

УДК 624.127:539.3

**ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В ВОДОХРАНИЛИЩЕ
ТОКТОГУЛЬСКОЙ ГЭС НА ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

К.А.Кокумбаева

Жалал-Абадский государственный университет

Ввод в эксплуатацию гидроэлектростанции обычно связан с созданием водохранилища, основным назначением которого является перераспределение речного стока во времени. Влияние водохранилища на водный режим реки и, соответственно, на окружающую среду тем значительней, чем больше его абсолютный и относительный полезные объемы по сравнению со среднемноголетним стоком.

Токтогульский ГЭС имеет большое народно-хозяйственное значение. Помимо регулирования стока преимущественно в энергетических целях, он используется на орошение ферганской долины.

Токтогульское водохранилище - водохранилище на территории Токтогульского района Джалал-Абадской области Киргизии. Образовано плотиной Токтогульской ГЭС на реке Нарын [1], которая является самым большим водохранилищем в Центральной Азии. Объем чаши ГЭС составляет $19,5 \text{ км}^3$. На 22 июля 2014 года объем воды составлял 18 миллиардов 207 миллионов кубометров [2,9]. В каскад Токтогульских ГЭС входит две станции — непосредственно

Токтогульская с мощностью 1200 МВт и Курпсайская с мощностью 800 МВт [3]. Высота плотины Токтогульской ГЭС составляет 215 м. Устойчивость и прочность плотины обеспечивается не только действием собственного веса (60%), но и работой гидроагрегатов, колебанием уровня воды в водохранилище с передачей нагрузки на скальные берега (40%).

Характеристика динамики изменения уровня воды в водохранилище – скорость повышения или снижения горизонта в расчетном интервале времени – в диспетчерских графиках не оговаривается. Однако эта характеристика имеет важное и часто определяющее значение для безопасности гидротехнических сооружений.

Колебания уровня воды в водохранилище в процессе его эксплуатации сопровождаются перестройкой напряженно-деформированного и фильтрационного состояния массива. При изменении уровня воды в водохранилище, в массиве могут возникать зоны избыточного давления, в которых развиваются процессы разрушения массива. При этом разрушение происходит за счет прорастания крупных проницаемых трещин, в то время как концентрация маленьких трещин может остаться прежней.

В результате этого и ряда других явлений, также оказывающих отрицательное воздействие на безопасность гидротехнических сооружений, возникает необходимость поддержать определенных ограничений при назначении режимов работы водохранилища.

Очевидно, что применение ограничений изменения уровня воды в водохранилище приводит к изменению режима работы водохранилища, и как следствие – к изменению режима работы гидроэлектростанции. Также изменяются показатели работы гидроэлектростанции в сравнении с вариантом, при котором эти

ограничения не учитываются (уменьшаются среднегодовая выработка электроэнергии, гарантированная зимняя мощность и др.).

Как отмечается, с начала года выработано 12 миллиардов 418 миллионов 619 тысяч киловатт-часов электричества. «На всех генерирующих объектах проведены противоаварийные тренировки персонала. Выполнен капитальный и средний ремонт гидроагрегатов Токтогульской, Курпсайской, Таш-Кумырской, Ат-Башинской, Шамалды-Сайской ГЭС. Продолжается капитальный ремонт второго гидроагрегата Учкурганской ГЭС».

Судя по информации в настоящий момент объем воды в Токтогулке чуть больше 11 млрд. 970 млн. кубометров. Причина, почему мы от этого не можем получить достаточно энергии – со снижением уровня воды уменьшается ее давление. Ну а с малым давлением невозможно получить много энергии. Этой зимой мы сможем запустить в работу 4 млрд. кубометров воды. Однако, оставшиеся после этого 7 млрд. кубометров не дадут возможности для дальнейшей работы ГЭС. Если при объеме 7,1 млрд. кубометров полностью не остановить агрегаты ГЭС, то принесло бы угрозы работе ГЭС (авария на Саяно-Шушинской ГЭС 2009 года). Поэтому нам правильней не рисковать, надо остановить половину гидроагрегатов. Тем не менее, для нас сейчас исключительно важно, чтобы мы опять установили 15-ти миллиардный режим государственного порядка в использовании водных ресурсов Токтогульского водохранилища. Только тогда после окончания зимы осталось бы 8-9 млрд.кубометров воды и это не принесло бы угрозы работе ГЭС. Предельно малым объемом воды в водохранилище считается граница в 5,1 млрд. кубометров.

Створ гидроузла расположен в узком скалистом каньоне, глубина которого достигает 1500-1800 м. над уровнем море, а крутизна склонов составляет 65-75°. Основания и борта ущелья сложены

мраморизированными слоистыми известняками, разбитыми многочисленными тектоническими трещинами. В строении рассматриваемой площади принимают участие карбонатные породы нижнего отдела каменно-угольной системы.

В массиве известняков, присутствуют тела карбонатных пород неправильной формы тектонического происхождения, объединенные под общим названием «тектониты». Скальный массив подразделяется на две основные группы пород: перекристаллизованные известняки и тектониты [3,4].

Наблюдения за состоянием склонов в створе Токтогульской ГЭС проводятся с 1969 года силами сотрудников Института физики и механики горных пород НАН КР (с 2008 г –Институт геомеханики и освоения недр). и сотрудниками САО Гидропроект им. С.Я.Жука. В результате этих исследований [3,4] на участке основных сооружений Токтогульской ГЭС в бортах долины выявлено 30 потенциально неустойчивых массивов объемом от 15-25 тыс.м³ до 1000-1110 тыс.м³ общим объемом 7505 тыс.м³. Из них 19 массивов общим объемом 4675 тыс.м³. находятся на левом берегу Нарына, включая трещины 69, 995, 995а, а остальные 11 массивов объемом 2830 тыс.м³- на правом берегу, включая массив №59-1 объемом 48 тыс.м³.

Изучению напряженного состояния и устойчивости склонов в створах плотины Токтогульской ГЭС посвящены работы отечественных и зарубежных ученых [1, 2, 5, 6, 7]. Установлено, что влияние уровня воды в водохранилище на напряженно-деформированное состояние склонов зависит от соотношения глубины долины и водохранилища. В случае, когда глубина долины в 6 раз превышает глубину водохранилища, влияние водохранилища на распределение и величины напряжений невелико, так как напряжения, обусловленные собственным весом пород немного больше

дополнительных напряжений, возникающих под действием воды в водохранилище [1].

В створе Токтогульской ГЭС глубина каньона составляет от 1200 до 1500 м. над уровнем моря, а глубина водохранилища – 900 м. Глубина каньона превышает глубину водохранилища в 1,3 – 1,7 раза, т.е. влияние водохранилища на напряженно-деформированное состояние неустойчивых скальных блоков в створе Токтогульской ГЭС является значительным [8].

Установлено, когда в каньонах горных рек образуются водохранилища ГЭС (Токтогульское, Камбаратинское и др.), меняется естественное напряженное состояние массивов пород, слагающих склоны [5].

На основании сопоставления результатов исследований для анизотропного, неоднородного и однородного массивов пород В.Я.Степановым установлено [2] что при создании водохранилища в склонах каньона независимо от типа среды (однородная, неоднородная, анизотропная) можно выделить области, которые характеризуются следующим распределением дополнительных напряжений:

- область сжимающих вертикальных и растягивающих горизонтальных напряжений в основании каньона;
- область сжимающих вертикальных и сжимающих горизонтальных напряжений располагается в части склона, примыкающего к водохранилищу;
- область сжимающих горизонтальных и вертикальных напряжений располагается выше второй области на отметках, несколько выше и ниже уровня водохранилища;
- область растягивающих горизонтальных и растягивающих вертикальных напряжений располагается в верхней части склона.

На данном этапе уровень воды в Токтогульской ГЭС составляет, как уже отмечено 11 млрд. 875 млн. кубометров. Это на 4 млрд. кубометров меньше, чем прошлого года. 2008 году была точно такая ситуация.

По данным натурных наблюдений Токтогульской ГЭС [8,9] построены зависимости изменения уровня воды и смещение потенциально неустойчивого блока № 3 за период 2007-2009 гг.. Установлено, что при изменении уровня воды в водохранилище, меняется смещение неустойчивого блока №3 по трещинам.

Для оценки характера смещения блока, далее построены зависимости смещений верхнего и нижнего ярусов потенциально неустойчивых скальных блоков в зависимости от напора воды в водохранилище по сезонам. По данным службы эксплуатации и натурных наблюдений каскада Токтогульских ГЭС смещение со знаком (-) обозначает, что движение смещений направлено в сторону основного массива, а со знаком (+), движение смещение в сторону реки Нарын.

Результаты расчетов выполненной нами [8] показывал, что при изменении уровня воды меняется и напряженное состояние массива склонов. В правом склоне однородного сложения на уровне воды горизонтальные напряжения являются сжимающими, которые по мере увеличения уровня воды снижаются. В неоднородном склоне увеличения уровня воды приводит к постепенному снижению горизонтальных растягивающих напряжений.

Появление зоны с растягивающими напряжениями можно объяснить следующим образом. При наличии воды в водохранилище массив будет испытывать соответствующее объему воды давление, в то же время в самом массиве появляются противодействующие силы. При снижении уровня воды в водохранилище, давление воды, действующее на массив, уменьшается, а противодействующие

силы самого массива, остаются некоторое время практически постоянными, что и в свою очередь приводит к нарушению равновесия массивов пород склона и возникновению растягивающих горизонтальных напряжений.

Оптимальным уровнем воды в водохранилище Токтогульской ГЭС установлен уровень, равный 130м[8], при котором наблюдается минимальное значение растягивающих горизонтальных напряжений на уровне воды и максимальное значение сжимающих горизонтальных напряжений.

Эксперты отмечают, что если уровень воды упадет ниже упомянутой отметки, то оборудование ГЭС может выйти из строя.

Перед сотрудниками гидроузла такая задача, что они должны стараться поддерживать оптимального уровня воды в водохранилище Токтогульской ГЭС.

Таким образом, установлено, уровень воды в водохранилище является фактором, оказывающим влияние на равновесие массивов пород склона и на безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений ГЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика инженерно-геологических исследований высоких обвальных и оползневых склонов. Под ред. Г.С.Золотарева и М.Янича. М., Изд-во Моск. Университета, 1980 г., 184 с.
2. Степанов В.Я. Механика горных склонов. Бишкек, Илим, 1992 г, 192 с.
3. Отчеты ИГОН НАН КР . 2006, 2007, 2008, 2009 гг.
4. Токтогульская ГЭС на р. Нарын. Технический проект основных сооружений. Т.1. Природные условия, инженерно-геологическое обоснование. Ташкент. САО Гидропроект, 1969 г. 301 с.
5. Напряженное состояние массивов речных каньонов и межгорных впадин в условиях влияния плотин и водохранилищ. //Проблемы

разработки полезных ископаемых в условиях высокогорья. Фрунзе: Из-во ФПИ, 1990. Ч-1. С-39

6. Гвелесиани Т.Л. Сейсмические сейши в рукавах и бухтах водохранилищ при вертикальном смещении части их ложа в результате землетрясения. Сообщения АН ГССР, 1968, т.52.
7. Тетельмин В.В. Составляющие силового воздействия водохранилищ на основания высоких плотин. Журнал «Гидротехническое строительство». 1985 г.
8. Кокумбаева К.А., Никольская О.В. Влияние колебания уровня воды в водохранилище на смещение потенциально неустойчивых блоков склона в створе Токтогульской ГЭС. Журнал «Наука и новые технологии», 2009 г.
9. Технический отчет по натурным наблюдениям за состоянием гидротехнических сооружений Каскада Токтогульских ГЭС за 2014 год.