

**ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ  
ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ИСКУССТВЕННЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ**

**В.Е. Левкевич**, кандидат технических наук

**А.В. Бузук**, магистрант

**В.В. Кобяк**, адъюнкт

ГУО «Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

**Ключевые слова:** абразия, берегозащитное сооружение, мелиорация, искусственный водный объект

**Введение**

На современном этапе развития Республики Беларусь все более актуальной задачей становится восстановление объектов мелиорации и, в частности, водохранилищ мелиоративного назначения. С вводом в эксплуатацию новых водохозяйственных объектов остро встает проблема защиты населения, территории, окружающей среды от опасных факторов, приводящих к возникновению чрезвычайных ситуаций гидрологического характера вследствие повреждений и разрушений защитных сооружений. Данной проблематикой, как в нашей стране, так и за рубежом занимались и занимаются в настоящее время ряд исследователей: Б.А. Пышкин, Ф.П. Саваренский, В.Г. Качугин, П.М. Чистяков, Е.М. Левкевич, Г.П. Сапожников, В.Н. Юхновец, В.Ф. Саплюков, Е.С. Ленартович, Г.М. Базыленко, П.С. Лопух, В.М. Широков, В.М. Сундуков, М.Я. Прыткова и др.

По данным 50-летних гидрологических наблюдений в верхней части Припятского бассейна, каждые 7 лет реки характеризуются выходом воды на пойму и затоплением сельскохозяйственных земель и населенных пунктов в летне-осенний период. В районе г. Турова за тот же период наблюдений 32 года характеризовались выходом воды на пойму и ее поверхность затапливалась слоем до 1 м продолжительностью от 3 до 70 дней, максимальная продолжительность затопления пойменных территорий р.Припяти достигает 235 дней.

**Общие сведения о процессе абразии на защищенных и незащищенных берегах**

В табл.1 приведены данные по защитным сооружениям мелиоративных систем и насосным станциям, нуждающимся в реконструкции и ремонте (по данным МЧС).

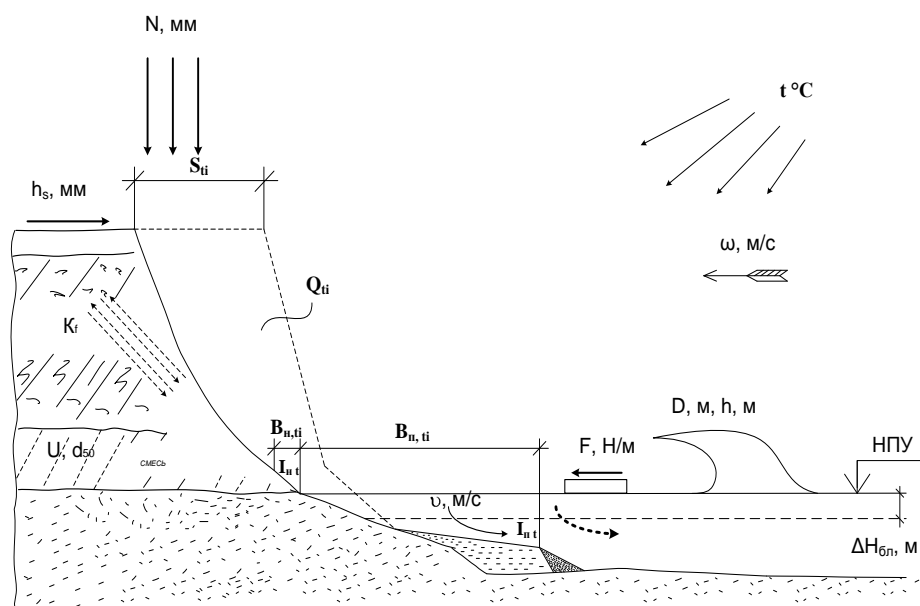
Основные факторы, влияющие на устойчивость защитных сооружений берегов водохранилищ, можно разделить на следующие группы: геологические, климатические, гидрометеорологические, геоморфологические, биологические и др. Данные группы факторов оказывают наиболее сильное воздействие на береговую линию водохранилищ, их защитные сооружения и характеризуются следующими показателями: мощность

**Таблица 1. Нуждаемость в реконструкции и ремонте мелиоративных систем и их сооружений**

Область	Площадь реконструкции мелиоративных систем, тыс. га	Ограждающие дамбы, км		Насосные станции, сооружения, км	
		нуждаются в реконструкции	требуют ремонта	нуждаются в реконструкции	требуют ремонта
Брестская	215,4	55	1063	23	83
Гомельская	147,4	14	210	13	45
Минская	63,4	10	370	11	21
Итого	426,2	79	1643	47	149

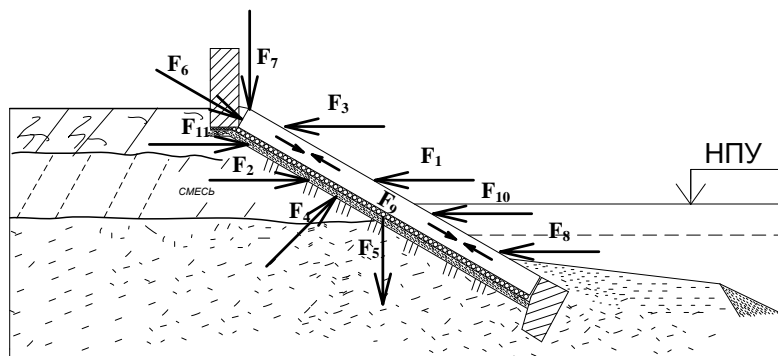
четвертичных отложений, физико-химические свойства грунтов, суффозионно-карстовые явления, просадки, избыточное увлажнение, выветривание, волновой, уровеньный и ледовый режимы, волновые и стоковые течения, вдольбереговое движение наносов, оврагообразование, склоновые процессы, рельеф подводного берегового склона, высота берега над зеркалом водохранилища, форма береговой линии [1].

На рис.1 представлены факторы и условия в виде схемы. Кроме факторов, указанных на рис. 1, на берегозащитное сооружение действует совокупность сил, показанных на рис. 2.



$N$  – количество осадков, мм;  $h_s$  – величина склонового стока, мм;  $\omega$  – скорость ветра, м/с;  $u$  – скорость вдольбереговых течений, м/с;  $t$  – температура окружающей среды, °С;  $F$  – ледовое воздействие, Н/м;  $D$  – длина волны, м;  $h$  – длина разгона волны, м;  $\Delta H_{бп}$  – уровеньный режим водохранилища, м;  $K_f$  – коэффициент фильтрации;  $U$  – коэффициент неоднородности грунта;  $d_{50}$  – средний диаметр частиц грунта, м

**Рис. 1. Принципиальная схема воздействия берегоформирующих факторов на береговой склон**



$F_1$  – давление воды на поверхности сооружения и основания;  $F_2$  – силовое воздействие фильтрующей воды;  $F_3$  – волновое давление;  $F_4$  – поровое давление;  $F_5$  – собственный вес сооружения;  $F_6$  – вес грунта;  $F_7$  – боковое давление грунта;  $F_8$  – давление наносов;  $F_9$  – нагрузки от предварительного напряжения конструкций;  $F_{10}$  – ледовые нагрузки;  $F_{11}$  – усилия от температурных и влажностных воздействий, принимаемых по справочным и литературным данным

**Рис. 2. Совокупность сил, действующих на берегозащитное сооружение**

Развитие и затухание процесса абразии происходит поэтапно. На рис. 3 в виде блок-схемы приведено развитие процесса абразии. Необходимо учитывать, что на любом из первых трех этапов процесса абразии может выработаться профиль устойчивого равновесия и произойти затухание процесса, т.е. переход процесса к четвертому этапу. Длительность этапов для различных искусственных водных объектов разная и зависит от геоморфологических параметров водохранилища. Берегозащитные сооружения на берегах искусственных водных объектов, подвергающихся переработке – абразии, применяются для замедления либо остановки процесса абразии. Но на устойчивость данных сооружений, кроме факторов, воздействующих на них со стороны водохранилища, влияют и собственные физические параметры, и прочностные характеристики. Берегозащитные сооружения защищают берег или плотину от различной совокупности сил, воздействие которых зависит от места расположения сооружений [2].

При движении водного потока вдоль берега и берегозащитных сооружений происходит вымывание грунта и перенос потоком наносов ниже по течению. Вода также поступает в щели, образованные поперечными швами между отдельно лежащими плитами, и продолжает движение под плитами. При этом наблюдается перераспределение расходов: поверхностный уменьшается, а донный увеличивается. Нарушение устойчивости плит происходит за счет сдвигающей гидродинамической нагрузки, вызванной условиями обтекания плит [3].

#### **Предпосылки к оценке устойчивости берегозащитных сооружений водохранилищ**

Для оценки общей устойчивости берегозащитных сооружений и разработки более

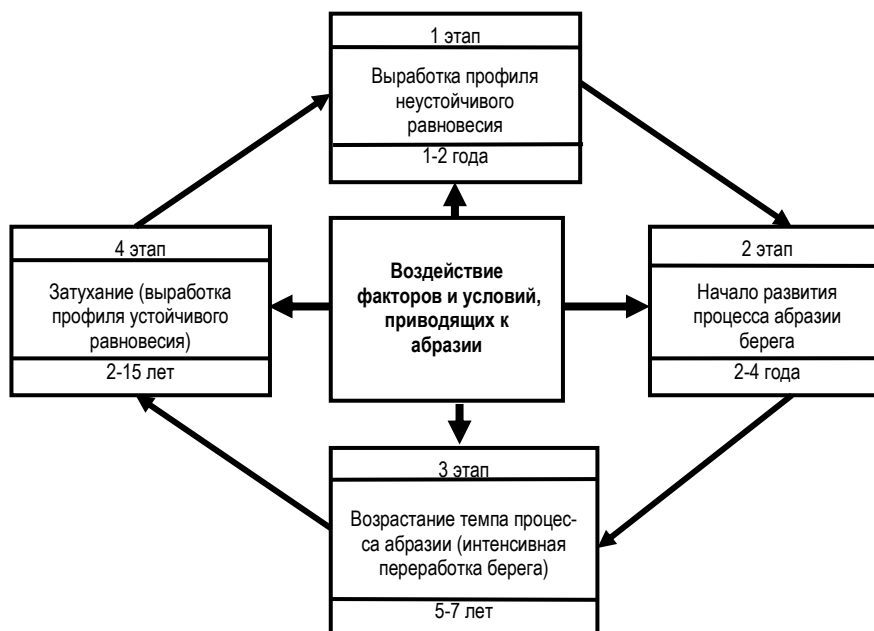


Рис. 3. Схема процесса абразии

совершенной методики по их расчету необходимо учитывать факторы, приводящие к абразии и деформации береговых склонов, верховых откосов дамб и плотин, а также статические и гидродинамические нагрузки, действующие на берегозащитные сооружения в комплексе.

При исследовании процессов переработки береговой линии на искусственных водных объектах различными авторами было разработано и предложено более 60 методов прогнозов, которые разделены на четыре группы [4]:

**1) Вероятностно-статистический** (Е.М. Левкевич, В.М. Широков, Е.С. Ленартович, П.С. Лопух, В.Е. Левкевич и др.).

**2) Натурных аналогий** (Е.К. Гречищев, Б.В. Поляков, Г.С. Золотарев, Ф.П. Саваренский, В.Л. Буллах, Л.Б. Розовский, Б.А. Пышкин и др.).

**3) Энергетические** (Е.Г. Качугин, Н.Е. Кондратьев, В.М. Широков, П.С. Лопух и др.).

**4) Графоаналитические** (Г.С. Золотарев, Д.Б. Розовский, В.М. Широков, Л.Н. Каскевич и др.).

Также в данном направлении проводились и проводятся исследования различными институтами, такими как ЦНИИКИВР, БНТУ, БГУ, БелНИИМиВХ, ВНИИДАР "ВОДГЕО", ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, Институт географии РАН и др.

При рассмотрении вопроса устойчивости берегозащитных сооружений на искусственных водных объектах необходимо пользоваться сразу несколькими методами: вероятностно-статистическим и энергетическим.

Таблица 2. Морфометрические показатели водохранилищ

Водохранилище	Река	Расстояние от устья до створа плотины	Тип водохранилища	Вид регулирования	Объем, млн. м <sup>3</sup>		Площадь зеркала водохранилища при НПУ, км <sup>2</sup>	Средний годовой сток за многолетний период, млн. м <sup>3</sup>
					полный	полезный		
Тетеринское	Друть	235	Русловое	Сезонное	13,8	8,1	4,6	166,0
Чигиринское	Друть	78	Русловое	Сезонное	62,6	11,9	23,4	735

На объектах мелиорации (малые водохранилища, пруды, каналы) наблюдаются такие же воздействия факторов процесса абразии на защищенный и незащищенный участок береговой линии, как и на средних водохранилищах. Поэтому возможен перенос оценочных критериев степени повреждения береговой линии и берегозащитных сооружений водохранилищ на объекты мелиорации.

С целью обследования состояния напорных верховых откосов и их креплений к коренным берегам водохранилищ в верхнем бьефе, участков берегозащитных сооружений водохранилищ, наиболее подверженных разрушениям, в осенний период 2007 г. проведено натурное обследование Чигиринского и Тетеринского водохранилища, расположенных в каскаде на р.Друть. Обследование проводилось в безледный период и по его результатам произведена оценка состояния берегозащитных сооружений в нижнем и в верхнем бьефах водохранилищ.

Основные морфометрические показатели Чигиринского и Тетеринского водохранилищ приведены в табл. 2 [5].

На берегозащитное сооружение, кроме вышеуказанных факторов, действуют и другие причины, основными из которых являются плохое укрепление швов при монтаже и ремонте сооружений, а также некачественное выполнение гравийной подушки под сооружением, что может вызвать нарушение нормального функционирования защиты берега, и под воздействием факторов процесса абразии – вынос гравия и грунта. Причины в совокупности с факторами процесса абразии приводят к повреждению либо разрушению берегозащитных сооружений. Это, в свою очередь, увеличивает интенсивность выноса гравия и грунта и при несвоевременном ремонте ведет к разрушению берега либо плотины и возникновению чрезвычайной ситуации.

### **Заключение**

Таким образом, при проведении натуральных исследований необходимо учитывать следующие параметры и факторы: материал, из которого выполнено берегозащитное сооружение; характер основания, на которое уложено берегозащитное сооружение; силы, воздействующие на берегозащитные сооружения (волновое давление, уровенный режим, строение и параметры берега, способ укладки берегозащитного сооружения, вдольбереговые течения). Кроме вышеуказанного, планируется учитывать возможность развития процесса абразии на примыкающих к берегозащитным сооружениям участках.

### **Литература**

1. Рекомендации по оценке воздействия малых водохранилищ на окружающую среду / В.М. Широков [и др.]; под общ. ред. В.М. Широкова. – Минск: БГУ, 1994. – 112 с.
2. Водоохранилища Белоруссии: природные особенности и взаимодействие с окружающей средой / В.М. Широков [и др.]; под общ. ред. В.М. Широкова. – Минск: Университетское, 1991. – 208 с.
3. Сурма, Н.В. Устойчивость плит крепления нижних бьефов водосборных сооружений мелиоративных систем: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 06.01.02 / Н.В. Сурма; НИИ мелиорации и водного хозяйства. – Минск, 1986. – 22 с.
4. Широков В.М. Формирование берегов малых водохранилищ лесной зоны: монография / В.М. Широков, П.С. Лопух, В.Е. Левкевич; под ред. В.М. Широкова. – Санкт-Петерб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 161 с.
5. Водоохранилища Беларуси: справочник / М.Ю.Калинин [и др.]; под общ. ред. М.Ю. Калинина. – Минск, 2005. – 182 с.

### **Summary**

Levkevich V. , Busuk A., Kobyak V. **Causes of Stability Failure of Protective Constructions within Artificial Water Objects**

Examined: The factors resulting in abrasion process, their influence onto the coast line of artificial water objects (including protection areas). Analysed: The influence of totality of forces from the direction of water basin and the coast onto the coast protective constructions. Presented: The assessment methods of working up of the coast line on artificial water objects and the causes deteriorating the stability of coast protecting constructions.

*Поступила 26 мая 2008 г.*