

*Н.Б. Барышников, А.О. Пагин, М.В. Соболев*

## **ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

*N.B. Barishnikov, A.O. Pugin, M.V. Sobolev*

## **HYDROLOGICAL RISKS AT DESIGNING AND BUILDING OF HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS**

*Выполнен анализ гидрологических рисков, возникающих при проектировании и строительстве гидротехнических сооружений и водохозяйственных мероприятий за счет гидрологической информации и антропогенного фактора.*

*Ключевые слова: гидрологические риски, максимальные расходы воды, донные наносы, антропогенный фактор.*

*The analysis of the hydrological risks arising at designing and building of hydraulic engineering constructions and water economic actions at the expense of the hydrological information and the anthropogenous factor is made.*

*Keywords: hydrological risks, the maximum expenses of water, ground deposits, the anthropogenous factor.*

При проектировании различных гидротехнических сооружений одними из основных факторов являются гидрометеорологические, геологические и другие природные процессы. При этом наибольшей изменчивостью характеризуются именно гидрометеорологические процессы. Каждому проектировщику необходимо решать не простую задачу, а именно определять расчётную величину гидрологических и в меньшей степени метеорологических характеристик, обеспечивающих надёжность работы сооружения.

Действительно, все расчётные гидрологические характеристики имеют вероятностный характер. Поэтому нормативные документы обычно рекомендуют принимать для расчётов гидрологические характеристики определённой обеспеченности. Последние зависят от класса и значения данного сооружения. Так, для мостовых переходов при расчётах максимальных расходов воды рекомендуется нижеследующая таблица коэффициентов для перехода от одной обеспеченности к другой (табл.).

*Таблица 1*

Значения коэффициента $\beta$						
P, %	0,1	0,33	1	2	4	10
$\beta$	1,12	1,07	1,0	0,97	0,92	0,86

Однако в этом случае основным риском является появление за расчётный период гидрологического параметра более редкой обеспеченности. Например, ряд конструкций мостов рассчитывается на максимальный расход 1 %-ной обеспеченности, но за расчётный же период в 100 лет может наблюдаться максимальный расход, но 0,1 или 0,33 %-ной обеспеченности. Это, как правило, должно привести к разрушению моста или отдельных его конструкций.

Однако расчётные значения максимальных расходов воды регламентируются различными в основном ведомственными нормативными документами. Можно привести множество примеров, когда рассчитанные по этим документам мосты были разрушены при пропуске высоких паводков. Одним из них является катастрофический паводок на р. Висле 2010 г., когда были разрушены не только несколько мостов, но даже дамбы ограждения, что привело к затоплению или подтоплению ряда городов Польши, в том числе и Варшавы.

Значительно сложнее и менее определёнными являются расчёты, а точнее прогнозы зажоров и заторов, русловых процессов и донных наносов. Все эти процессы осложняют проектирование гидротехнических сооружений и увеличивают риски их разрушений. Действительно, методики прогнозов заторов и зажоров несовершенны. При их возникновении создаются подпоры, приводящие к значительным подъёмам уровней воды и соответственно большим площадям затопления не только пойм, но и других прилегающих к рекам пониженных территорий. В качестве примера можно привести последствия зажора на р. Лене, в результате которого были затоплены значительные территории Якутии, включая город Ленск и другие селения. Ещё большую опасность представляют прорывы этих заторов и зажоров, вследствие чего образуются волны прорыва, движущиеся с большими скоростями и несущие массы воды и битого льда и причиняющие большой материальный ущерб. В качестве примера можно привести прорыв зажора, образовавшегося на р. Неве в районе Санкт-Петербурга выше железнодорожного моста. В результате были срезаны верхние части 40-метровых железобетонных свай-оболочек, используемых при строительстве одной из опор моста Александра Невского.

Следует отметить, что зажоры и заторы обычно образуются в местах расположения перекатов и особенно лимитирующих. Последние при интенсивном судоходстве обычно разрабатываются, т.е. углубляются, тем самым ликвидируются условия образования зажоров. Причиной же катастрофы на р. Лене явилось то, что в период «перестройки» резко уменьшилось судоходство, и из-за отсутствия финансирования Бассейновые управления перестали разрабатывать перекаты.

Другой пример касается попусков из Красноярского водохранилища. Как известно, наибольшее потребление энергии, особенно в Сибири, происходит в зимний период. Поэтому, когда из Красноярского водохранилища через турбинные тракты был сброшен наибольший расчётный расход воды в  $4500 \text{ м}^3/\text{с}$ , на нижней кромке полыньи образовался зажор. Прорыв последнего привёл к образованию волны прорыва, затопившей несколько деревень и посёлков при температуре воздуха ниже  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ , что привело к большому материальному ущербу.

Встаёт вопрос, возможен ли в таких случаях достоверный прогноз, который мог бы в значительной степени уменьшить материальный ущерб и в ряде случаев сохранить человеческие жизни? Считаем, что ответ может быть положитель-

ным, но при наличии достаточной сети гидрологических и метеорологических постов. К сожалению, ведомственная сеть постов Росгидромета не удовлетворяет этим требованиям, к тому же она недостаточно обеспечена высококвалифицированными кадрами, в частности, инженеров-гидрологов.

Важными для расчётов русловых деформаций, обеспечивающих надёжность работы многих гидротехнических сооружений, являются сведения о расходах донных наносов и, в частности, для расчётов деформаций общего и местного размывов при проектировании и строительстве мостов, водозаборов и других сооружений. К сожалению, необходимая надёжная информация о них фактически отсутствует. Это обусловлено тем, что наблюдения за стоком донных наносов на сети Росгидромета не производятся. Точнее, они были прекращены в середине 60-х годов прошлого столетия из-за отсутствия надёжных методов и приборов для их измерения. Высокая потребность в информации о них и отсутствие надёжных натуральных данных обусловило разработку свыше 200 формул и методов для расчётов расходов донных наносов [3]. Эти формулы были получены по данным лабораторных экспериментов в узких лотках. Учитывая, что большинство рек России равнинные, имеющие широкие поймы, служащие для пропуска паводий и паводков, основная масса наносов на них проходит именно в периоды паводков и половодий. При движении таких потоков возникает так называемый эффект взаимодействия руслового и пойменного потоков [1], приводящий к значительной трансформации полей скоростей взаимодействующих потоков. К сожалению, этот эффект, вскрытый в 50-х годах прошлого столетия, не учитывается ни в одной из расчётных формул. Именно это является одной из причин их низкой эффективности.

Необходимо отметить ещё один из факторов риска, который можно проиллюстрировать на примере разрушения одной из опор моста через р. Кубань (в 7 км от г. Черкесска) при пропуске паводка, близкого к 1 %-ной обеспеченности. Пролёты между несколькими опорами моста были забиты различными поступающими сверху объектами (20-метровые стволы деревьев, карчи и др.). В результате образовался сосредоточенный поток, с расходом воды в 345 м<sup>3</sup>/с, превышающий расчётный ( $\approx 200$  м<sup>3</sup>/с) примерно в 1,5 раза, направленный на одну из опор моста (№ 6). Это привело к разрушению основания опоры и, как следствие, к её просадке примерно на 0,4 м и соответственно к разрушению полотна дороги (см. рис.).

По-видимому, в этом случае ответственность за разрушение опоры моста в основном ложится на антропогенный фактор. Действительно, обслуживающие службы должны были принять соответствующие меры по очистке пролетов моста. Вторым фактором следует считать то, что в данном случае максимальный расход воды, составлявший 1700 м<sup>3</sup>/с на 400 м<sup>3</sup>/с, превышал величину расчётного 1 %-ного расхода.

В то же время катастрофический паводок 2002 г., имевший по данным сотрудников ГГИ значительно больший максимальный расход воды, существен-

ного вреда мосту не причинил. Это ещё раз подтверждает ответственность антропогенного фактора.



Фрагмент моста через р. Кубань. Вид на опору № 6 после катастрофического паводка в июле 2008 г.

Особенно большие риски возникают при разработке русловых карьеров. Последние служат для добычи аллювия, состоящего из песка, гальки, гравия и др. и, как правило, располагаются в непосредственной близости от строящихся объектов и довольно часто непосредственно на территории городов и посёлков. При этом создаётся большая экономия на транспортных расходах. В то же время разработка карьеров сопровождается и негативными процессами. Основным из них является посадка уровня, величина которой может достигать нескольких метров. Так, на р. Томи у г. Томска величина посадки уровня достигла 2,8 м, а на р. Стрый – 5 м [2]. Обычно разработка карьера начинается с выпуклых форм рельефа речного русла (перекатов, островов, осередков, побочней и др.), представляющих существенное сопротивление движению речного потока. Только после их сработки происходит разработка пониженных частей русла, т.е. его дна. При этом формируется углубление на дне русла, которое в силу гидравлических условий его обтекания и частичного занесения донными наносами, перемещается вниз по течению реки.

Эти два негативных фактора обычно приводят к большим экономическим ущербам за счёт обнажения водозаборов и водовыпусков, ухудшения судоходных условий, разрушения набережных, пристаней и др. Особенно большой вред наносится экологии окружающей среды. В качестве примера можно привести ранее экологически чистую набережную р. Томи в районе г. Томска, когда после обнажения водовыпуска все сбросы канализации отлагались на берегу реки.

В этой небольшой статье приведены результаты анализа только некоторых гидрологических рисков, с которыми сталкиваются проектировщики гидротехнических сооружений. Как вытекает из проведённого анализа, многие из них можно предусмотреть и частично или полностью нейтрализовать ещё на стадии проектирования, безусловно обладая соответствующими знаниями и необходимой натурной информацией.

### ***Литература***

1. *Барышников Н.Б.* Динамика русловых потоков. – СПб.: РГГМУ, 2007. – 347 с.
2. *Барышников Н.Б.* Русловые процессы. – СПб.: РГГМУ, 2008. – 438 с.
3. *Копалиани З.Д., Костюченко А.А.* Расчёты расхода донных наносов // Сб. работ по гидрологии, № 27. – СПб.: Гидрометеиздат, 2004, с. 25-40.