

УДК 627.8

ВЛИЯНИЕ АБРАЗИОННО-ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН ВОДОХРАНИЛИЩ БЕЛАРУСИ

канд. техн. наук, доц. В.Е. ЛЕВКЕВИЧ, С.М. ПАСТУХОВ
(Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь, Минск)

Исследуется влияние абразионно-эрозионных процессов на трансформацию прибрежных зон водохранилищ Беларуси. Рассмотрены возможные варианты допустимого риска от техногенного воздействия на природную среду.

В период 1960 – 1990 годов в бывшем СССР, в том числе и в Беларуси, было построено большое количество различных народнохозяйственных объектов, включая водохранилища и пруды. Водоохранилищ было построено более 170 единиц [1 – 4].

Как показал анализ, большинство малых водохранилищ республики (79 ед.) имеют полный объём от 1 до 5 млн. м³; 39 – объём до 100 млн. м³ и 7 – более 100 млн. м³.

Из всех водохранилищ, входящих в водохранилищный фонд республики, 43 используются комплексно: для орошения, рыбного хозяйства, водоснабжения (Погост, Локтыши, Селец и др.); остальные, главным образом, для целей мелиорации (Петровичское, Дубровское, Любашевское, Днепро-Брагинское и пр.); рыбного хозяйства (Любанское, Красная Слобода, Локтыши, Селец и др.); водоснабжения (Дрозды, Чижовское, Осиповичское), рекреации (Заславское, Лепельское, Криницы, Волковичи, Вяча, Головное и др.).

Более подробно основное назначение водохранилищ представлено на диаграмме (рисунок).

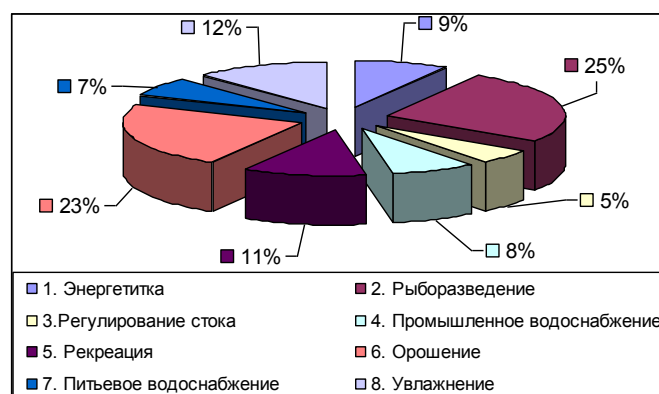


Диаграмма распределения водохранилищ Республики Беларусь по хозяйственному использованию

Из приведённых данных видно, что малые водохранилища несут значительную народнохозяйственную нагрузку. Пользователи традиционные, однако их количество по сравнению с крупными водохранилищами более ограничено – отсутствует такая отрасль, как водный транспорт, менее развита энергетика. В условиях малых водохранилищ преобладает сезонное регулирование стока, которое определяется их хозяйственным использованием.

Многочисленные исследования берегов водохранилищ Республики Беларусь, проведенные в БПИ, НИИ мелиорации и луговодства, ЦНИИКИВР, Институте экономики НАН Беларуси, БГУ (1954 – 2005), показали, что при общей их длине в 1500 км около 320 км подвержены абразии (В.Е. Левкевич, 1998, 2002) и требуют проведения восстановительных и берегозащитных мероприятий. Развитие абразионных процессов вызывает активизацию вторичных отрицательных явлений (овражной эрозии, оползней, суффозионного выноса и карста), которые также увеличивают площадь отторгаемых земельных угодий и вызывают трансформацию (плановую и профильную) береговой зоны водных объектов. На сегодняшний день площадь отторгнутых земель составляет около 5000 га. Разрушение берегов ведёт к спрямлению береговой линии в плане за счёт срезки мысов и занесения заливов продуктами размыва, а движение наносов вдоль берега способствует образованию аккумулятивных форм, которые осложняют эксплуатацию водозаборов, донных водовыпусков, насосных станций [5 – 9].

На водохранилищах Беларуси абразия – переработка берегов – чаще всего наблюдается в нижней, приплотинной, наиболее глубокой части водоёма, причём протяжённость абразионных берегов в услови-

ях водохранилищ может составлять до 30 % береговой линии. На таких водохранилищах наиболее распространены абразионные берега трёх типов:

- абразионно-осыпного (при наличии несвязанных, песчаных грунтов);
- абразионно-обвального (при преобладании связных грунтов);
- абразионно-оползневого (при сочетании связных и несвязных почв).

Наиболее подверженными процессам абразии на искусственных водных объектах являются верховые незакреплённые откосы земляных плотин и дамб. Именно они воспринимают максимальные усилия от волнового воздействия и течения, а также от ледяных торосов в весенний период времени. Верховые откосы несут основную ответственность как за безопасность плотины, так и всего водохранилища в целом, а протекающие на них абразионно-эрозионные процессы могут снижать надежность их функционирования. Критической точкой влияния данных процессов является возникновение гидродинамической аварии с образованием волн прорыва, катастрофических затоплений и прорывного паводка. Отличительной особенностью развития процесса абразии на искусственных водных объектах по сравнению с естественными является то, что процесс проявляется локально, нанося вред отдельным участкам прибрежных зон: правобережной и левобережной частям плотины, в месте примыкания плотины к коренному берегу, а также на участке сопряжения земляной плотины с водосбросом.

Таким образом, при изучении абразионно-эрозионных процессов берегов и их влияния на эксплуатацию водохранилищ можно сделать вывод, что такие процессы способны вызвать серьёзные нарушения, а именно: стать источником возникновения гидродинамических аварий и привести к значительному нарушению условий жизнедеятельности населения, проживающего в зоне влияния данных водных объектов и окружающей природной среды.

Комплексная мелиорация территории региона привела к созданию сети различного масштаба водных объектов. Одних только водохранилищ на территории Республики Беларусь было построено около 70, а в настоящий момент их насчитывается около 200 единиц. Суммарный объем аккумулированной в них воды составляет около 3,0 млн. км³, а площадь водного зеркала – более 800 км² (В.М. Широков, В.Н. Пидопличко, 1992). Протяженность береговой линии водохранилищ составляет более 1200 км (В.Е. Левкевич, 1995). Кроме водохранилищ, в республике в этот период было создано большое количество прудов – водных объектов, имеющих объем до 1,0 млн. м³. Количество водоемов этого типа составляет около 10000 единиц. Плотность расположения этих водоемов резко различается по территории Беларуси и приурочена к определенным регионам и водным бассейнам (И.И. Кирвель, В.М. Широков, П.С. Лопух, 1989). По истечении проектного срока службы указанных выше типов водных объектов, а он уже завершается, необходима замена технологического оборудования либо капитальный ремонт основных сооружений. Но в настоящее время средств не хватает даже на текущий ремонт. По современным оценкам в аварийном состоянии находятся около 30 % гидротехнических сооружений; изношенность металлоконструкций и водосбросных сооружений достигает 80 %, крайне изношено энергетическое оборудование малых гидроэлектростанций республики. Все это ведет к повышению экологической напряженности и повышению вероятности возникновения риск-ситуаций природно-техногенных и техногенных аварий. В 1970...1992 годах рост числа техногенных и природно-техногенных аварий был близок к 15 % в год, в 1993...1994 – к 20...30 % в год. Видимо, этот темп роста сохранится и в ближайшие годы. Обеспечение нормального функционирования инфраструктуры региона, каковым является Беларусь, возможно лишь при решении комплекса экономических, политических, социальных, технических, а также экологических проблем. В современных условиях на первое место выходят задачи экологической оценки и прогноза развития негативных процессов, проблемы прогноза риск-ситуаций которые необходимо решать для оперативного управления регионом и обеспечения его экологической безопасности.

В результате выполненных нами исследований была проведена оценка природных рисков на берегах водохранилищ республики (более 75 единиц) и прудов (около 30 единиц) с учетом сложности и многофакторности учитываемых процессов и региональных особенностей объектов, каковыми являются водохранилища и пруды, а также выявлены региональные закономерности развития основных рискообразующих процессов (абразии, эрозии, карста, оврагообразования и т.д.), их масштабов с последующей визуализацией результатов оценки состояния территории на основе карт распространения абразионных и эрозионных рисков. В качестве исходной информации в исследованиях использовались фондовые и опубликованные материалы, данные аэрофотосъемок, а также материалы полевых обследований ряда объектов Беларуси. Основная информация, используемая для оценки, а затем для пространственного прогноза риск-процессов, сконцентрирована в соответствующей базе данных информационно-прогнозной системы (ДИПС) (В.Е. Левкевич, 2003, 2004).

В настоящее время отсутствует какая-либо единая методика оценки экономических последствий возможных риск-ситуаций на потенциально опасных водных объектах. В зависимости от решаемых задач и от специфических особенностей источника и объекта опасности показателями риска опасных природных и техногенных процессов могут выступать: *вероятность (повторяемость) негативных собы-*

тий, возможный ущерб или комбинированная (интегральная характеристика) ущерба и повторяемости риск-ситуаций. Применительно к опасным природно-техническим процессам ОПТП «риск» трактуется как вероятностная мера опасности, установленная для определенного объекта (субъекта) в виде возможных потерь за определенное время.

С учетом сказанного риск негативного события (аварии), обусловленного опасностью, и основная формула для уточненной оценки экономического риска разрушения объектов опасностью H имеет вид [10]:

$$R_0(H) = P(H) V_m(H) V_e(H) D_e, \tag{1}$$

где $V_m(H) = n_1 n^{-1}$ – степень уязвимости (вероятность разрушений) объектов при событии H ; n_1 – стоимость восстановления разрушенных или пораженных объектов и площадей земель, требующих реабилитации; n – общее количество; D_e – общая стоимость объектов с определенной степенью повреждений в зоне поражения.

Рассмотрим возможные варианты допустимого риска от техногенного воздействия на природную среду. В качестве предмета исследования примем водное хозяйство страны, в частности напорные сооружения: плотины и дамбы, возведение которых на водотоках ведет к образованию водохранилищ различных линейных размеров. Как уже указывалось выше, на территории Беларуси в настоящее время создано большое количество водохранилищ и прудов. По опубликованным данным рекомендуемые величины допустимого удельного материального риска от гидротехнического строительства должны составлять 0,5 долл./год-га, что соответствует практике допустимого риска для стран Западной Европы. Анализ же фактических данных по авариям на мелиоративных объектах и гидротехнических сооружениях страны, а также опубликованные данные по Российской Федерации показывают, что фактический материальный ущерб линейно возрастает с ростом площади опасной зоны гидроузла. При этом величина удельного материального риска для отдельных гидроузлов уменьшается по мере роста площади опасной зоны. Если для ранжирования площадей опасной зоны использовать в первом приближении площадь зеркала водохранилищ (прудов), то можно определить фактические величины материального риска и экономического ущерба на окружающую природную среду при аварии на гидроузле и затоплении нижележащих территорий. Используя при этом результаты натурных наблюдений и исследований за влиянием водохранилищ и прудов на окружающую природную среду и прогнозируя развитие таких негативных явлений, как абразия и эрозия береговых склонов, имеющих наибольшее распространение, можно оценить масштаб и риск аварий от их развития (табл. 1, 2), а также величину ущерба от возникновения абразионного риска, например, для абразионного склона оползневого типа:

$$R_3 = S_{он-ср} N_{он} m_y K_p / S T, \tag{2}$$

где R_3 – величина экономического риска, руб./га-год; $S_{он-ср}$ – средняя площадь тела оползня, га; S – суммарная площадь оползнеопасной территории, га (может частично охватывать площадь застройки, для которой оценивается риск); $N_{он}$ – число оползней на участке абразионного (размываемого) берегового склона, возникающих в течение периода продолжительностью T (лет) на площади S ; m_y – средняя удельная стоимость зданий (сельхозземель), руб./га; K_p – коэффициент разрушаемости (уязвимости) зданий при развитии абразии и оползня или коэффициент размываемости грунтового откоса (безразмерный). Определив таким образом величину R_3 , переходим к определению экономического ущерба от потерь земельных угодий, сноса и переноса зданий и сооружений, а также потерь лесных массивов. В республике процесс переноса зданий и сооружений (жилых и хозяйственных построек) из зоны разрушения береговых склонов, подтопления и других негативных процессов получило достаточно широкое распространение: Заславское водохранилище (1956 – 1978); Осиповичское водохранилище (1965 – 1970); Тетеринское и Чигиринское водохранилища (1965 – 1978); Краснослободское, Солигорское, Вилейское водохранилища (1972 – 1989) и ряд других.

Таблица 1

Величины удельного материального риска для гидроузлов различного масштаба

Вид гидроузлов	Удельный материальный риск для отдельных гидроузлов, $R^r_{мр}$, долл./год-га	
	Риск аварий	Риск аварий в результате развития опасных геологических процессов
1. Гидроузлы с малыми водохранилищами и прудами площадью зеркала менее 200 га	185	110
2. Гидроузлы с небольшими водохранилищами и прудами площадью зеркала менее 200... 2000 га	130	80
3. Гидроузлы со средними водохранилищами площадью зеркала менее 2 до 10 тыс. га	115	70

Таблица 2

Типизация берегов и водохранилищ Беларуси по степени опасности процесса абразии
(В.Е. Левкевич, 1998, 2004)

Тип опасности	Удельные объемы переработки, тыс. м ³ /км·год	Пораженность береговой линии процессом абразии, %	Скорость отступления берега, м/год	Удельные потери земель, га/км·год
Очень опасный	более 1000	50...70	Более 1,2	более 10
Опасный	500...1000	30...45	1,0...1,2	5...10
Умеренно опасный	200...450	15...25	0,5...0,7	1,0...4,5
Мало опасный	менее 150	5...10	0,1...0,3	до 1,0

Предложенные выше соображения по определению риска и ущерба от проявления абразионно-эрозионных процессов на водных объектах страны носят обобщающий региональный характер.

Как видно на примере лишь одного из природных рисков, имеющих место на техногенных объектах, каковыми являются искусственные водные объекты – водохранилища и пруды, демонстрируется принципиальная возможность прогнозирования рисков с учетом возникновения возможных ущербов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водоохранилища. – М., 1987. – 328 с.
2. Озера Белоруссии / О.Ф. Якушко, И.А. Мысливец, А.Н. Рачевский и др. – Мн., 1988. – 216 с.
3. Широков В.М., Макрицкий А.М. Вопросы прикладной геоморфологии. – Мн., 1988. – 47 с.
4. Левкевич В.Е. Вопросы эксплуатации осушительно-увлажнительных систем. – Мн., 1983. – 110 с.
5. Левкевич В.Е. Рекомендации по прогнозированию переработки абразионных берегов малых равнинных водохранилищ, сложенных несвязными грунтами. – Мн., 1984. – 40 с.
6. Широков В.М., Лопух П.С. Формирование малых водохранилищ гидроэлектростанций. – М., 1986. – 144 с.
7. Левкевич В.Е., Лопух П.С. // Вести. Белорус. ун-та. Сер. 2: Химия. Биология. География. – 1986. – № 1. – С. 58.
8. Левкевич В.Е., Макрицкий А.М. Динамика береговых процессов на водохранилищах озерного типа // Вестник БГУ. Сер. 2. – 1989. – № 3. – С. 58 – 61.
9. Левкевич В.Е., Лопух П.С. Использование схем-аналогов при моделировании аккумулятивных форм рельефа береговой зоны малых водохранилищ // Вестник БГУ. Сер. 2. – 1990. – № 3.
10. Левкевич В.Е. Экологический риск – закономерности развития, прогноз и мониторинг. – Мн.: Право и экономика, 2004. – 152 с.