

## ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ В ДАМБАХ ОБВАЛОВАНИЯ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ДАЛЬНОГО ВОСТОКА

© 2017 г. К.Н. Дьяченко, А.В. Зверев

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал, г. Владивосток, Россия

**Ключевые слова:** Дальний Восток, наводнение, дамба обвалования, натурные обследования и наблюдения, инженерная защита, причины образования дефектов, р. Амур.



К.Н. Дьяченко



А.В. Зверев

Приведены сведения по затоплению населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий на территории Дальнего Востока. Основными сооружениями инженерной защиты на рассматриваемой территории являются дамбы обвалования, техническое состояние которых в последние годы постоянно ухудшается. Повышение безопасности дамб обвалования невозможно без изучения причин образования дефектов, приводящих к повреждениям и авариям этого вида сооружений.

Оценка эксплуатационной надежности этих сооружений производилась, главным образом, на основе анализа результатов натурных обследований и наблюдений. По результатам натурных обследований и наблюдений определены характерные дефекты элементов этих сооружений в период эксплуатации и установлены причины их образования. Дефекты элементов сооружений инженерной защиты изучены в комплексе, с учетом взаимного влияния в процессе эксплуатации. Это позволило объединить дефекты в группы для основных конструктивных элементов дамб. Даны рекомендации по ограничению возникновения и снижению интенсивности развития дефектов в элементах дамб обвалования в процессе их эксплуатации.

На территории Дальнего Востока хозяйственная деятельность в основном осуществляется в долинах рек, где расположено большое количество населенных пунктов, а также основная часть сельскохозяйственных угодий, которые полностью или частично затапливаются паводковыми водами. Под воздействием водного потока во время наводнений происходит деформация русла и поймы реки в виде оползней и размывов.

В соответствии с утвержденной Росводресурсами Схемой комплексного использования и охраны водных объектов по бассейну р. Амур (российская часть) [1], на территории Забайкальского края площадь зоны затопления составляет около 5 тыс. га. В Амурской области от наводнений страдают 22,5 тыс. чел., проживающих в 70 населенных пунктах. При этом в зону затопления попадает свыше 140 тыс. га сельскохозяйственных угодий и более 2,5 тыс. км автомобильных дорог. Более 30 населенных пунктов Еврейской автономной области находятся в зоне воздействия паводковых вод, на затапливаемой территории проживает порядка 134 тыс. чел. и располагается свыше 100 тыс. га сельскохозяйственных земель. В Хабаровском крае паводковыми водами затапливается до 3368 тыс. га территории, периодическому затоплению и подтоплению подвергается 125 населенных пунктов края с населением около 103 тыс. чел. На территории Приморского края только в бассейне р. Уссури площадь затопления населенных пунктов составляет более 8000 га, сельскохозяйственных угодий – 190 тыс. га. Общая площадь затопления на территории бассейна р. Амур при паводке 1 % обеспеченности может составить 42 тыс. км<sup>2</sup>.

На Дальнем Востоке дамбы обвалования являются основными сооружениями инженерной защиты от затопления и подтопления населенных пунктов и сельхозугодий. Эти защитные сооружения проектируются на расчетный уровень воды, при котором перелив через их гребень не допускается. Аварии таких дамб приводят к значительным материальным ущербам.

Сотрудники ДальНИИВХ, начиная с 1990-х годов, проводили работы по натурным обследованиям и оценке технического состояния дамб обвалования, построенных на территории Дальнего Востока [2–5]. В процессе разработки проектов СКИОВО по рекам бассейна Амура, бассейна Японского моря и бассейна р. Камчатки (2008–2014 гг.) также был собран и проанализирован большой объем информации по эксплуатации дамб обвалования, т. е. целенаправленная работа велась практически по всем районам Дальнего Востока [6–8].

За период 1961–2014 гг. на территории Дальнего Востока построено более 170 дамб обвалования. На сегодняшний день срок службы многих защитных сооружений выработан более чем на 70 %, они нуждаются в капитальном ремонте.

Дамбы обвалования в основном имеют трапецеидальное сечение и состоят из следующих основных конструктивных элементов: гребня, верхового откоса, низового откоса, креплений верхового и низового откосов, основания. Характерными повреждениями защитных сооружений являются просадка гребня, разрушение крепления, подмыв и оползание откосов дамб. В некоторых случаях наблюдаются переливы воды через гребень.

Анализ результатов натурных обследований, актов технического состояния и опыта эксплуатации дамб обвалования позволил определить характерные дефекты сооружений и установить причины их образования. Так, при обследовании дамб выявлены следующие дефекты гребня: трещины различной направленности (продольные и поперечные) и происхождения; осадки и просадки гребня; очаги формирования оползней откосов.

Причины образования трещин обусловлены, в основном, возникновением в грунте растягивающих или касательных напряжений, превышающих предел растяжимости или сопротивление сдвигу грунта как материала (рис. 1). Продольные трещины формируются, когда дамба насыщается водой и интенсивность ее осадки возрастает. Местоположение продольных трещин чаще всего отмечалось у низовой и верховой бровок гребня. Их протяженность изменялась от 30 до 180 и более м. Раскрытие трещин достигало 3–8 см. Некоторые продольные трещины имели вертикальные ступени, вследствие разной сжимаемости грунтов тела дамбы и ее основания. Продольные трещины не представляют существенной опасности для дамбы, если они не получают развития во времени после окончания паводка.



**Рис. 1.** Продольные трещины на гребне дамбы обвалования в районе оз. Ханка, Приморский край.

Поперечные трещины, перпендикулярные оси сооружения или проходящие под углом к его оси, чаще наблюдались в местах сопряжения дамб, где они резко меняли свою высоту (например, над уступами поверхности основания). Эти трещины полностью или частично пересекали гребень дамб. Зафиксированы случаи, когда глубина трещин была ниже отметок

расчетного уровня воды. Этот дефект представляет серьезную опасность для дамб, потому что в период паводков отмечены случаи фильтрации воды через сооружение.

Дефекты в виде просадок и понижений, обнаруженные при обследовании гребня дамб, могут быть вызваны следующими причинами: протайкой захороненного в теле дамб льда, снега или промороженного грунта; недостаточным уплотнением локальных объемов грунта, уложенных в дамбу; суффозионным выносом мелкого грунта из тела дамб или их основания; выпором слабого грунта из основания; движением транспорта по гребню (рис. 2). Как правило, просадочные явления на дамбе проявляются в начальный период эксплуатации, когда сооружение находится под напором во время паводка.



**Рис. 2.** Дефекты гребня дамбы обвалования на р. Большая Уссурка в районе г. Дальнереченска, Приморский край.

Дефекты на откосах дамб наблюдались в виде оползаний, размывов, повреждений креплений; промоин и воронок (рис. 3).

Первичные очаги оползней, которые формируются на гребне, являются причиной обрушения откосов дамбы. Наблюдалось обрушения с незначительным и с широким охватом гребня оползнем. И в том, и в другом случаях оползням предшествовали образованные на поверхности гребня характерные первичные трещины. Состояние и устойчивость откосов дамб имеют важнейшее значение в обеспечении эксплуатационной надежности и безопасности данного сооружения. Повреждения откосов нарушают работу дамб, а при дальнейшей эксплуатации приводят к авариям.



**Рис. 3.** Размыв верхового откоса дамбы обвалования на р. Туманной, Приморский край.

Перед потерей устойчивости (оползания) откосов на поверхности гребня и склонах откосов дамб выявлены характерные для оползней криволинейные трещины. Величина раскрытия этих трещин нарастает во времени. В дальнейшем вышеперечисленные дефекты приводили к выпучиванию грунта в средней и нижней частях откоса. При этом локальные и фронтальные обрушения откосов сопровождалось перемещениями больших объемов грунта из тела дамбы.

При обследованиях каменного крепления верхового откоса дамб наблюдались дефекты, которые характеризовались наличием размывов в нижней части откосов. При этом нижняя часть откосов имела крутизну, близкую к вертикальной. У основания откосов наблюдалось скопление крупного камня. Засоренность каменной наброски некондиционным мелким грунтом приводит к нарушению эксплуатационной функции крепления. Чтобы предотвратить опасность оползания откосов, необходимо срочно восстанавливать крепление.

Наблюдения и обследования дамб показали, что со временем крутизна верховых откосов изменяется по причине интенсивной замочки верховой призмы при повышении уровня воды в реке, неравномерности осадки и размыва нижней части откосов по причине воздействия водного потока вдоль сооружения со скоростями больше допустимых (рис. 4). Обследования показали, что указанные причины изменения очертания откосов в большинстве случаев приводят к потере устойчивости дамб.

Наблюдения за железобетонными креплениями верхового откоса дамб позволили выявить их характерные дефекты: увеличение шероховатости

поверхности, обнажение на поверхности плит камней заполнителя и арматуры, сколы кромок плит, появление глубоких каверн, шелушение бетона. При этом явными признаками взаимного смещения элементов крепления являются образование вертикальных уступов в швах, провалы, перекосы или выпирание отдельных элементов. Эти явления сопровождаются расстройством швов, вымыванием грунта из-под железобетонных элементов, образованием под ними пустот (рис. 5).



**Рис. 4.** Разрыв верхнего откоса центральной части дамбы на р. Авача в районе пос. Раздольный, Камчатский край.



**Рис. 5.** Разрушение железобетонного крепления верхнего откоса дамбы обвалования на р. Большая Уссурка в районе г. Дальнереченска, Приморский край.

На низовом откосе при обследованиях наблюдались поперечные впадины, борозды, рытвины. Эти локальные углубления на откосе способствуют концентрации поверхностных вод в потоки, которые приводят к образованию промоин, эрозии грунта тела дамбы (рис. 6). Промоины на откосе формируются в направлении от гребня к подножию, смываемый потоками воды грунт транспортируется по промоинам к подножию откосов. Это приводит к ухудшению условий разгрузки фильтрационного потока.



**Рис. 6.** Впадины, борозды и рытвины на низовом откосе дамбы обвалования № 1 на р. Туманная, Приморский край.

В период повышения уровня воды в реках и при его длительном стоянии на отметке, близкой к расчетному уровню, в некоторых случаях наблюдалась фильтрация на поверхности низовых откосов. Дефекты фильтрации отмечены в виде малоинтенсивного рассредоточенного выкачивания, намочания грунта, отдельных сосредоточенных ручейков (рис. 7). Все эти выходы воды на поверхность низового откоса способствуют снижению общей устойчивости дамб обвалования.

Фильтрационные процессы на низовом откосе дамб проявлялись из-за наличия в теле дамб слабых в фильтрационном отношении прослоек грунта, некачественного производства строительных работ, наличия оставленных при возведении дамбы мерзлого грунта, крупных водопроводящих жестких предметов. При длительном действии фильтрации в дамбах, сопровождающейся суффозионным выносом грунта, на поверхностях выше выходов воды наблюдаются просадочные воронки, что в дальнейшем, как правило, приводит к образованию прорана (рис. 8).

Обследования дамб показали, что в период эксплуатации поверхность их элементов (гребень, откосы) почти всегда покрыта густой растительностью. Наличие крупных деревьев с развитой корневой системой на откосах недопустимо, т. к. корнями растений пронизывается тело дамб, а при их отмирании по ним формируются сосредоточенные ходы фильтрации.



**Рис. 7.** Выход фильтрационных вод на низовом откосе дамбы обвалования рисовой оросительной системы «Правобережная», Приморский край.



**Рис. 8.** Проран в теле дамбы обвалования рисовой оросительной системы «Правобережная», Приморский край.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, в первый год эксплуатации после паводка на гребне дамбы образуются трещины, возникающие по причине ее неравномерной осадки. Отсыпка дамбы однородным грунтом с уплотнением способствовала бы снижению количества трещин и уменьшению скорости их развития.

Основными причинами оползания верхового откоса являются малая величина заложения откоса и воздействие водного потока вдоль сооружения со скоростями больше допустимых. Для повышения устойчивости верхового откоса необходимо его заложение определять с учетом угла внутреннего трения грунта дамбы и использовать крепление, которое бы не разрушалось под воздействием водного потока с расчетными скоростями. На низовом откосе причинами дефектов являются отсутствие гравийного или щебеночного крепления и дренажа, поэтому для обеспечения устойчивости откоса следует предусматривать его крепление и устройство дренажа.

Анализ дефектов конструктивных элементов дамб обвалования показал, что их развитие происходит, как правило, постепенно и сразу к аварии не приводит. Авария возникает при чрезвычайной ситуации, когда при быстром подъеме уровня во время паводка происходит перелив воды через гребень дамбы. Это является следствием того, что при проектировании защитного сооружения был неправильно определен расчетный уровень воды в реке.

По теории надежности сооружений в период эксплуатации объектов периодически возникают отказы (дефекты) в работе элементов сооружений, которые снижают их работоспособность. Для поддержания сооружения в работоспособном состоянии в течение всего срока службы необходимо проводить определенную работу по выявлению дефектов и их устранению в начальной фазе развития. Практика эксплуатации дамб обвалования показывает, что при несвоевременном выявлении и устранении дефектов, проведении ремонтов может возникнуть чрезвычайная ситуация с негативными последствиями.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Схема комплексного использования и охраны водных объектов по бассейну реки Амур (российская часть). Кн. 2. Оценка экологического состояния и ключевые проблемы речного бассейна // Отчет. Владивосток: ДальНИИВХ, 2010. 486 с.
2. Натурные обследования незатопляемых дамб обвалования для защиты сельскохозяйственных угодий Приморского края от наводнений // Отчет о НИР. Владивосток: ДальНИИГиМ, 2000. 62 с.
3. Обследование и инвентаризация гидротехнических сооружений Камчатской области // Отчет о НИР. Владивосток: ФГУП ДальНИИВХ, 2002. 181 с.

4. Оценка технического состояния и надежности систем инженерной защиты от подтоплений и затоплений в пределах бассейна Нижнего Амура и юга Приморского края // Отчет о НИР. Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2006. 172 с.
5. Комплексное обследование гидротехнического сооружения с. Мильково (дамба) для проектирования капитального ремонта или реконструкции гидротехнического сооружения // Отчет. Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2014. 48 с.
6. Схема комплексного использования и охраны водных объектов по бассейну реки Амур (российская часть). Кн. 1. Общая характеристика бассейна р. Амур // Отчет. Владивосток: ДальНИИВХ, 2010. 175 с.
7. Разработка проекта СКИОВО, включая НДВ, бассейнов рек Японского моря. Кн. 1. Общая характеристика бассейнов рек Японского моря // Отчет. Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2011. 91 с.
8. Разработка проекта СКИОВО, включая НДВ, бассейна реки Камчатка. Кн. 1. Общая характеристика бассейна реки Камчатка // Отчет. Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2011. 68 с.

**Сведения об авторах:**

Дьяченко Константин Николаевич, старший научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал (ДальНИИВХ), Россия, 690014, г. Владивосток, пр. Красного Знамени, 66; e-mail: iwf@vlad.ru

Зверев Александр Викторович, ведущий инженер, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Дальневосточный филиал (ДальНИИВХ), Россия, 690014, г. Владивосток, пр. Красного Знамени, 66; e-mail: iwf@vlad.ru