

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕФОРМОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ЗОНЕ ПРАВОБЕРЕЖНОГО РАЗЛОМА НА ТЕРРИТОРИИ АРОЧНОЙ ПЛОТИНЫ ИНГУРСКОЙ ГЭС

¹Абашидзе В. Г., ¹Челидзе Т. Л., ¹Цагурия Т. А., ¹Кобахидзе Т. В., ²Чаураели Г. Г.

¹Институт геофизики им. Михаила Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1, geo@ig-geophysics.ge

²Грузинский технический университет, 0175, Тбилиси, ул. М. Костава, 77, web@gtu.ge

Согласно тектоническому делению Грузии, район строительства Ингурской ГЭС расположен в пределах Гагра-Джавской зоны складчатой системы Южного склона Большого Кавказа [1]. Геологическое строение района головного сооружения Ингурской ГЭС достаточно полно изучено известными учеными и специалистами нашей республики и Московского государственного университета [2, 3].

Крупнейшим тектоническим элементом района разрывного характера является Ингиришский разлом типа взбросо-сдвига, прослеживающийся западнее участка плотины в ложе водохранилища и имеющий субмеридиональное простирание. Ингиришский разлом сопровождается оперяющими нарушениями меньшего порядка, из которых основным является зона разрывного нарушения того же типа, непосредственно проходящая под правым крылом плотины. Разлом простирается почти параллельно р. Ингури и падает в сторону правобережного склона под углом 75-80°. Амплитуда его смещения по вертикали составляет в среднем 100 м, а по горизонтали – 80 м. Зона сместителя мощностью 2-9 м представлена уплотненным доломитовым песком с кальцитом.

Правобережная взбросо-сдвиговая зона делит весь массив основания плотины на два крупных структурных блока высокого порядка – внешний, представляющий собой взброшенное крыло, и внутренний – опущенное крыло. Кроме того, крупные трещины делят эти блоки на блоки меньшего порядка, однако, самостоятельного структурного значения эти блоки не имеют.

Многолетними комплексными геолого-структурными и геоморфологическими исследованиями было установлено, что, если на первом этапе развития района наблюдались интенсивные дифференцированные движения, то во второй фазе восходящие движения ослабевали в связи с общей консолидацией блоков. Свод стал подниматься как единое целое [4,5].

Этот вывод был чрезвычайно важен для инженерно-геологической оценки основания плотины, т.к. ее правое примыкание располагается на двух разрывных структурных блоках. Поэтому, от правильной оценки тектонической активности разлома, возможно активизированной в процессе строительства плотины, наполнения водохранилища и его эксплуатации, во многом зависит устойчивость этого уникального сооружения. Именно это обстоятельство обусловило необходимость проведения на этом участке долговременных инструментальных наклонмерных и деформографических наблюдений Институтом геофизики по заказу “Тбилгидропроект” [6].

В данной работе представлены результаты многолетних деформографических наблюдений, проведенных в зоне разлома. Кварцевый деформограф (экстензометр) был установлен в 1974 году в нижнем бьефе плотины в правобережной штольне №3413, пересекающей разлом. Деформограф длиной 22.5 м проложен вкрест простирания разлома. Один конец кварцевой штанги закреплен в постаменте, в скальных породах внешнего блока. Другой, свободный конец штанги покоится на постаменте, устроенном на внутреннем блоке (на стороне реки), где и происходит фотооптическая регистрация горизонтальных смещений блоков (рис.1). Чувствительность деформографа высокая. Его увеличение равно 6000, т.е. при относительном смещении блоков на 1 мкм световой луч перемещается на фотобумаге на 6 мм.

На рис.2 представлены графики относительных смещений правобережных разломных блоков с 1974 г по 2007 г и изменения уровня воды в водохранилище после начала его заполнения.

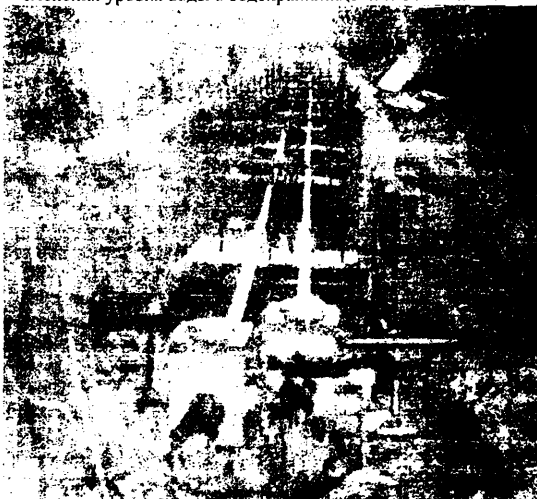


Рис.1

Общий вид кварцевого деформографа, установленного через разлом в нижнем бьефе плотины в правобережной штольне №3413.

Как видно из представленного графика, блоки правобережного разлома испытывают малые относительные смещения. Интересно заметить, что если до начала заполнения водохранилища на разломе в основном преобладало растягивающее смещение блоков, то после начала заполнения и регулирования воды в водохранилище этот процесс замедлился. Из представленного графика можно получить численные значения смещения блоков на разломе. До начала циклического регулирования водохранилища, т.е. за 1974-1984 годы среднегодичное смещение блоков равнялось 0.23 мм/год, тогда как за 1985-2007 годы эта величина составила 0.14 мм/год, а в среднем за 1974-2007 годы – 0.2 мм/год. Как видим, за 1985-2007 годы смещения на разломе уменьшились.

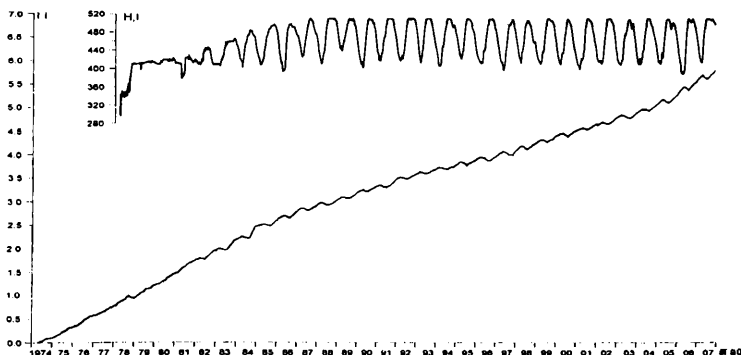


Рис.2

Графики суммарных относительных горизонтальных смещений блоков правобережного разлома по данным кварцевого деформографа за 1974-2007 гг и изменения уровня воды в Ингурском водохранилище.

Чтобы наглядно представить, как влияет регулирование воды в водохранилище на поведение блоков правобережного разлома, на рис.3 более в крупном масштабе сопоставлены графики смещения блоков и регулирования уровня воды в водохранилище за 2000-2007 годы. Как видно из представленного рисунка, при подъеме воды в водохранилище, на разломе блоки сближаются, а при снижении воды наоборот, расходятся. Причина этого, по нашему мнению, заключается в конфигурации разломных блоков под основанием плотины и водохранилища. Как известно, разлом падает в сторону правобережного склона реки под углом 75-80° и выходит под правое крыло плотины на отметке 400 м. В связи с этим, основная нагрузка водохранилища попадает на внутренний, приречный блок. В связи с различной нагрузкой на блоки от водохранилища различна и активность смещения этих блоков. Приречный блок более подвижен. Во время сработки воды водохранилище опорожняется, что в нагрузках выражается в 500-800 миллион тонн и более. В силу этого, приречный блок больше воздымается вверх, чем внутренний, заразломный блок. Как видно из рис.3, в таких случаях на разломе наблюдается расходящее смещение блоков. При наполнении водохранилища, наоборот, блоки оседают с различной интенсивностью и происходит их сближение. В течение года расхождение блоков всегда превышает их сближение. Остаточная деформация в виде расхождения блоков обуславливается тем, что наполнение водохранилища происходит гораздо быстрее, чем его сработка. К тому же следует отметить, что после наполнения водохранилища и стояния воды под напором, расхождения блоков продолжают расти, аналогично тому, как в подобных случаях, по показаниям отвесов, возрастают горизонтальные смещения тела плотины [7].

Итак, основные особенности реакции разлома на измененис нагрузки от водохранилища таковы:

1. обычно максимум деформации расхождения блоков запаздывает на 1.5-2 месяца относительно начала подъема воды, т.е. расхождение продолжается 1.5-2 месяца после начала повышения уровня воды.
2. фаза расхождения блоков примерно 3 раза дольше фазы сближения.
3. расхождение продолжается даже при постоянном уровне воды как в фазе минимума, так и в фазе максимума.
4. расхождение преобладает и накапливается, т.е. наблюдается стационарный крип.

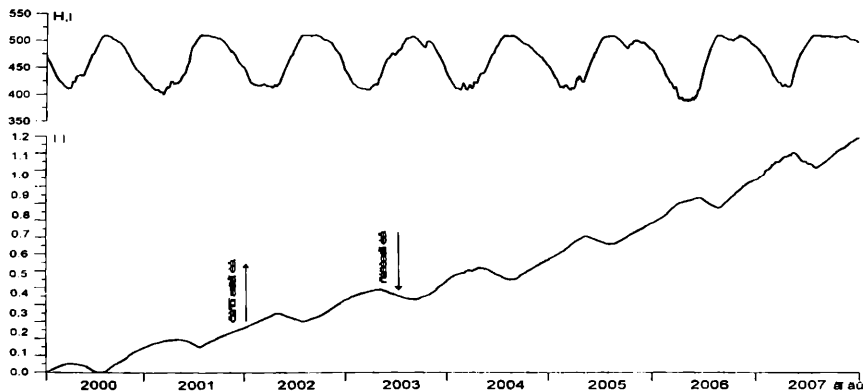


Рис.3

Графики относительных горизонтальных смещений блоков правобережного разлома и изменения уровня воды в водохранилище за 2000-2007 гг в более крупном масштабе.

Все эти факты свидетельствуют о том, что реакция блоковой структуры на нагрузку не является линейно-упругой и, что эта система является нелинейной: полная деформация, скорее всего,

содержит в себе как упругие, так и вязкие и пластические элементы (в реологии такую систему идентифицируют с телом Бюргерса).

Физические механизмы, видимо, таковы:

1. пластическая компонента (накопление расхождения) связана с действием тектонических сил.
2. нестационарная компонента и асимметрия деформации для нагрузки и разгрузки может быть связана с порупругостью геологической среды. При нагрузке имеет место силовое вытеснение порового флюида. Это относительно быстрый процесс. При разгрузке поровые флюиды начинают опять заполнять поровое пространство, но поскольку силовое действие мало, жидкость возвращается в поры преимущественно путем конвективной диффузии. Диффузионный процесс является достаточно медленным и инерционным, это и может быть причиной асимметрии деформации при нагрузке и разгрузке.

Исходя из графических данных, в нижеприведенной таблице даны численные значения относительных горизонтальных расхождений и сближений разломных блоков при регулировании воды в водохранилище. Как видно из таблицы, за 2000-2007 годы остаточное смещение блоков в виде расхождения составляет 1.3 мм, а в целом за 1974-2007 годы достигает 5-6 мм (рис.2). С нашей точки зрения, с этой величиной следует считаться и надо стараться ее уменьшить.

Таблица

Динамика относительных горизонтальных смещений блоков правобережного разлома за 2000-2007 гг по данным кварцевого деформографа в связи с регулированием воды в водохранилище

Годы наблюдений (гг)	Изменение уровня воды в водохранилище (м) max-min-max	Время, при котором происходило изменение уровня воды max-min min-max (сутки, месяц)	Средние скорости при поднятии и сработке воды (м/в сутки)	Расхождение и сближение блоков (мм)	Остаточное смещение блоков в виде расхождения (мм)
2000-2001	509.61→400.00→510.28	217(7.2) 137(4.1)	0.51 0.80	0.215 0.045	0.170
2001-2002	510.28→412.15→510.31	261(8.7) 123(4.1)	0.38 0.80	0.200 0.050	0.150
2002-2003	510.31→410.04→508.90	222(7.4) 166(5.3)	0.45 0.60	0.192 0.058	0.134
2003-2004	508.90→410.12→510.61	170(5.6) 168(5.6)	0.58 0.59	0.194 0.074	0.120
2004-2005	510.61→410.39→509.78	228(7.6) 172(5.7)	0.48 0.58	0.271 0.045	0.226
2005-2006	509.78→389.23→510.84	229(7.6) 105(3.5)	0.53 1.16	0.275 0.058	0.217
2006-2007	510.84→414.72→510.41	246(8.2) 155(5.2)	0.39 0.62	0.324 0.09	0.234
2000-2007					Σ1.251

Для уменьшения растягивающего действия разломных блоков при регулировании водохранилища во первых, не должна быть большая разница между временами подъема и сработке воды в водохранилище; во-вторых, следует сократить разность перепада между максимальными и минимальными уровнями так, чтобы не уменьшилась выработка электроэнергии. Исходя из проведенных нами многолетних наблюдений считаем, что для Ингурского водохранилища оптимальная разность перепада уровней не должна превышать 510-440 м. В таком случае гораздо меньше будет и амплитуда смещения тела плотины [8, 9].

В заключение также отметим, что до настоящего времени не поставлены прямые наблюдения, чтобы выяснить насколько стабильно поведение этих же блоков вдоль разлома. Ведь известно, что амплитуда смещения блоков вдоль разлома по геоморфологическим данным равнялась 80 м [2].

В 2000 г в каждом блоке разлома были установлены обратные отвесы, которые фиксируют абсолютные, но не относительные смещения блоков. Интересно отметить, что и по показаниям этих отвесов приречный блок более подвижен при регулировании водохранилища, чем заразломный блок [10]. Это обстоятельство подтверждает наш вывод о необходимости мониторинга разлома и принятия мер для повышения стабильности фундамента плотины.

В будущем, если будет поддержка со стороны дирекции Ингури ГЭС, мы планируем проведение наблюдений с помощью лазерного экстензометра для фиксации поведения блоков вдоль разлома.

Литература

1. Гамкрелидзе П. Д. Основные черты тектонического строения Кавказа. №3, М., Геотектоника. 1966, с. 3-14.
2. Кереселидзе С. Б., Пиотровская Т. Ю., Чумбуридзе В. Ш. Тектонические структуры и новейшие движения района головного узла Ингури ГЭС. Тбилиси. Фонды "Тбилгидропроекта", 1968, 48 с.
3. Джигаури Г. М., Мастицкий А. К., Кереселидзе С. Б. Инженерно-геологические условия головного узла Ингури ГЭС и Джварского водохранилища. Технический проект Ингури ГЭС, т. IV, книга I, Тбилиси, Фонды "Тбилгидропроекта", 1970, 262 с.
4. Кереселидзе С. Б., Чумбуридзе В. Ш. Тектонические структуры и анализ их развития на участке головного узла Ингури ГЭС. Тр. лаб. гидрол. и инж.-геол. проблем ГПИ, №4, Тбилиси, 1972, с. 41-44.
5. Джигаури Г. М., Мастицкий А. К., Кереселидзе С. Б., Нейштадт Л. И., Окуджава В. И. Ингурская плотина на р. Ингури. Геология и плотины. М., "Энергия", 1980, с. 7-30.
6. Балавадзе Б. К., Абашидзе В. Г. Наклоны и деформации земной коры в районе Ингурской ГЭС. Тбилиси "Мецниереба", 1985, 116 с.
7. Бронштейн В. И. Анализ и оценка состояния арочной плотины Ингури ГЭС и ее основания, рекомендации по повышению надежности и безопасности ее эксплуатации. М., Технический отчет ЦСГНЭО, 2008. 165 с.
8. Абашидзе В. Г., Челидзе Т. Л., Кобахидзе Т. В. К вопросу суточного и годовичного регулирования уровня воды в Ингурском водохранилище. №1(41), Тбилиси. Энергия, 2007, с. 67-74. (на груз. яз.)
9. Абашидзе В. Г., Челидзе Т. Л., Цагурия Т. А., Кобахидзе Т. В. Результаты наклономерных наблюдений на арочной плотине Ингурской ГЭС. №1(45), Тбилиси, Энергия, 2008, с. 20-26 (на груз. яз.).
10. Патрик Де Гуменес, Педро Мансо, Бернард Квигли. Состояние плотины (отчет за 2006 г), ООО "ИнгуриГЭС". 39 с. (перевод на груз. яз.).

ენბურჰვისის თარღმანი კაშხლის ტერიტორიაზე მარჯვენა სანაპიროს რკვევის ზონაში დეფორმირებადი დაკვირვებების შედეგები.

**აბაშიძე ვ., ჭელიძე თ., ცაგურია თ., კობახიძე თ., ჭიაურელი გ.
რეზიუმე**

ჩატარებულია ენგურის კაშხლის ქვეშ გამაგალი რღვევის ზონაში დაყენებული კვარცის დეფორმირების (ექსტენზომეტრის) 30-წლიანი ფოტომასალის ანალიზი. დადგინდა, რომ რღვევის გაგრძელების პერპენდიკულარულად ბლოკები განიცდიან მუღმე ფარდობით რღვევას. თუ წყალსაცავის გაჩენამდე რღვევაზე მცირე, მაგრამ გაწეითი მოძრაობა ჭარბობდა, მას შემდეგ ეს პროცესი შესუსტდა, მაგრამ 30 წლის მანძილზე 5-6 მმ მაინც შეადგინა. შრომაში გამოთქმულია მოსაზრება, რომ ამ სიღღის შემცირება შეიძლება თუ შევამცირებთ დიდ განსხვევებას წყალსაცავის წყლით ავსებისა და დამუშავების დროებს შორის და დონეთა ვარდნას 510 მ-დან 440 მ-მდე, ისე, რომ ელექტროენერგის გამომუშავება არ შემცირდეს.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕФОРМОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ЗОНЕ ПРАВОБЕРЕЖНОГО РАЗЛОМА НА ТЕРРИТОРИИ АРОЧНОЙ ПЛОТИНЫ ИНГУРСКОЙ ГЭС.

Абашидзе В. Г., Челидзе Т. Л., Цагурия Т. А., Кобахидзе Т. В., Чиаурели Г. Г.
Реферат

Проведен анализ 30-летнего фотоматериала кварцевого деформографа (экстензометра), установленного в зоне правобережного разлома, проходящего под основанием плотины Ингурской ГЭС. Установлено, что вкрест простирания разлома блоки испытывают постоянное относительное смещение. Если до создания водохранилища на разломе преобладало малое, но растягивающее смещение, после этот процесс замедлился но в течение 30 лет все же достиг 5-6 мм. В работе высказано мнение, что эту величину можно уменьшить если сократить большую разницу между временами подъема и сброски воды в водохранилище и уменьшить разность перепада высот от 510 м до 440 м так ,чтобы не уменьшилась выработка электроэнергии.

RESULTS OF STRAINMETER OBSERVATION OF THE RIGHT-BANK FAULT ZONE ON THE TERRITORY OF ENGURI ARCH DAM.

Abashidze V., Chelidze T., Tsaguria T., Kobakhidze T., Chiaureli G.
Abstract

Analysis of 30-year photographic materials obtained by quartz strainmeter mounted on the fault zone under Enguri dam is made. It's established that blocks undergo constant relative displacements perpendicularly to the spread of fault. Before the reservoir creation small stretching displacements were mostly recorded, but afterwards this process became slower; during 30 years the total extension is 5-6 mm. There is an opinion expressed in the paper that it can be possible to reduce this value if the difference between the periods of reservoir filling and discharge is reduced; also the levels' difference should be decreased from 510 m to 440 m so that the generation of electricity should not be lessened.