

УДК 504.4+624.131.1:551.252

## ВЛИЯНИЕ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ВЫСОКОНАПОРНЫЕ ГЭС (НА ПРИМЕРЕ ЗАРАМАГСКИХ ГЭС, РСО-АЛАНИЯ)

© 2013 Ю. И. Караев

Директор Северо-Кавказского инновационного центра «Устойчивое развитие горных территорий» Северо-Кавказского горнометаллургического института (государственного технологического университета) (СКГМИ (ГТУ)), ст. преподаватель кафедры экологии и кафедры геологии СКГМИ (ГТУ), Россия, 362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, e-mail: info@skgmi-gtu.ru

В работе приводится характеристика опасных геологических процессов горных территорий Северного Кавказа и Северной Осетии. Дана характеристика их влияния на высоконапорные гидроэлектростанции. Предложены варианты решения выявленных проблем.

**Ключевые слова:** природные процессы, опасные геологические процессы, экзогенные и эндогенные геологические процессы, высоконапорные гидроэлектростанции.

Глобальные проблемы современности, связанные с изменением климата, энергетическими сооружениями, с проявлением опасных природных процессов, демографическими особенностями региона и т. д., с каждым годом требуют всё более пристального внимания. Одна из важнейших таких проблем – непрогнозируемые локальные и региональные изменения климата, нередко катастрофического характера. Они не только отрицательно влияют на жизнь и здоровье людей, но и способствуют резкому увеличению проявлений природных опасностей и рисков, в том числе и катастрофического уровня, а также участвовавшие негативные последствия их проявлений.

Указанные проблемы характерны и для горных стран, таких как Кавказ, куда входит описываемый район исследований – вся область влияния (площадь), в которую попадают гидроэнергетические сооружения комплекса Зарамагских ГЭС, Республика Северная Осетия-Алания (РСО-Алания). Территория республики, как и все горные территории, отличается от равнинных, как внешними признаками природных условий, так и своим глубинным строением – наличием следов проявлений тектоники и магматизма, опасными современными природными процессами, в том числе, и геологическими их разновидностями – оползнями, обвалами, селями, лавинами и т. д. Эколого-геологические функции верхней части литосферы [Трофимов, Зилинг, 2002] горных стран – ресурсная, геодинамическая, геохимическая, геофизическая – здесь проявляются на порядок интенсивней, чем на территориях равнинных областей. На единицу площади горные территории насыщены большим разнообразием и количеством ресурсов, динамических процессов, энергии и информации. Немаловажную роль играет вертикальная зональность, когда на небольшой по площади территории встречаются почти все природно-климатические зоны и условия со всеми характерными для них особенностями

ландшафта, климата, флоры, фауны и т. д. Горные территории, в силу указанных причин, являются кладовой чистого атмосферного воздуха и высококачественной воды, широкого спектра минеральных и биологических ресурсов, ландшафтного разнообразия и, в целом, обладают значительным потенциалом, в том числе и рекреационным.

Своеобразные природные условия РСО-Алания породили здесь уникальные исторически сложившиеся социальные, этнические, культурные и экономические условия и традиции. На эти условия и традиции отрицательно сказываются экономические, экологические и социальные проблемы последних десятилетий. Это при том, что при любом вмешательстве они требуют особого подхода, как для сохранения, так и для дальнейшего их развития.

Всё вышесказанное в полной мере относится и к такому важному хозяйственному комплексу, которым является энергетика и, в частности, гидроэнергетика.

Проблемы взаимного влияния опасных экзогенных геологических процессов и гидроэнергетических сооружений стали актуальными не только для энергетики в целом, но и для территории РСО-Алания с момента возобновления строительства Зарамагских ГЭС в Алагирском районе на реке Ардон. Кроме этого крупного для республики энергетического объекта на территории Ирафского района планируется и с перерывами ведется не первый уже год строительство каскада малых ГЭС на реке Урух [Хузмиев, 2007].

### **Опасные геологические процессы Северного Кавказа**

Расположение горных и предгорных территорий в зоне альпийской тектономагматической активизации Большого Кавказа, характеризующейся наличием высокой сейсмичности, активных вулканов и интенсивными геодинамическими процессами, определило широкое развитие здесь опасных геологических процессов (ОГП). Последние представлены на территории Северного Кавказа разными генетическими типами: землетрясения, лавины, оползни, обвалы, сели и пр. Их воздействие на объекты экономики и населённые пункты, нередко, сопровождается человеческими жертвами, а экономический ущерб исчисляется миллиардами рублей.

Климатические изменения, происходящие в последние годы, существенно повлияли на увеличение интенсивности и частоты проявления ОГП, особенно экзогенных геологических процессов (ЭГП). Населённые пункты, объекты экономики и элементы инфраструктуры жизнеобеспечения (дороги, ЛЭП, связь, продуктопроводы и т. д.), благополучно просуществовавшие продолжительное время вне досягаемости воздействия этих процессов, сегодня оказываются в зоне их поражения и/или влияния.

Активно развивающиеся эндогенные геологические процессы (сейсмика, вулканы), которые и сами являются весьма опасными и всепоражающими процессами с огромной разрушительной силой (несмотря на то, что проявляются они редко, эпизодически), многократно усиливают проявление и негативное воздействие опасных проявлений экзогенных геологических процессов (ЭГП) [Караев, 2007].

Горная система Большого Кавказа постоянно испытывает вертикальные перемещения, которые составляют, в среднем, 2-3 мм в год, а отдельные, наиболее активные блоки, перемещаются со скоростью 12-15 мм в год и при этом создаются огромные напряжения в скальных массивах, разрядка которых приводит к землетрясениям и обвалам.

По данным специализированных научно-исследовательских институтов (ИГЕМ РАН, ОИФЗ РАН, ИВГГ ДВНЦ РАН и др.) на Северном Кавказе имеются два активных вулкана, извергавшихся в историческое время – Эльбрус (последнее извержение по данным ИГЕМ РАН происходило 1800 лет назад) и, предположительно, Казбек. У автора есть определённые сомнения по поводу того, что разные исследователи датируют последнее извержение Казбека в пределах 3000-7000 лет.

Среди ЭГП, в условиях горных и предгорных территорий, наиболее опасными по непредсказуемости и катастрофичности воздействия являются прорывы подпрудных водонакопителей, возникающие вследствие перекрытия русел рек селевыми и оползневыми отложениями.

Селевые потоки, порождающие, в том числе и подпрудные водонакопители, наносят наибольший ущерб объектам экономики и населённым пунктам. В горной части региона их тысячи, причём разной генетики, морфологии и объёмов разового выброса твёрдой составляющей.

Оползневому воздействию на Северном Кавказе подвержены зоны Главного, Бокового, Скалистого, Пастбищного, Лесистого, а также Передовых хребтов. Общее количество оползней исчисляется многими тысячами. Площади отдельных наиболее крупных оползней достигают нескольких квадратных километров с захватом перемещающихся масс более 100 м на глубину (Луарский, Тарки-Тау, Дылым и др.).

Трагические события 20 сентября 2002 г. на территории РСО-Алания показали, что на территории Кавказа проявился «новый» вид ОГП – газодинамический выброс ледника Колка [Бергер, 2006] с катастрофическими последствиями.

Не может не настораживать тот факт, что даже при предварительном анализе территории горной части Северного Кавказа (и не только) можно выделить не один участок с условиями формирования подобными условиям формирования катастрофы на леднике Колка.

### **Инновационные методы исследования природных процессов**

Даже приведенная краткая характеристика ОГП и последствий их проявлений, в том числе и катастрофических, говорит о необходимости серьёзного подхода к изучению генезиса и динамики ОГП для предупреждения или минимизации их негативного воздействия на объекты экономики, инфраструктуру и население.

Проблемой совершенствования методики сбора, обработки, использования и хранения информации о природных процессах, в том числе и об ОГП с применением самых современных и в то же время доступных технических средств автор занимается с 1998 г. [Бритаев и др., 1998].

Опыт исследований в этом направлении показал, что материалы таких инновационных подходов, как дистанционные методы исследований – аэросъёмка с использованием ГИС-технологий – позволяют получать значительную часть из необходимых данных для изучения генезиса, прогноза динамики развития и предупреждения ОГП.

Дистанционные методы исследования ОГП основываются на оперативном сборе привязанной к местности с помощью GPS-приёмника (или его аналога) датированной цифровой аэрофото- и аэровидеоинформации (ЦАФИ, ЦАВИ) по зарождению, развитию, динамике, активизации (и последствиям этой активизации)

ОГП с использованием авианосителей (в том числе лёгких, малых и беспилотных летательных аппаратов). При необходимости, ЦАФС или ЦАВС комплексируется с обычными плановыми, перспективными и/или синхронными планово-перспективными аэрофотосъёмками (АФС), при этом есть широкие возможности менять масштабы съёмки, увеличивая их разрешающую способность. Получаемая информация вводится в ходе съёмки (или сразу после съёмки) в компьютер и может обрабатываться, копироваться или транслироваться, в зависимости от цели съёмки (решаемых задач), возможностей конкретного авианосителя и комплекта размещённой на нём съёмочной аппаратуры.

ЦАВС и ЦАФС обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционной АФС: получаемый материал в 1,5-2 раза дешевле и пригоден для непосредственной компьютерной обработки (коррекция изображения, снятие дымки, трансформирование, транслирование и т. д.) [Гончаренко и др., 2001]. Возможен оперативный и многократный просмотр материала и получение твёрдых цветных изображений (копий) на принтерах без химико-фотографического процесса, возможно также создание или пополнение баз данных, использование материалов съёмки в ГИС-системах, тиражирование информации на любые цифровые носители и т. д.

Использование современных и усовершенствованных технических средств и инновационных технологий в области дистанционных методов исследований позволяет существенно сократить время на изучение ОГП и заметно уменьшить их стоимость.

### **Опасные экзогенные геологические процессы района Зарамагских ГЭС**

Физико-географическая характеристика. Зарамагские ГЭС строятся на реке Ардон на территории Алагирского района РСО-Алания.

Река Ардон, на которой расположен комплекс ГЭС, образуется при слиянии рек Мамисондон и Нардон. Она берёт своё начало в ледниках Главного Кавказского хребта и является левым притоком р. Терек. Протяженность реки 83 км, площадь водосбора – 1625 км<sup>2</sup>, в т. ч. в створе Головного гидроузла – 552 км<sup>2</sup>.

Южная часть бассейна реки (верховья) представляет собой типичную горную сильно расчленённую местность с густой разветвлённой речной сетью и высокой водностью. Северная её часть представляет пологонаклонную, равнинную местность с низкой водностью.

Около 45% площади водосбора р. Ардон расположено на высотах более 2000 м над уровнем моря.

Непосредственно на участке размещения основных сооружений гидроузла река Ардон протекает по Кассарскому ущелью, прорезая гранитный массив Бокового хребта и образуя глубокую теснину, протяжённостью 10 км, шириной по дну 20-40 м, с крутыми, часто отвесными, склонами высотой 600-800 м.

Геология и гидрогеология. Водохранилище Зарамагских ГЭС расположено в пределах Зарамагской котловины (зона южных сланцевых депрессий), сложенной глинистыми породами циклаурской свиты нижнеюрского возраста, интенсивно дислоцированными и осложненными зонами дробления и трещиноватости разрывных структур (Южный Адайком-Казбекский разлом, Цесский надвиг, Северный Нарский разлом и др.) [Энна и др., 1988].

Рыхлые отложения представлены фрагментарным склоновым делювием, пролювиальными конусами, мощными (до 45 м) аллювиальными отложениями, слагающими пойму реки Ардон, а также ледниковыми отложениями.

По бортам водохранилища проходят трасса Транскавказской автомобильной магистрали (ТрансКАМ) и автодорога в Мамисонском ущелье (Военно-Осетинская дорога). По западному борту водохранилища проложен газопровод Дзуарикау-Цхинвал.

Экзогенные геологические процессы. В районе широко развиты экзогенные геологические процессы, что связано с особенностями климата, геоморфологией, геологическим строением и техногенным воздействием объектов экономики [Агибалова, 1985].

Наибольшее распространение здесь имеют *оползневые процессы*. К настоящему времени в районе строительства ГЭС, в основном, по периферии водохранилища выявлено 11 оползней площадью от 1 до 50 га и объемом от 50 тыс. м<sup>3</sup> до 25-30 млн. м<sup>3</sup>, основная часть которых находится в стадии временной стабилизации.

Большой Даллагкауский оползень имеет объем 28 млн. м<sup>3</sup> и незначительный запас устойчивости. Активность оползня выражается периодическим развитием трещинных деформаций на отдельных участках оползневого тела и смещением оползневых масс со скоростью от нескольких см до 1 м в год при некоторой тенденции ее возрастания в 2004-2006 гг. Аналогичную опасность представляет и находящийся выше по реке Малый Даллагкауский оползень, требующий доизучения.

Периодическая активность, связанная, как правило, с длительными осадками, наблюдается на оползнях Мсита, Калм, расположенных в непосредственной близости от плотины, ниже по реке. Оползни приурочены к зоне Южного Адайком-Казбекского разлома, их фронтальные части практически примыкают и разделены только руслом р. Ардон. Значительное смещение одного из них ведет к размыву фронтальной части другого и может спровоцировать его активизацию с угрозой создания подпруды в районе сооружений, расположенных ниже плотины.

Аналогичная ситуация наблюдается на Нарском оползне, расположенном в районе автомобильного пункта пропуска таможни «Верхний Зарамаг» и находившегося в стадии активизации в начале 90-х гг.

Коэффициенты устойчивости этих оползней также незначительно превышают единицу, а при сильном увлажнении (более 20%) и при сейсмолотчках, превышающих 6 баллов, могут резко изменяться.

Устойчивость остальных оползней не оценивалась из-за недостаточной изученности.

Другим распространенным типом ЭГП являются *селевые потоки*. В районе водохранилища Зарамагских ГЭС по прямым и косвенным признакам зарегистрировано 7 селевых очагов.

Наиболее крупным из них является Адайкомский селевой очаг, представленный серией селевых рытвин в мореных отложениях с боковой подпиткой по транзиту за счет оползневых явлений. Максимальный расчетный объем выброса – 50 тыс. м<sup>3</sup>, фактический (1987 г.) – достигал 30-40 тыс. м<sup>3</sup>. Усиление мощности селевого выброса происходит за счет формирования и прорыва временных подпруд в нижнем течении р. Адайком. Селевые выбросы по р. Адайком будут происходить непосредственно в водохранилище, в 0,4 км выше плотины. Из остальных селевых очагов заслуживают внимания Сататский, Царгасский и Варце-донский. Эти очаги

слабо изучены, однако, косвенные признаки свидетельствуют об их активности в прошлом, а потенциальные (расчетные) объемы разовых выбросов оцениваются в 30-50 тыс. м<sup>3</sup>.

*Обвально-осыпные процессы* значительного площадного распространения в районе не имеют.

Активность обвально-осыпных процессов невысокая, мощность коллювиальных отложений на участках, примыкающих к водохранилищу, небольшая. Участки техногенной отсыпки имеются в низовом откосе ТрансКАМа, причем базисом осыпания на некоторых интервалах являются высокая пойма или первая надпойменная терраса р. Ардон, которые будут затоплены при заполнении водохранилища.

*Эрозионные и аккумулятивные процессы* в районе водохранилища в настоящее время (т. е. до его заполнения) имеют незначительное распространение. Некоторый всплеск их активности наблюдался в 80-90-х гг. прошлого столетия и был связан с последствиями техногенного воздействия на русловые потоки при строительстве ТрансКАМа (оттеснение русла на незащищенном участке берега, отсыпка обломочного материала в пойму реки и т. п.). К настоящему времени ситуация стабилизировалась как естественным путем, так и за счет инженерной защиты. Негативное воздействие эрозии наблюдается только на отдельных участках фронтальных частей некоторых оползней.

Строительство объектов Зарамагских ГЭС значительно увеличат техногенную нагрузку на геологическую среду (ГС). Это, безусловно, повлияет на активность ЭПП в местах техногенного воздействия. Примером является формирование Ардонского (Нузальского) оползня в районе дороги на бассейн суточного регулирования (БСР), имеющего техногенную природу (глубокая многократная подрезка рыхлообломочного склона дорожными выемками).

Наиболее существенное воздействие на развитие опасных геологических процессов может оказать заполнение водохранилища.

Большая статическая нагрузка, как правило, ведет к увеличению порового давления в породах и прогибу дна, что ухудшает сейсмогеологические условия и увеличивает сейсмичность участка, следствие чего, активизируются гравитационные процессы, в т. ч. крупные оползни [Рогожин, 1997].

Изменение режима подземных вод (в т. ч. подпор грунтовых вод) и сопутствующие им гидродинамические эффекты, связанные с колебаниями уровня воды в чаше водохранилища, способствуют развитию оползневых процессов на склонах с рыхлообломочными отложениями в пределах сотен метров от водохранилища и повышению скорости процессов выветривания и разрушения коренных пород.

Затопление значительных участков рыхлообломочных склонов ранее находившихся в зоне аэрации, ухудшает их прочностные свойства и ведет к снижению устойчивости склонов, вызывая формирование *обвально-осыпных и оползневых процессов*.

Наиболее опасными последствиями воздействия на геологическую среду после заполнения водохранилища могут стать следующие:

- 1) замачивание фронтальной части оползней, оказавшихся в зоне затопления (Большой и Малый Даллагкауские, Нижнее-Зарамагский, Зругский и др.) при НПУ 1730 м. Коэффициент устойчивости этих оползней после затопления существенно (на 10-20%) снизится, а вероятность схода соответственно увеличится. Сход этих оползней в водохранилище чреват не только резким повышением уровня воды и

формированием волн прорыва, превышающих расчетную величину, но и ускоренным накоплением наносов на дне водохранилища. Кроме того, при крупном смещении Большого Даллагкауского оползня возможно полное перекрытие и создание подпруды на р. Мамисондон в верхней части водохранилища. Прорыв этой подпруды может создать серьезную угрозу для плотины;

2) затопление основания насыпного низового откоса ТрансКАМа на участках, где трасса проложена по схеме «полувыемка-полунасыпь». Водонасыщение насыпных грунтов может привести к отсадке низового откоса, формированию осовов и, в конечном счете, к деформациям и разрушению дорожной полки магистрали на значительном протяжении;

3) строительство плотины и заполнение водохранилища приведет к изменению местного базиса эрозии рр. Ардон, Закка и Мамисондон, что повлияет на гидрогеологический режим рек и может изменить ход эрозионно-аккумулятивных процессов. В частности, возможно перераспределение русловых потоков в пойме, появление новых участков эрозии. Выше водохранилища следует ожидать усиления процессов аккумуляции с постепенным поднятием отметки поймы на значительном протяжении вверх по рекам. Процесс поднятия дна ведет к увеличению отметок уровня воды при паводках, что может значительно снизить эффективность имеющихся берегозащитных сооружений, как это наблюдалось в районе Нузальской подстанции и моста через р. Садон после выноса больших масс рыхлообломочного материала селевыми потоками в 2002 г.

### **Краткая характеристика подземных вод района**

Гидрогеологические условия района обусловлены морфологией рельефа, климатическими особенностями и геолого-литологическим строением района.

Формирование подземных вод рассматриваемой территории тесно связано с обширной водосборной площадью бассейна р. Ардон, в пределах которой имеются многочисленные ледники, фирновые и снежные поля, являющиеся основным источником питания многочисленных малых рек. При этом большая часть атмосферных осадков инфильтруется через трещины и поры вглубь горных пород, образуя подземные воды. В дальнейшем часть этих подземных вод разгружается в долинах рек, тальвегах балок и других отрицательных формах современного рельефа.

Исходя из особенностей геолого-литологического строения территории, а также наличия фактической гидрогеологической информации, полученной при производстве инженерно-геологических работ, представляется возможным выделить несколько следующих водоносных горизонтов:

- водоносный, современный аллювиальный горизонт;
- локально-водоносный современный горизонт склоновых отложений;
- водоупорная локально-водоносная преимущественно сланцевая толща нижней юры.

*Водоносный, современный аллювиальный горизонт ( $aQ_{IV}$ )* распространен в виде пласта-полосы в долине р. Ардон, протягивающейся с юга на север, слагая ее пойменную часть, представляющую собой типичную, переуглубленную речную долину.

*Локально-водоносный современный горизонт склоновых отложений ( $dpQ_{IV}$ )* распространен крайне неравномерно.

В пределах рассматриваемой территории, на которой коренные породы, преимущественно представлены глинистыми сланцами, обычно обломочный материал склонов обводнен только в зонах крупных тектонических нарушений, где нередко образуются отрицательные формы рельефа, дренирующие поверхностный сток и атмосферные осадки. При этом на отдельных участках склонов наличие подземных вод в склоновых отложениях вызывают процессы оползнеобразований.

*Водоупорная локально-водоносная преимущественно сланцевая толща нижней юры* представлена верхней подсвитой циклаурской свиты. Водоносность этой толщи, сложенной, в основном, глинистыми сланцами обусловлена наличием крупных региональных нарушений субширотного направления.

### Лавины

Рассматриваемый район, а особенно его высокогорная часть, характеризуется широким развитием лавин. Разовые выпадения снега мощностью до 1 м явление здесь рядового характера.

Резко расчлененный рельеф, наличие склонов всевозможных ракурсов, крутизны и разной степени залесенности, огромные (до 2000 м) относительные превышения в пределах лавинных очагов, значительные перепады суточных температур обуславливают сход лавин всех типов и структур практически в любое время суток, начиная с последних чисел октября до середины мая включительно.

К наиболее распространенным и крупным относятся лотковые лавины, имеющие постоянную привязку к пониженным формам рельефа (балки, кулуары, каньоны), менее крупные – снежные остовы, которые сходят со склонов, имеющих техногенную или природную подрезку.

Лавины могут наносить все виды ущербов. Особенно опасны спорадические лавины, о которых до их проявления, как правило, мало информации, что нередко приводит к значительному ущербу, в том числе и человеческим жертвам. К сожалению, и изучаемый нами объект – Зарамагские ГЭС – не избежал этой участи. Обильные снегопады в конце января 2008 г. спровоцировали в Зарамагской котловине сход «нежданных» лавин. Они стали причиной гибели троих работников и отрезали от «большой земли» на несколько дней более 150 человек. Были разрушены бетонный узел, общежитие, административное здание, линии электропередач и т. д. Материальный ущерб был предварительно оценён в 60 миллионов рублей.

### Сейсмические условия района

Центральная часть Большого Кавказа характеризуется высокой сейсмичностью, причём в последние годы отмечается её значительная активизация [Гончаренко и др., 2007]. В 1991 г. в 50 км к юго-западу от створа плотины Зарамагских ГЭС произошло Рачинское землетрясение с  $M=7,1$ , наиболее сильное из инструментально зарегистрированных землетрясений на Кавказе.

В 1992 г., примерно в 80 км к восток-юго-востоку от плотины произошло Барисакское землетрясение с  $M=6,6$ . В центральной части Большого Кавказа зарегистрированы и другие сильные землетрясения с магнитудой до 6,0, а также существуют предположения о сильных исторических землетрясениях с интенсивностью до 9 баллов.

В непосредственной близости от сооружений Зарамагских ГЭС выделены две основные сейсмогенерирующие структуры: зона Нарских разломов и Нузальский



разлом. Первая проходит в 5 км южнее плотины, к ней приурочен ряд событий с  $M = 6,6$  и, возможно, очаг Барисахского землетрясения. Нузальский разлом проходит в 2,5 км к югу от здания ГЭС, и в его зоне известны события с  $M = 5,0-5,5$ . Магнитуды наиболее сильных землетрясений в них оценены в  $M_{\max} = 7,0$  и  $M_{\max} = 6,0$  соответственно. Условная повторяемость таких событий принята равной 1 раз в 10000 лет.

При возникновении указанных максимально возможных событий макросейсмическая интенсивность на исследуемом участке составит около 9 баллов (по расчётам по уравнению макросейсмического поля). В активной тектонической зоне, какой является площадь строительства Зарамагских ГЭС, водохранилище с почти кубокилометровым запасом воды создает дополнительную нагрузку на среду уже находящуюся в напряженно-деформированном состоянии и в первую очередь по тектоническим нарушениям и зонам трещиноватости, и эта нагрузка может спровоцировать увеличение локальной сейсмической активности района. Этому будут способствовать и колебания уровня воды в водохранилище за счет сезонных изменений дебита подпитки и технологического отбора объема потребляемой воды, в результате чего нарушения открытого типа и неглубокого заложения могут активизировать подвижки техногенного характера. Такими генераторами техногенных вибраций могут служить и литологические разности пород с различными свойствами водонасыщения. Учитывая, что большинство землетрясений приурочено к границам блоков с разнотипным строением земной коры, необходимо иметь точное представление о тектонической структуре района, для чего необходимо вести мониторинг геологической среды не только на площади затопления, но и на достаточном удалении от неё с целью выделения блоков с различными геофизическими характеристиками.

Результаты наблюдений за землетрясениями, наведенных водохранилищами и сооруженными в тектонически-активных горных районах, показывают, что зона влияния крупного водохранилища, как правило, составляет несколько тысяч квадратных километров, а эпицентры наведенных землетрясений располагаются либо под его акваторией, либо в пределах первых десятков километров от нее [Капустян, Юдахин, 2007].

## Выводы

1. Исследованный район характеризуется мощными геодинамическими процессами, высокой сейсмичностью, широким развитием экзогенных геологических процессов и интенсивной техногенной нагрузкой.
2. Наиболее существенными из природных факторов, усиливающими воздействие опасных геологических процессов являются климатические экстремумы (обильные выпадения осадков – дождь, снег), приводящие к весенне-летним паводкам, сходу снежных лавин и селевых потоков, активизации оползневых и обвально-осыпных процессов.
3. На фоне высокой сейсмичности потенциал воздействия опасных экзогенных геологических процессов увеличивается.
4. Наиболее сложными участками следует считать интервалы, прилегающие к зоне строительства Зарамагских ГЭС, которые располагаются в условиях непосредственной близости от ТрансКАМа.
5. Максимальный ущерб объекту могут нанести процессы боковой эрозии во время паводков.

6. Воздействие лавин не было учтено ни на одном из этапов проектирования и строительства Зарамагских ГЭС, а они подвергают опасности почти весь комплекс сооружений.

7. Особое внимание следует уделить участкам с селеопасными ручьями и балками, по которым сходят и скоростные лавины (мокрые, сухие, пылевидные) с мощными ударными волнами. Это относится в первую очередь к селеопасным балкам верховьев рр. Мамисондон и Зруг.

8. Обвальнo-осыпные процессы поражают район на значительной площади; они, как правило, активизируются в процессе строительных работ с применением глубоких врезов в склоны.

9. Оползни хотя и имеют незначительное развитие в данном районе, тем не менее, часть из них при активизации могут нанести значительный ущерб.

### Литература

1. Бергер М. Г. Природная катастрофа на леднике Колка 20 сентября 2002 г. – внезапный газодинамический выброс ледника // Предупреждение опасных ситуаций в высокогорных районах: Доклады Международной конференции Владикавказ – Москва, 2004 г. Владикавказ: Олимп, 2006. С.41-49.

2. Бритаев Ц. Х., Гончаренко О. А., Караев Ю. И., Никитин М. Ю. Дистанционный мониторинг экзогенных геологических процессов в новых экономических условиях // Геоэкологические исследования и охрана недр. Информационный сборник. Выпуск 2. М.: МПР РФ, ЗАО «Геоинформмарк», 1998. С.17-19.

3. Гончаренко О. А., Заалишвили В. Б., Караев Ю. И., Никитин М. Ю. Опасные геологические процессы Северного Кавказа // Международная научно-практическая конференция «Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа». Владикавказ, 2007.

4. Гончаренко О. А., Караев Ю. И., Никитин М. Ю. Опыт использования цифровых аэросъемок на Северном Кавказе в 2000 г. // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы регионального сотрудничества и региональной политики горных районов: Материалы IV Международной конференции 23-26 сентября 2001. Владикавказ: Терек, 2001.

5. Капустян Н. К., Юдахин Ф. Н. «Сейсмические исследования техногенных воздействий на земную кору и их последствий». Екатеринбург, 2007.

6. Караев Ю. И. Изучение опасных геологических процессов горных и предгорных территорий (на примере дистанционных исследований Северного Кавказа) // Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий: Материалы VI Международной конференции. Владикавказ, 2007. С.234-235.

7. Рогожин Е. А. Геодинамика и сейсмотектоника. // В кн.: Проблемы эволюции тектоносферы. М.: 1997, с.84-92.

8. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Экологическая геология. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002.

9. Хузмиев И. К. Концепция развития электроэнергетики Республики Северная Осетия-Алания. Владикавказ, 2007.

10. Агибалова В. В. Отчет по режимным наблюдениям за экзогенными геологическими процессами на участках их проявления в горной части СО и ЧИ АССР за 1982-1985 гг. Фонды СОГРЭ, Орджоникидзе, 1985.

11. Энна Н. Л. и др. Геологическая карта Кавказа М 1:50000. Листы: К-38-41-Б-в, г; К-38-41-Г; К-38-42-А-в, г; К-38-42-В; К-38-53-А-а, б. Ессентуки: ЦГСЭ, 1988.

---

---

## **INFLUENCE DENGEROUS DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES ON THE HIGH – PRESSURE HPPS (FOR EXAMPLE ZARAMAGSKAYA HPP, NORTH OSSESSETIA-ALANIA)**

© 2013 Yu. I. Karaev

The head of North-Caucasian innovative centre «Sustainable development of mountain territories» of the North-Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University) (NCIMM (STU)), senior lecturer of Ecology Chair and of Geology Chair NCIMM (STU), Nikolaeva str. 44, Vladikavkaz, RNO-Alania, Russia, 362021, e-mail: info@skgmi-gtu.ru

The paper presents the characteristics of hazardous geological processes of mountainous areas of the North Caucasus and North Ossetia. The characteristic of their impact on the high-pressure hydro. Proposed solutions to the problems identified.

**Keywords:** natural processes, geohazards, exogenous and endogenous geological processes, high pressure hydro.