

Об инженерной защите участка строительства ГЭС «Клоухом» от камнепадов на западе Канады



Предлагаем вниманию читателей очень краткий обзор материалов доклада «Система управления рисками и меры по снижению опасности камнепадов на участке строительства гидроэлектростанции на реке Клоухом недалеко от города Сквомиш в канадской провинции Британская Колумбия». Этот доклад был сделан сотрудниками компании Tetra Tech ЕВА Чарльзом Хантом, Шелли Хигман и Бобом Патриком на 6-й Канадской геотехнической конференции [1]. Основное внимание в обзоре уделено противокамнепадному барьеру, спроектированному и установленному над участком объектов ГЭС «Клоухом» канадским представительством австрийской компании Trumer Schutzbauten – одного из лидеров на рынке услуг в сфере инженерной защиты территорий.

Консультационную помощь редакции при подготовке обзора оказали специалисты российского представительства Trumer Shutzbauten.

Предотвращение возможных камнепадов или смягчение их последствий является важной проблемой для многих гидроэлектростанций, расположенных в гористых районах. Чтобы проектировщики смогли принять верные решения, требуется учет целого ряда факторов, включая качественную и количественную оценку рисков, результаты моделирования, возможность использования той или иной защитной системы и пр. На 6-й Канадской геотехнической конференции сотрудники компании Tetra Tech E&A Чарльз Хант, Шелли Хигман и Боб Патрик (г. Ванкувер, провинция Британская Колумбия, Канада) сделали интересный доклад «Система управления рисками и меры по снижению опасности камнепадов на участке строительства гидроэлектростанции на реке Клоухом недалеко от города Сквомиш в канадской провинции Британская Колумбия» [1] (рис. 1.).



Рис. 1. Место строительства гидроэлектростанции на реке Клоухом в 27 км от города Сквомиш в провинции Британская Колумбия на западе Канады [1]

Строительство гидроэлектростанции на реке Клоухом (ГЭС «Клоухом») в 27 км от города Сквомиш на западе Канады было начато в апреле 2008 года, а в конце 2009 года она уже была введена в эксплуатацию. Эта ГЭС представляет собой набор экологически чистых объектов, генерирующих электроэнергию при отсутствии водохранилища выше по течению. Строительство электростанции управлялось ее владельцем – компанией Veresen.

На начальных этапах проектирования ГЭС в 2005 году предварительные изыскания выявили опасность камнепадов со скалистого склона над участком предполагаемого нижнего водозабора. Высоко на этом склоне имеются выветрелые нависающие скалы, являющиеся потенциальными источниками камнепадов, которые могут быть спровоцированы обильными осадками, замерзанием-оттаиванием, ветром, таянием снега, направленным поверхностным стоком или другими причинами. И действительно, 5 мая 2008 года оттуда скатилось несколько валунов, причем один из них прорвался сквозь деревья и с силой врезался в лесную подъездную дорогу над участком реки чуть ниже по течению, чем нижний водозабор, где рабочие уже начали строительство (рис. 2).



Рис. 2. Место удара валуна о подъездную дорогу [1]

Тщательные качественные и количественные оценки 2007–2008 годов показали, что неприемлемым рискам камнепадов подвержены лесная подъездная дорога, будущие сооружения нижнего водозабора, верхняя часть напорного трубопровода, переход его через реку (остальная часть трубопровода должна была пройти под землей, но во время его строительства опасность грозила всей его трассе) и, конечно, строители. Зона прошлых камнепадов над нижним водозабором имеет ширину около 200 м и простирается примерно на 300 м над подъездной дорогой до оснований скал (рис. 3). В пределах этой зоны и ниже скальных обрывов присутствуют осыпные склоны, образовавшиеся в результате камнепадов. Одна из осыпей прошлого с крупными угловатыми обломками скальных пород даже дошла до реки. А вдоль оврага на южной стороне исторической камнепадной зоны не так давно произошел обвал скальных грунтов, который блокировал подъездную дорогу.

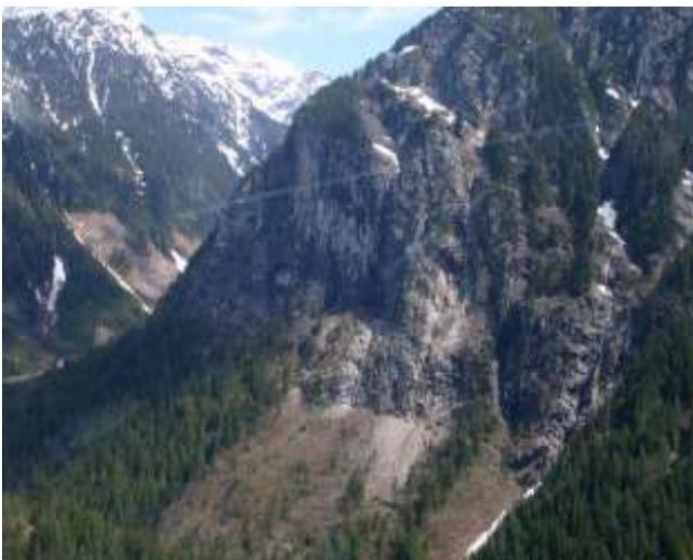


Рис. 3. Внешний вид зоны опасности камнепадов над сооружениями ГЭС «Клоухом» [1]

Участки низкой, средней и высокой вероятности негативных последствий от возможных камнепадов, которые могли бы быть опасными для подъездной дороги (и находящихся ниже нее объектов), а также для напорного трубопровода и работающих там людей во время почти двух лет

строительства объектов ГЭС, показаны на рисунке 4 зеленым, желтым и красным цветом соответственно (на основе качественных оценок). Но в долгосрочной перспективе почти вся территория под рассматриваемым скалистым склоном может пострадать от камнепадов.



Рис. 4. Участки низкой (зеленый цвет), средней (желтый цвет) и высокой (красный цвет) вероятности негативных последствий от возможных камнепадов во время строительства объектов ГЭС на рассматриваемой территории [1]

Поскольку предполагаемые риски были сочтены недопустимыми, была проведена их детальная количественная оценка. Расчеты подтвердили недопустимость рисков камнепадов и последствий от них для людей и сооружений как во время строительства, так и в долгосрочной перспективе, поэтому необходимо было разработать и принять меры по снижению этих рисков на рассматриваемой территории до приемлемого уровня. Поскольку самих камнепадов избежать было невозможно, были рассмотрены методы инженерного и административного обеспечения безопасности рабочих и объектов ГЭС в краткосрочной (на время строительства), среднесрочной и долгосрочной перспективе.

На основе подробных оценок опасности камнепадов на рассматриваемом участке были даны следующие рекомендации (рис. 7).

- Перед местом перехода напорным трубопроводом реки соорудить противокампнепадный барьер длиной 20 м без анкеров.
- Над сооружениями нижнего водозабора (выше по склону над подъездной дорогой) установить противокампнепадный барьер длиной 30 м. Между водозабором и дорогой создать откос из каменной наброски с углом наклона 45 град. и у основания этого откоса установить второй камнеулавливающий барьер длиной 20 м, усиленный анкерами выше по склону.
- Поскольку была необходима зона неограниченного доступа шириной 10 м между основанием вышеуказанного откоса из каменной наброски и водозаборными сооружениями, в качестве альтернативы второму барьеру длиной 20 м можно было бы создать блокирующую стену из каменной наброски высотой 3 м и толщиной 3 м. Это обеспечило бы существенную защиту от камнепадов, но вторглось бы в пространство доступа над водозабором.
- Частично заглубить помещение щита управления водозабора, чтобы защитить его от камнепадов. Со стороны этого здания, обращенной вверх по склону, его крыша должна быть укреплена и наклонена к земле так, чтобы любые валуны перекатывались через него. Поэтому крыша должна иметь угловую форму с трех сторон, чтобы валуны естественным образом осыпались с нее.



Рис. 7. План водозаборных сооружений и противокаменпадного барьера [1]

Среди всех предложений оптимальной мерой инженерного контроля сочли строительство противокаменпадных барьеров производства австрийской компании Trumer Schutzbauten – одного из ведущих мировых производителей систем защиты от опасных природных процессов.

Было выполнено моделирование камнепадов с рассматриваемого скалистого склона с использованием «Программы моделирования камнепадов в Колорадо» (Colorado Rockfall Simulation Program – CRSP) при учете размеров обломков скальных пород от прошлых таких событий (от 0,5 до 1,5 м). Данные, полученные с помощью моделирования, были использованы для проектирования и монтажа у основания склона противокаменпадного барьера длиной 90 м, высотой 4 м, выдерживающего удары до 1000 кДж (на основе модели барьера TS-1000-ZD). Основными компонентами камнеулавливающего ограждения были: стойки, опорные плиты, несущие тросы, тросы-оттяжки, амортизирующие элементы, грунтовые анкеры, микросваи, двухслойная гибкая сетка (плетеная «омега-сетка» и дополнительная плетеная сетка с более мелкими ромбическими ячейками) (рис. 6–8).

Конструкция включала по два грунтовых анкера и по две микросваи («надетых» на анкеры) в фундаментах стоек и по два троса-оттяжки, идущих от верха каждой стойки и закрепленных анкерами выше по склону (что значительно удешевило фундаменты стоек), а также по две дополнительных боковых оттяжки, идущих от верха крайних стоек и тоже закрепленных анкерами (см. рис. 6–8). Использовались преимущественно самозабуривающиеся буроинъекционные анкеры с полым стержнем (поскольку они устанавливались в очень слабых осыпных грунтах, предварительное бурение в большинстве случаев выполнять было невозможно или нецелесообразно, поэтому при монтаже анкеров бурение и цементация производились в основном одновременно или почти одновременно). Анкеры устанавливались с помощью буровой установки с выдвижной стрелой. Конечная глубина бурения варьировала. Если в конце скважины встречалась твердая порода, длина анкера уменьшалась, так как между анкером и твердым грунтом с помощью цемента могло возникнуть надежное скрепление. Для цементации через полый стержень анкера вводилась смесь цементного раствора Mircosil[®] Anchor Grout пополам с водой. Расчетные нагрузки для анкеров опор, анкеров боковых оттяжек и анкеров оттяжек, идущих вверх по склону, составляли 110; 170 и 202 кН соответственно. Случайным образом выбранные анкеры были тщательно протестированы на выдерживание этих нагрузок.

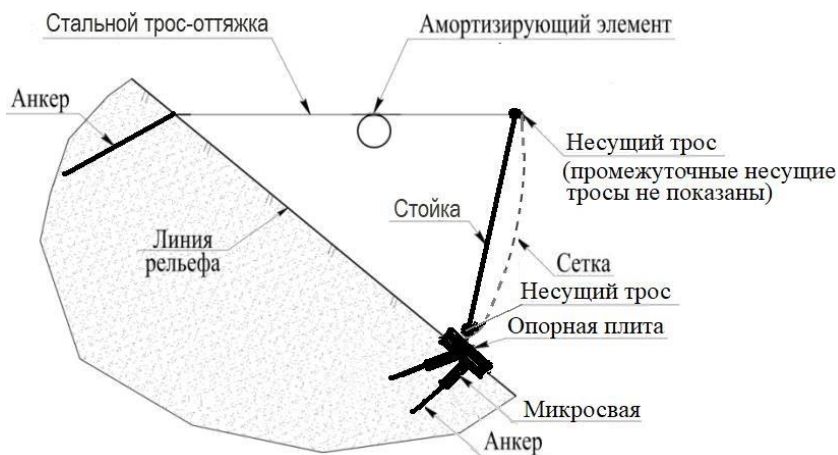


Рис. 6. Условная схема устройства предложенного противокамнепадного барьера в разрезе (промежуточные несущие тросы для сетки и боковые тросы-оттяжки для крайних стоек не показаны)

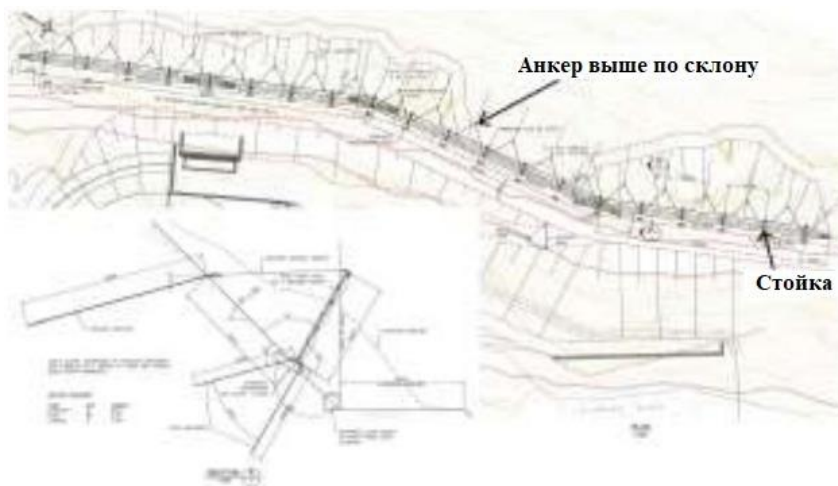


Рис. 7. Установленный противокамнепадный барьер в плане и в разрезе (на разрезе внизу слева показаны достаточно точные соотношения размеров и углы между элементами конструкции, но в рассматриваемой статье [1] плохо видны надписи на этом рисунке) [1]

Эти работы были выполнены в 2008 году канадским представительством компании Trumer Schutzbauten (Trumer Schutzbauten Canada Ltd.). А в декабре 2011 года барьер подвергся серьезному испытанию в результате камнепада общим объемом около 12 куб. м и выдержал (см. рис. 8). Помимо прочих обломков он сумел остановить даже валун более 2 м в диаметре. В результате не пострадали ни рабочие, ни инфраструктура на водозаборном участке, но потребовался ремонт самого защитного сооружения (надо сказать, что дешевизна, скорость установки и эффективность работы таких конструкций оправдывают необходимость их ремонта и очистки в случае подобных событий. – *Ред.*).



Рис. 8. Камнеулавливающий барьер после камнепада в декабре 2011 года [1]

Несмотря на хорошую работу установленного противокаменного барьера были рекомендованы дальнейшие исследования и классификация ежегодных крупномасштабных камнепадов, чтобы лучше понять риски для сооружений ГЭС «Клоухом» и ее сотрудников. Возможно, это приведет к дальнейшему рассмотрению вопроса о защитных мерах в долгосрочной перспективе.

Источники

1. Hunt Ch., Higman Sh., Patrick B. Risk management framework and mitigation for rock fall hazard at the Clowhom River Hydroelectric Project, near Squamish, BC // Proceedings of the 6th Canadian Geotechnical Conference, June 15–18, 2014, Kingston, Kanada. URL: cgs.ca/docs/geohazards/kingston2014/Geo2014/pdfs/geoHaz6Paper163.pdf.