

УДК 624

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕВОБЕРЕЖНОГО СКЛОНА ТОКТОГУЛЬСКОЙ ГЭС

А.С.Сыдыкова, К.Тилегенов, Б.Э.Эмильбеков

ИГиОН НАН КР

ИГОН НАН КР проводит наблюдения за деформациями и смещениями потенциально обвалоопасного блока 46-R-7, расположенного в левобережном склоне на участке основных сооружений Токтогульской ГЭС, начиная с 1970 г.. Он примыкает к левому борту плотины и расположен над машинным залом и зданием гидроэлектростанции. Высота блока около 250 м, угол наклона 70°. Выявление и оценка его предрасположенности к сползанию или обрушению имеет исключительно важное значение с точки зрения обеспечения безаварийной эксплуатации КТГЭС, а также выбора экономически целесообразных мероприятий по повышению устойчивости склона.

Для мониторинга смещений блока используются высокочувствительные деформографы и гидростатические нивелиры, разработанные для регистрации современных движений земной коры [1]. Они расположены в специально оборудованных наблюдательных станциях в геологических штольнях левобережного склона. Чувствительность около 10^{-7} мкм/м.

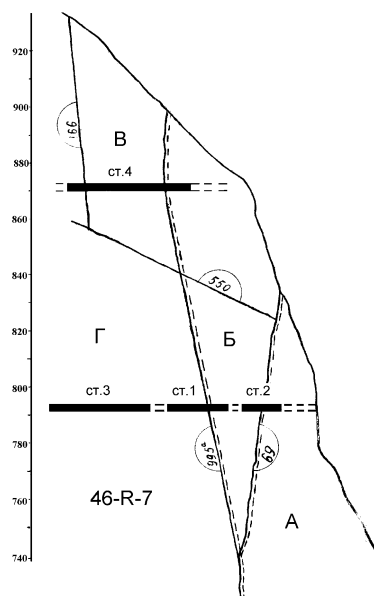


Рис. 1. Основные кинематические элементы массива 46-R-7 и расположение наблюдательных станций.

Блок 46-R-7 представляет собой возможную призму обрушения, состоящую из подвижного клина **Б**, подверженного сжатию силой собственной тяжести и отделенного от основного массива зияющей тектонической трещиной 995, подпорной стенки **А**, отделенной от подвижного блока трещиной бортового отпора 69 и испытывающей нагрузку от давления клина **Б** и собственного веса и призмы обрушения **В**, отчлененной от ненарушенного массива **Г** крутопадающей трещиной 166 и полого падающей трещиной 550 по которой возможно сползание или обрушение блока. Особую опасность представляет совместное обрушение блоков **А**, **Б** и **В** в виде призмы обрушения, возможность которого возникает при условии появления поверхности скольжения в основании подпорной стенки **А**.

Трещины являются естественными плоскостями ослабления, по которым будут развиваться необратимые деформации, характер развития которых зависит от характеристик контактов, физико-

механических и реологических свойств заполнителей трещин. Знание закономерностей развития деформаций по крупным трещинам и их связи с влияющими факторами имеет первостепенное значение при оценке устойчивости склонов. Поэтому наблюдательные станции приурочены к крупным трещинам.

Наблюдательная станция №1 располагается на отметке 814 метров. Деформограф и гидростатические нивелиры длиной 11 м пересекающие тектонические трещины с боковым отпором 995 и 995а (угол падения 60-80°) почти под прямым углом. Смещения по этим трещинам регистрируются также на наблюдательной станции №4, расположенной на отметке 870 м. Поэтому при необратимых смещениях блока 46-R-7 как целого вдоль трещин 995 и 995а регистрируемые на этих станциях абсолютные перемещения должны быть близкими по величине.

Наблюдательная станция №2 находится на отметке 814 м в зоне влияния тектонической трещины 69 3-го порядка. На станции №2 установлены параллельно два штанговых деформографа с измерительной базой 11 м и 3 м, пересекающих трещину. Такая комбинация из двух деформографов позволяет контролировать смещения по трещине и деформации пород в зоне влияния трещины. Параллельно деформографам для измерения вертикальной компоненты смещений по трещине 69 установлены гидростатические нивелиры, имеющие измерительную базу 5,5 метра.

Наблюдательная станция №3, расположена в относительно ненарушенном массиве, представленном породами 4 группы сохранности, не содержащем крупных трещин. Параллельно установлены гидростатические нивелиры длиной 24 м и два штанговых деформографа длиной 26 м. Таким образом, показания станции №3 это естественное поведение ненарушенного массива (склона). Смещения блока 46-R-7 или его частей **А**, **Б** и **В**

относительно ненарушенного массива выявляются как разность между зарегистрированными деформациями станций №1, №2, №3 и деформациями ненарушенного естественного массива станции №3.

Деформационный мониторинг основан на том факте, что катастрофическому (быстрому) обрушению больших масс массивов предшествуют многочисленные процессы микродеформаций. Деформации горных склонов развиваются постепенно, и до появления видимых признаков на протяжении длительного времени происходит предварительный процесс разрушения склона (скрытый процесс деформаций), который заканчивается с появлением трещин, самыми опасными из которых являются разрывные. Для блока 46-R-7 трещины бортового отпора 995 и 995а являются трещинами отрыва, поэтому устойчивость блока существенно зависит от того, имеется ли разрывная поверхность скольжения в основании подпорной стенки А.

Результаты долговременных наблюдений (1970-1991 гг.), полученные на четырех наблюдательных станциях левобережного склона в виде временных рядов с шагом по времени один месяц, позволили представить закономерности и динамику развития деформаций склонов /1/. Установлено, что в склонах, в результате развития необратимых деформаций, происходит смещение массива пород в сторону свободной поверхности. При общем медленном движении всего склона в сторону долины реки имеют место более интенсивные локальные движения отдельных блоков. Скорости смещений массивов горных пород возрастают по мере приближения к дневной поверхности, т.е. в зоне разуплотнения пород. На основе анализа скоростей необратимых деформаций был предложен критерий устойчивости блока, согласно которому блок 46-R-7 находится в естественном устойчивом состоянии, если скорости необратимых деформаций не превышают 10^{-4} 1/год. Детальный совместный анализ перемещений, регистрируемых на всех станциях,

затруднен из-за дополнительного влияния сжимающих тектонических напряжений, в результате чего часть станций регистрирует горизонтальное сжатие. Таким образом, выявить наличие поверхности скольжения в основании подпорной стенки **А** из имеющихся данных затруднительно, в связи с нестационарным поведением временных рядов, значительной помехой сезонной компоненты, а также влиянием тектонических процессов, которые в настоящее время оцениваются горизонтальными деформациями сжатия величиной 10^{-6} .

В настоящей работе предлагается косвенный прием оценки существования разрывной поверхности скольжения в основании наблюдаемого блока. Известно немало примеров, когда в результате землетрясения в горных склонах возникали крупные трещины, а также обвалы и оползни значительных объемов пород [1], т.е. землетрясения нередко способствуют смещению уже подготовленных к обрушению массивов пород.. Рассматривая физическую природу причин оползневых движений при землетрясениях, следует указать, что при катастрофических землетрясениях ускорения колебаний создают в потенциально-неустойчивых массивах горных склонов инерционные силы. Величины их могут оказаться критическими и вызвать смещение горных пород по плоскостям ослаблений под действием гравитационных сил. Кроме того, под влиянием землетрясений снижается коэффициент трения и сцепления пород вследствие нарушения связей и первоначальной структуры пород.

Таким образом, предполагается, что в результате сильного землетрясения, в случае наличия поверхности скольжения в основании блока, будут зарегистрированы согласованные и близкие по величине перемещения в горизонтальном и вертикальном направлениях. В первую очередь это относится к станциям №1 и №4, регистрирующих движения на отрывной трещине 995. Если же блок не

перемещается как целое, то наблюдаемые деформации будут разрозненными как по направлениям, так и по станциям.

Для примера приведем результаты, полученные при крупных промышленных взрывах 1971-1972 гг., выполненных вблизи и в самом блоке /1/. На станциях №2 и №3, т.е. по трещине 69 и в ненарушенном массиве, остаточные смещения незначительны. По данным станций №1 и №4 зарегистрированы значительные необратимые вертикальные смещения, горизонтальные меньше по величине и совместное перемещение блока по вертикали и горизонтали совпадает с направлением трещины 995. Поэтому можно считать, что разрывной трещины в основании подпорной стенки нет.

Мы сочли необходимым включить в рассмотрение влияние двух самых сильных землетрясений, произошедших непосредственной близости от Токтогульской ГЭС – Кочкор-Атинского (15 мая 1992 г силой 7-8 баллов в эпицентре) и Сусамырского (19 августа 1992 г силой 9 баллов). Интенсивность этих землетрясений в районе Токтогульской ГЭС соответственно оценивается в 4 и 7 баллов.

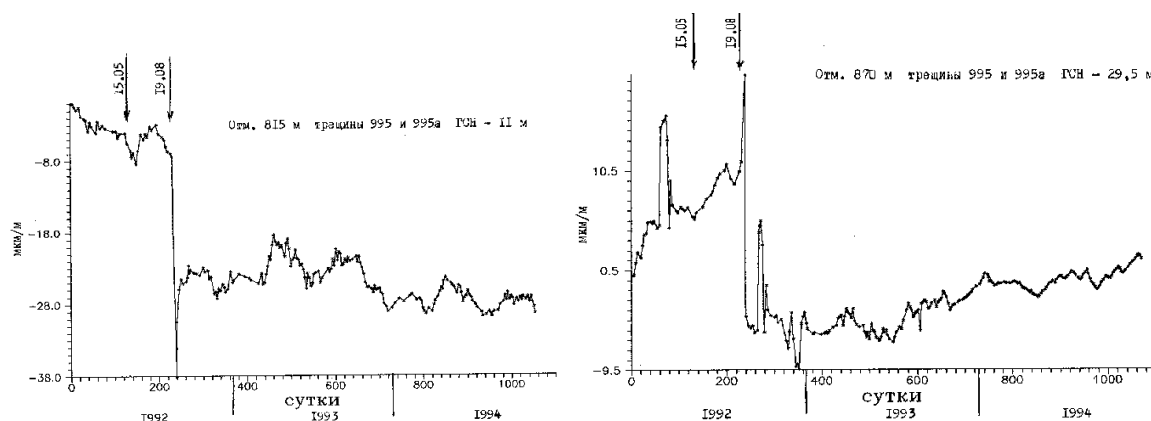


Рис.2. Вертикальные смещения по тр. 995 на отметках 815 м. и 870 м.

Полная сводка результатов приведена в /2/. Как и в случае промышленных взрывов, наблюдательные станции №2 и №3 не зарегистрировали заметного влияния землетрясений. Это же относится и к горизонтальным деформациям станций №1 и №4.

Вертикальные смещения по трещинам 995 и 995а на отметках 815 м и 870 м, зарегистрированные на станциях №2 и №4, представлены на рис 2. Величины остаточных вертикальных смещений соответственно равны 0,30 (отм. 815 м) и 0,45 мм (отм. 870 м). Как видно на приведенных рисунках, после резких смещений по трещинам в результате Сусамырского землетрясения вертикальные смещения в последующий период полностью стабилизировались. Величина этих смещений и затухающий характер их развития после землетрясения позволяет констатировать, что состояние устойчивости склонов в результате землетрясений не нарушилось.

Отсутствие взаимосвязи вертикальных и горизонтальных необратимых смещений косвенно указывает на отсутствие разрывной поверхности скольжения в основании обвалоопасного блока 46-R-7.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов В.Я. Механика горных склонов. Бишкек: Илим, 1992. 192с.
2. Исследование деформационных процессов в горных склонах и разработка методов прогноза устойчивости массивов пород в районах интенсивных техногенных воздействий. Отчет 1994 г., Фонды ИГОН НАН КР.