

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ГИДРОЛОГО- ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ АБРАЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВОДОХРАНИЛИЩ БЕЛАРУСИ

Кобяк В.В.

Учреждение образования «Командно-инженерный институт МЧС» Республики Беларусь, г. Минск, РБ, valkobkii@gmail.com

Changing the hydrologic conditions of reservoir objects leads to renewal of abrasion risk-processes. The similarity criteria were developed to predict abrasion risk-processes on the different types of reservoir objects. The boundary conditions for the similarity criteria were specified.

Введение

В данной работе на основании полученных результатов натурных и лабораторных исследований разработаны и уточнены критерии гидролого-геоморфологического подобия для прогнозирования абразионных риск-процессов на водохранилищах различного типа методом природных аналогов. Уточнены граничные условия применимости критериев подобия.

Разработка критериев гидролого-геоморфологического подобия

При прогнозировании абразионных процессов (далее риск-процессов) на водохранилищах Беларуси Левкевичем В.Е. был разработан метод натурального гидро-морфологического подобия [1–3], который предлагается применять для водохранилищ руслового типа. При выводе критериев подобия им не учитывалось ряд характеристик, которые влияли на ход развития и протекания риск-процессов в условиях водохранилищ, создающихся и планируемых на базе озер для целей гидроэнергетики. В связи с этим в период с 2004 по 2010 гг. были проведены детальные натурные и лабораторные исследования для уточнения данных, входящие в критерии подобия, которые будут рассмотрены ниже.

Изменение гидрологических условий водоема ведет к трансформации его морфометрических характеристик: площади, объема, длины, средней глубины и т.д. Поэтому один из морфометрических критериев будет иметь следующий вид:

$$M_{KH} = \frac{D_p + kD'_p}{\bar{h}_D + \Delta A'} \quad (1)$$

где D_p – расчетная длина разгона волны до изменения уровенного режима, м;

D'_p – расчетная длина разгона волны после изменения уровенного режима, м;

\bar{h}_D – средняя глубина по длине разгона волны до изменения уровенного режима, м;

$\Delta A'$ – высота поднятия уровня воды после изменения гидрологического режима (реконструкции) водного объекта, м;

k – коэффициент, определяемый как отношение площади водоема после затопления к площади до затопления.

Расчетная длина разгона волны после дополнения гидрологических условий вычисляется следующим образом:

$$D'_p = (\Delta A' + \overline{h_D}) \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (2)$$

где $\Delta A'$ – высота поднятия уровня воды, м;

α – угол наклона подводной части отмели.

Следующий гидрологический критерий с учетом изменения уровня воды описывается зависимостью вида:

$$M'_{KH} = \frac{\Delta A}{H_{гл} + \Delta A'}, \quad (3)$$

где $H_{гл}$ – высота поднятия уровня воды, м;

ΔA – амплитуда колебания воды в безледный период, м.

На масштабы риск-процессов наряду с гидрологическими условиями (колебания уровня, ветровое волнение) влияют характеристики грунтов, подверженных размыву – диаметр частиц и коэффициент неоднородности [4]. В пределах водохранилищ Беларуси данный показатель варьируется в пределах от 2,3 до 8. Обработка результатов натуральных наблюдений по репрезентативным участкам и их сравнение с [4] установила, что с увеличением коэффициента неоднородности грунта при одинаковых морфометрических характеристиках берегового склона процесс переработки уменьшается. Поэтому при выводе одного из геоморфологического критерия подобия авторам учитывался коэффициент неоднородности грунта:

$$M_{kd} = \frac{H}{d_{50}^{СК}} \eta, \quad (4)$$

где $H_{СК}$ – высота склона, м;

d_{50} – средневзвешенный диаметр частиц, м;

η – коэффициент неоднородности грунта.

На интенсивность и масштабы процессов переработки коренных берегов влияет ширина подводной части отмели и глубина на внешнем краю отмели, что подтверждают результаты натуральных и лабораторных исследований. С увеличением ширины и уменьшением глубины на внешнем краю отмели риск-процессы постепенно стабилизируются. Геоморфологический критерий подобия имеет вид:

$$M_{KB} = \frac{B_{II}}{H_{гл}}, \quad (5)$$

где B_{II} – ширина подводной части отмели, м;

$H_{гл}$ – глубина на внешнем краю отмели, м.

Критерий гидрологического подобия имеет две модификации. В первом случае в работах [1,3] не учитывалась повторяемость активных уровней воды и обеспеченность максимальной высоты волны. Поэтому данный критерий имеет вид:

$$M_{KA} = \frac{vP \cdot h_{1-5\%}}{A P \cdot \Delta A}, \quad (6)$$

где vP – повторяемость активных уровней, %;

$A P$ – обеспеченность максимальной высоты волны, %;

$h_{1-5\%}$ – высота волны 1–5% обеспеченности, м;

ΔA – амплитуда колебания воды в безледный период, м.

Во втором случае при сравнении результатов лабораторных и натуральных исследований было установлено, что характер отступления береговой линии зависит от высоты поднятия уровней, и критерий гидрологического подобия описывается зависимостью типа:

$$M_{KA} = \left(\frac{h_{1-5\%}}{\Delta A} \right) b, \quad (7)$$

где b – эмпирический коэффициент, зависящий от характера поднятия уровня воды.

Следующим требованием для применения критериев подобия при прогнозировании риск-процессов методом природных аналогов является выполнение граничных условия. Проведенные натурные исследования позволили уточнить берегоформирующие факторы с учетом их применимости к водохранилищам различного типа, численные значения которых указаны в таблице.

Таблица – Граничные условия применения гидролого-геоморфологических критериев подобия

Группа водоема	Граничные условия применимости берегообразующих факторов и условий								
	Длина разгона волны, м	Ср. глубина водоема, м	Высота волны, м	Амплитуда колебаний, м	Коэф. неоднорд. грунта	Уклон берега, град.	Высота берега, м	Средний диаметр частиц грунта, мм	Глубина на внешнем краю отмели, м
Группа 1	500–5000	1,2–7,0	0,4–1,5	0,6–3,5	1,2–10,0	0,01–0,3	1,0–10,0	0,5 – 3,5	1,0 – 2,0
Группа 2	500–5000	1,2–7,0	0,4–1,5	0,1–0,5	1,2–10,0	0,01–0,3	1,0–12,0	0,5 – 3,5	1,2 – 2,4

Список использованных источников

1. Широков, В.М. Методические рекомендации по оценке воздействий малых водохранилищ на окружающую среду / В.М. Широков, П.С. Лопух, В.Е. Левкевич; под ред. В.М. Широкова. – Минск: Белгосуниверситет, 1995. – 68с.
2. Левкевич, В.Е. Методические рекомендации по расчёту незакреплённых верховых откосов дамб и плотин на малых водохранилищах и прудах мелиоративного назначения / Минск: ЦНИИКИВР, 198.9 – 36с.
3. Широков, В.М. Формирование берегов малых водохранилищ лесной зоны / В.М. Широков, П.С. Лопух, В.Е. Левкевич. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1992. – 160с.
4. Левкевич, В.Е. Переработка берегов малых равнинных водохранилищ мелиоративных систем, её прогноз и управления (на примере Белорусской ССР): дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / В.Е. Левкевич. – Минск, 1986. – 135с.