

Исходя из этого, мы видим, что возросшая опасность повреждения и разрушения хозяйственных объектов, в том числе гидротехнических сооружений, вследствие воздействия стихийных и антропогенных факторов является важной проблемой, которая требует особого внимания в сфере обеспечения безопасности и объединения усилий в деле защиты от чрезвычайных ситуаций такого характера. Ликвидация последствий повреждения подпорных гидротехнических сооружений и минимизация ущерба от них требует больших материальных затрат и времени. Поэтому усилия в первую очередь должны быть направлены на предвидение, предупреждение и прогноз последствий возможных аварийных ситуаций на гидроузлах.

### **10.1. Главное о чрезвычайных ситуациях на гидротехнических сооружениях в целом и в частности гидромелиоративного комплекса (Борулько В.Г., Ертай А.Б.)**

Обеспечение безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений является первоочередной задачей по повышению устойчивости функционирования не только объектов экономики и сельского хозяйства, но и безопасности жизнедеятельности населения.

В соответствии с Градостроительным кодексом РФ от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ к особо опасным, технически сложным объектам относятся гидротехнические сооружения первого и второго классов. Поэтому, при оценке опасности того или иного гидротехнического сооружения следует учитывать все возможные факторы, которые могут повлиять на повреждение или разрушение ГТС. Определяющими факторами являются:

- топографические характеристики речной долины и ложа водохранилища;
- инженерно-геологические и гидрологические условия;
- местоположение и объем карьеров строительных материалов;

- технология строительства плотины;
- возможность рационального размещения постоянных и временных водопропускных сооружений.

Учет этих факторов поможет предупредить и минимизировать потери от возможной чрезвычайной ситуации.

В Российской Федерации для регламентирования степени опасности гидротехнических сооружений был разработан Федеральный закон от 21 июля 1997 года № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» (редакция, действующая с 1 января 2022 года).

Надо сказать, что пик строительства гидротехнических сооружений пришелся на Советский период. На крупных реках РФ: Волга, Кама, Ангара, Енисей и других, были построены целые каскады ГЭС, вырабатывающие электроэнергию, которой хватало на обеспечение нескольких регионов страны. До 20 % эксплуатируемых в стране плотин нуждается в ремонте и модернизации. Около 10 % гидродинамически опасных сооружений эксплуатируются без реконструкции более 50 лет, что также является основной причиной аварий на плотинах, дамбах, шлюзах и других гидротехнических сооружениях.

Проанализируем специфику возникновения аварий на гидротехнических сооружениях и в системе сооружений гидромелиоративного комплекса.

К основным гидротехническим сооружениям, разрушение которых приводит к гидродинамическим авариям, относятся плотины, водозаборы и водосборные сооружения (шлюзы). В зависимости от объема и силы выбрасываемой воды различают следующие виды гидродинамических аварий:

1. Прорыв сооружения с появлением сильных волн, приводящих к затоплению больших площадей.
2. Прорыв плотины, повлекший за собой прорывной паводок (кратковременный, но интенсивный подъем уровня воды).
3. Авария, повлекшая за собой отложение речных наносов на большой площади и разрушение плодородного слоя почвы [135].

Гидромелиоративный комплекс сооружений в зависимости от назначения включает в себя оросительные, обводнительные, осушительные и осушительно-оросительные (двустороннего регулирования) системы. Сюда же относятся водохозяйственные системы (каналы) гидромелиоративного назначения. Каждый тип систем имеет свои особенности в конструктивном исполнении и в режиме эксплуатации.

Например, в состав оросительной системы регулярного орошения входит следующий комплекс сооружений: головной водозаборный узел, оросительная, сбросная, коллекторно-дренажная сети, сооружения гидротехнического назначения (шлюзы-регуляторы, подпорные сооружения и др.). Также, необходимо сказать и об эксплуатационном обеспечении оросительной системы - дороги, устройства для проведения мониторинга за состоянием орошаемых земель и др. Для устойчивой работы оросительной системы должны быть обеспечены баланс между водозабором и потреблением, оптимальное водораспределение, отвод грунтовых вод за пределы системы, контроль ее исправности и поддержание всех звеньев в рабочем состоянии, а также принятая технология полива [126].

Установлено, что срок эксплуатации гидромелиоративных систем юга России составляет порядка 40-50 лет, износ в среднем - 72%. В Краснодарском крае степень износа водохранилищ, прудов и каналов составляет порядка 80-100%, что свидетельствует о значительном заиливании и потере пропускной способности. Износ дамб и плотин составляет 35-40%. Основными повреждениями ГТС в этом случае являются размывание верхового откоса, неисправность водосбросного сооружения и заиленность чаши водохранилища (пруда), что в свою очередь приводит к усилению фильтрации через тело плотины, повышению уровня депрессионной кривой и усложнению пропуска паводковых вод.

Этим самым подтверждается уязвимость гидротехнического сооружения с высокой степенью износа. Так как уровень предельных нагрузок и воздействий ниже проектных значений существенно уменьшается.

Прежде чем начинать говорить об обеспечении безопасности на гидротехнических сооружениях, необходимо рассмотреть основные факторы, которые определяют безопасность самих ГТС. В практике выделяют три группы факторов: природные факторы, техногенные факторы и факторы, обусловленные ограничениями технико-экономических, социальных, экологических и других показателей.

Природные факторы: гидрологический режим реки, сейсмичность района гидротехнического сооружения, инженерно-геологические и гидрогеологические условия, в т. ч. и физико-механические характеристики грунтов оснований, а также грунтовых материалов ГТС, климатические воздействия, устойчивость склонов и откосов.

К примеру, если говорить о плотинах грунтового типа, которые чаще всего применяются в гидромелиоративной практике, то здесь необходимо отметить, что в основании грунтовых плотин часто залегают водопроницаемые скальные или нескальные грунты. Фильтрация через них может приводить к потерям воды из водохранилища, а также к опасным фильтрационным деформациям и, как следствие, к неравномерным осадкам основания и разрушению плотины. Противофильтрационные устройства, которые проектируют в основании плотины, снижают фильтрационные расходы и обеспечивают фильтрационную прочность основания. Однако в этом случае следует учитывать фактор времени, который может сыграть на опережение.

Разрушение грунтовых плотин часто происходит из-за разрушения низового откоса, которое согласно наблюдениям происходит по криволинейной поверхности, происходящей в теле плотины или с захватом основания. Обрушение грунтового массива откоса происходит при неблагоприятном сочетании нагрузок, когда сумма сдвигающих сил, уменьшающих устойчивость откосов, при неблагоприятном сочетании нагрузок превышает сумму удерживающих сил.

Техногенные факторы:

- проектно-технологические (конструкции и параметры сооружений, ошибки изысканий, проектирования, конструирования);

- строительно-технологические (нагрузки и воздействия строительного периода, дефекты производства работ, изменчивость физико-механических характеристик грунтов);

- эксплуатационно-технологические факторы (отложения наносов и загрязнений в водохранилище, эвтрофикация водохранилища, фильтрация через сооружения, регулирование стока, квалификация эксплуатационного персонала, надежность системы мониторинга и др.).

При грунтовых плотинах для пропуска расходов половодья и дождевых паводков во избежание переполнения водохранилища, для пропуска льда, шуги, мусора из верхнего бьефа в нижний устраивают водосбросные сооружения. В результате неисправностей водосбросных сооружений возможны:

- переливы воды через гребни сооружений;
- затопления и подтопления в верхнем бьефе,
- местные размывы и подмывы русла и ГТС в нижнем бьефе,
- увеличение гидродинамических нагрузок с разрушением и повреждением гидросооружений и других объектов.

Большое значение при условии возможного достижения износа до истечения срока эксплуатации гидроузла имеют уровень квалификации персонала эксплуатации, соответствующие объемы материальных и людских ресурсов для своевременного ремонта или ликвидации аварии. Среди антропогенных опасностей особое место занимают условия эксплуатации гидротехнического сооружения:

- эксплуатация, выполняемая не по утвержденным правилам или вообще без правил;

- некомпетентность персонала;

- игнорирование эксплуатационным персоналом выполнения необходимых действий (халатность) [118, 135].

Масштабы чрезвычайных ситуации на ГТС зависят от: параметров и технического состояния гидроузла; характера и степени разрушения плотины; объемов запасов воды в водохранилище; характеристик волны прорыва и катастрофического наводнения; рельефа местности; сезона и времени суток происшествия и многих других факторов. Например, прорыв напорного фронта Химкинского водохранилища может вызвать затопление прибрежных территорий г. Москвы до уровня 3-6 метров, прекращение судоходства, поступления питьевой воды в город, нарушение обводнения реки Москвы.

Если рассматривать условия военных действий, то опасность представляет разрушение подпорных сооружений. Эти разрушения могут проводиться как с целью прекращения функционирования гидротехнического сооружения (например, разрушение германскими войсками Днепровской ГЭС на реке Днепре в период Великой Отечественной войны), так и с целью создания гидродинамической аварии с катастрофическими последствиями.

Особую опасность несет терроризм. Теракты на гидротехнических сооружениях путем подрыва, выступают как акт устрашения, с целью посеять страх среди населения, повлиять на принятие решений властями и международными организациями. Они также несут катастрофические последствия.

Аварии на соседних объектах могут создавать опасности аварий на гидротехнических сооружениях. Такие аварии иногда называют наведенными. Например, авария на вышерасположенном в каскаде гидроузле, создавая волну прорыва, может спровоцировать аварию нижерасположенных ГТС и гидромелиоративного комплекса в целом [127, 161, 177].

Можно и дальше перечислять все возможные опасности, которые влияют на возникновение чрезвычайных ситуаций такого характера, однако необходимо решить первостепенную задачу - обеспечение нормального функционирования системы гидротехнических сооружений и эффективного безаварийного ее использования. Решение проблемы данного рода видится в применении постоянного мониторинга, а также прогноза надежности ГТС.

Безопасная и эффективная работа гидротехнических сооружений с высокой степенью износа в течение периода, предшествующего ремонту или реконструкции, может быть обеспечена посредством внедрения системы автоматизированного ведения мониторинга ГТС в сочетании с системой поддержки принятия решений (СППР) [48].

## **10.2. Вопросы обеспечения безопасности на гидротехнических сооружениях (Бовина Ю.А., Филиппов С.А.)**

Под уязвимостью объекта принято понимать степень потерь (0–100 %), возникающих в результате развития потенциально опасного явления. Основным методом оценки опасности является картирование территории с выделением на карте площадей с одинаковой вероятностью развития какой-либо опасности с определенными физическими параметрами (интенсивностью). На рисунке 10.2 представлена карта потенциально опасных зон, связанных с уязвимостью объектов гидротехнических мелиораций. Опасность определяется всем комплексом природных условий территории, от которых зависит вероятность развития опасного явления и его интенсивность. Уязвимость в свою очередь определяется относительными потерями и нарушением экономической деятельности [108].