывания отклика (ВЗО) от самих баровоздействий, которые, по нашим теоретическим оценкам, являются наиболее чувствительными к изменениям НДС параметрами системы коллектор-скважина.

Эти оценки указывают также на зависимость передаточной функции атмосферное давление – уровень воды в скважине от условия заложения скважины (ее глубины, удаленности от разрывных нарушений, степени трещиноватости пород между коллектором и скважиной и т.д.). Это нашло практическое подтверждение и при введении нами барометрических поправок в наблюдаемые уровни: коэффициент пропорциональности в используемом для этого уравнении (в нашем случае этот коэффициент соответствует ОАО) меняется в очень широких пределах в зависимости от места заложения скважины. Так, для скважины Серебряковка в Северном Дагестане он составляет 0,18, для скважины Каспийск-115 – 0,71, а для скважины Айды в Южном Дагестане, находящейся в разломной зоне, принимает отрицательные значения. Отсюда мы делаем вывод, что ОАО и связанное с ней ВЗО, должны быть так же чувствительны к изменениям НДС, в том числе и к тем, которые связаны с подготовкой землетрясений.

В предлагаемой работе для определения ОАО и ВЗО планируется проводить гармонический анализ в скользящем временном окне (например, шириной в 1 месяц и шагом в 1 сутки) временных рядов синхронных наблюдений (например, почасовых) атмосферного давления и уровня воды в скважине. Затем предлагается выбрать устойчивые гармоники в наблюдениях атмосферного давления (например, суточные) и когерентные им гармоники в наблюдениях уровней воды в скважинах. Из сопоставления амплитуд и фаз найденных когерентных гармоник могут быть определены ОАО, как отношение амплитуды выбранной гармоники в наблюдениях уровня воды к ее амплитуде в наблюдениях атмосферного давления, и ВЗО, как сдвиг фаз между ними. Далее составляются временные ряды ОАО и ВЗО с дискретизацией, равной шагу скользящего окна (например, 1 суткам). Полученные временные ряды подвергаются повторному гармоническому анализу для выделения в них долгопериодических приливных гармоник (например, полумесячных и месячных). Сопоставляя эти гармоники с теоретическими приливными волнами в деформациях с теми же периодами (например, полумесячными  $M_f$  и месячными  $M_m$ ) определяются тензочувствительности ОАО и ВЗО, с использованием которых наблюдаемые долговременные изменения последних выражаются в единицах деформаций, т.е. определяются изменения НДС земной коры.

Описанный метод определения изменений НДС земной коры предполагается реализовать на сейсмоактивной территории Дагестана с использованием 6-ти летних синхронных наблюдений атмосферного давления и пьезометрических уровней в скважинах, заложенных в пунктах с различными структурно-геологическими особенностями: "Каспийск-115" (глубина 170 м), "Айды" (глубина 250 м) и "Серебряков-

ка" (глубина 140 м). Для этого будут предприняты следующие конкретные шаги: 1) гармонический анализ в скользящем временном окне длиной в 1 месяц и шагом в 1 сутки временных рядов почасовых синхронных наблюдений атмосферного давления и уровня воды в каждой скважине; 2) выделение устойчивых гармоник в наблюдениях атмосферного давления; 3) выделение когерентных им гармоник в наблюдениях уровней воды в каждой скважине; 4) определение ОАО и ВЗО из сопоставления амплитуд и фаз найденных когерентных гармоник и составление их временных рядов с суточной дискретизацией для каждой скважины; 5) выделение в полученных временных рядах полумесячных и месячных приливных гармоник; б) сопоставление их с теоретическими полумесячными и месячными приливными волнами в деформациях  $M_f$  и  $M_m$  для определения тензочувствительности ОАО и ВЗО; 7) определение по текущим значениям ОАО и ВЗО долговременных изменений НДС земной коры, связанных с процессами подготовки землетрясений.

Реализация метода позволит использовать высокую чувствительность проницаемости горных пород к деформациям для индикации последних и тем самым существенно повысить информативность пьезометрических наблюдений для оценки сейсмической опасности. Возможность накопления полезного сигнала при определении интегральной тензочувствительности наблюдаемого участка земной коры по периодическим гармоникам  $M_f$  и  $M_m$ , амплитуды и фазы которых определяются независимо, обеспечит достаточно высокую точность таких оценок.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант №06-05-96627.

#### Литература

1. Любушин А.А. (мл.), Малугин В.А. Физика Земли. 1993. № 12.С. 74-80.
2. Любушин А.А. (мл.), Лежнев М.Ю. Физика Земли. 1995. № 8.С. 79-84.
3. Таймазов Д.Г. Способ определения изменений напряженно-деформированного состояния земной коры. Заявка в Роспатент № 2006111939/28(012991), 2006 г.

### **Формирование гидрогеодинамического и сейсмического режимов района Чиркейского водохранилища под воздействием техногенного фактора на геологическую среду**

Р.А. Магомедов  
ИГ ДНЦ РАН

Изучение особенностей геодинамических и гидродинамических процессов в геологической среде района водохранилища было начато в связи с его заполнением и эксплуатацией ГЭС. В результате работы ГЭС был сформирован определенный сезонный эксплуатационный уровень режим, обусловленный в основном, характером речного (меженного статического, паводкового и ливневого) стока и, естественно, режимом эксплуатации ГЭС.

Создание водохранилища в сложных горно-геологических и инженерно-геологических условиях предопределило коренную перестройку динамики подземных вод, создание областей подпора глубинных высокоминерализованных вод, образование новых путей фильтрации как глубинных, так и приповерхностных пластово-трещинных вод, и в целом формирование своеобразных гидрогеологических особенностей их режима.

Для более полного понимания условий их формирования в реальной геологической среде, рассмотрим основные черты геолого-тектонического строения этого сложно построенного региона, обусловившего гидрогеологический режим подземных вод и характер контакта последних с поверхностным водным режимом. В бортах долины реки Сулак в районе водохранилища обнажаются в сложных структурных взаимоотношениях породы юрского, мелового и палеогенового возрастов. Представлены они (снизу вверх) терригенно-доломитовым комплексом верхнего отдела юры: алевролитами с прослоями песчаных известняков и доломитов; плотными известняками и загипсованными доломитами с прослоями и линзами гипса. Отложения нижнего мела представлены карбонатно-терригенным комплексом: известняками с прослоями мергелей, песчаников и алевролитов, переходящим в терригенный комплекс в основном алевролитоглинистых и песчано-алевролитовых пород. Верхний мел представлен в нижней части разреза комплексом карбонатных пород: тонкослоистыми известняками с прослоями мергелей и мергелистых глин, а в верхней – массивными плотными известняками. Палеогеновые отложения в основном представлены пестроцветными, битоминозными и глинистыми, с тонко сланцеватой структурой, мергелями с прослоями известняков. Карбонатная толща верхнего мела – палеогена (фораминиферовая толща) смята в сложную систему складок и осложнена значительно развитой трещиноватостью.

В тектоническом отношении водохранилище расположено в пределах Дагестанского клина. Характер размещения линейных разломной тектоники в общих чертах подтверждает геодинамику региона, сформировавшую сложное блоковое строение Дагестанского клина (рис 1).

В пределах рассматриваемого района имеют место две антиклинальные складчатые структуры – Хадумский купол и Салатауский хребет, разделенные синклиналильным прогибом, а также две взаимно пересекающиеся зоны дробления и трещиноватости пород Сулакского (с продолжением Старый Чиркей-Экибулакского) и Ахатлы-Зубутлинского разломов (рис 1). В силу значительной раздробленности геологи-