

УДК 627.8

**ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ПОДОБИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ
АБРАЗИОННЫХ РИСКОВ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ МЕЛИОРАТИВНОГО
НАЗНАЧЕНИЯ, СОЗДАННЫХ НА БАЗЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ОЗЕР**

В.Е. Левкевич, кандидат технических наук

В.В. Кобяк, адъюнкт

ГУО «Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

Ключевые слова: абразия, гидроэлектростанции, показатель залесенности

Введение

Беларусь является озерной республикой, на ее территории расположено около 11 тыс. озер, которые широко используются в различных народнохозяйственных, сельскохозяйственных и промышленных целях. Исходя из густоты размещения озер, в 50-х гг. XX ст. назрела необходимость создания водохранилищ на базе озер (Лепельское, Лукомльское, Недрово), прежде всего в целях выработки сравнительно дешевой электроэнергии путем строительства малых гидроэлектростанций (табл.1) и орошения. В основном водные объекты создавались в северной и южной частях республики – в бассейнах Западной Двины и Припяти [1-6].

Оценка абразионных рисков

В настоящее время для получения энергии и орошения используется 17 водохранилищ озерного типа. Согласно [6], основное назначение их – гидроэнергетика и орошение (37 и 33%), для рыборазведения, водоснабжения и в целях рекреации используется, соответственно, 12, 10 и 8% водохранилищ.

Однако несмотря на множество позитивных моментов, водохранилища озерного типа, как и другие типы водоемов, оказывают определенное неблагоприятное воздействие на окружающую природную среду с нарушением условий жизнедеятельности населения. Это выражается в проявлении таких процессов, как переформирование берегов – абразия, на долю которой приходится свыше 30 % (более 300 км) от всей протяженности береговой линии, затопление сельскохозяйственных земель, формирование зон подтопления, изменение животного и растительного мира, подпор подземных и грунтовых вод, а также изменение микроклимата, почвенного, грунтового и растительного покрова и т.д. [2,7,8].

Комплексное и детальное изучение абразионных процессов, протекающих на водоемах различного происхождения, с учетом воздействия берегоформирующих факторов и условий, позволяют вывести ряд критериев подобия, что окажется очень важным при прогнозировании переработки береговой линии на естественных водных объектах – озерах, трансформируемых в озера-водохранилища. Это позволит существенно уменьшить материальный, экологический и другие виды ущерба.

Таблица 1. Озерные водохранилища Республики Беларусь [1,6]

Водохранилище	Зарегулированное озеро	Площадь, км ²	Полный объем, м ³	Назначение основное
Браславской ГЭС	Недрово, Потех	19,8	72,3	Энергетика
Гомельское ГЭС	Защаты, Яново	23,24	80,6	То же
ГЭС «Дружба народов»	Ставок, Дрисвяты	45	313,0	»
ГЭС «Путь к коммунизму»	Долгое	2,82	14,5	»
Езерищенское	Езерище	16,6	77,6	Рыборазведение
Лепельское ГЭС	Лепельское, Белое	10,18	74,6	Энергетика
Лукомльское ГРЭС	Лукомльское	37,71	294,0	То же
Освейское	Освейское	47,95	104,0	Рыборазведение
Селянской ГЭС	Обида, Худовец	16,46	99,8	Энергетика, орошение
Тулово	Тулово	0,39	1,33	Энергетика
Белозерской ГРЭС	Черное	17,74	31,9	Энергетика, орошение
Мотоль	Мотольское	2,63	6,9	Орошение
Погост	Погост мелиорация	16,16	54,5	Рыборазведение
Любань	Любань	1,96	10,8	Орошение
Луковское	Луково	5,04	24,4	То же
Хоробровка	Нобисто, Обстерно	31,9	128,6	Рыборазведение, рекреация
Гоща	Гоща	0,75	4,1	Орошение

К основным берегоформирующим факторам и условиям, влияющим на динамику и масштабы абразионных процессов на малых водохранилищах равнинного типа, относят амплитуду колебания, ветроволновое воздействие, течения, состав грунта, форму склона и другие (на рис.1) [7].

Проведенные натурные и лабораторные исследования на ряде тестовых водоемов различного происхождения, анализ литературных источников [1-12] позволили выделить ряд специфических показателей, в дальнейшем они будут рассматриваться как критерии подобию, которые оказывают существенное влияние на прогноз абразионных процессов.

1. Коэффициент извилистости береговой линии ($K_{из}$)

Протяженность берегов, подверженных процессу абразии на озерах и водохранилищах, определяют по формуле [11]:

$$L_{абр} = 0,470 \cdot L_2 \quad K_{из} = \frac{L_1}{L_2} \quad (1)$$

где L_1 – длина береговой линии по прямой; L_2 – длина реальной береговой линии.

2. Ветро-волновое воздействие (D)

Для оценки ветро-волнового режима водохранилищ рассматриваются условия:

а) по данным наблюдений метеостанций республики в районах расположения тестовых водоемов составляется карта-схема преобладающих направлений ветров [9];

б) в зависимости от силы и направления ветров развивается волновое воздействие, которое влияет на устойчивость береговых откосов, находящихся с подветренной стороны (рис. 2, выделенной линией указан процесс переработки береговой линии).

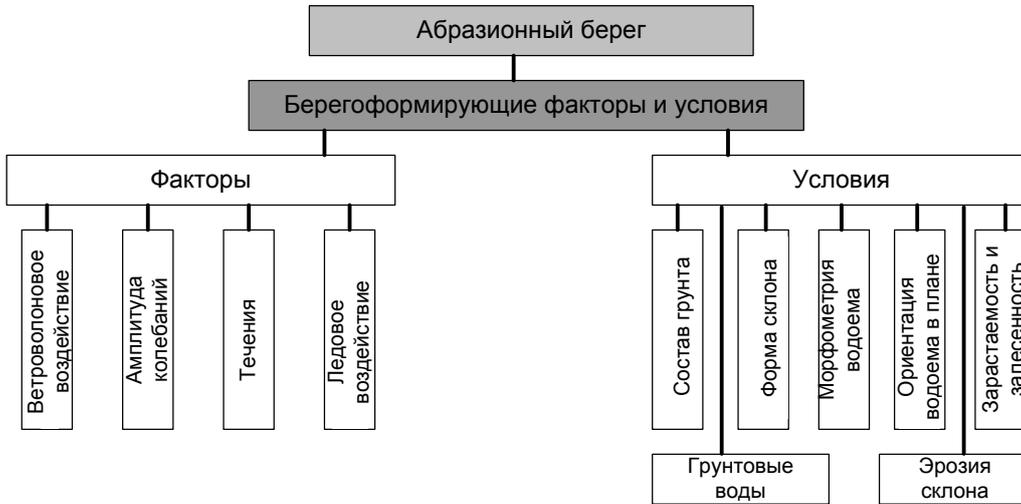


Рис. 1. Основные берегоформирующие факторы и условия [7]

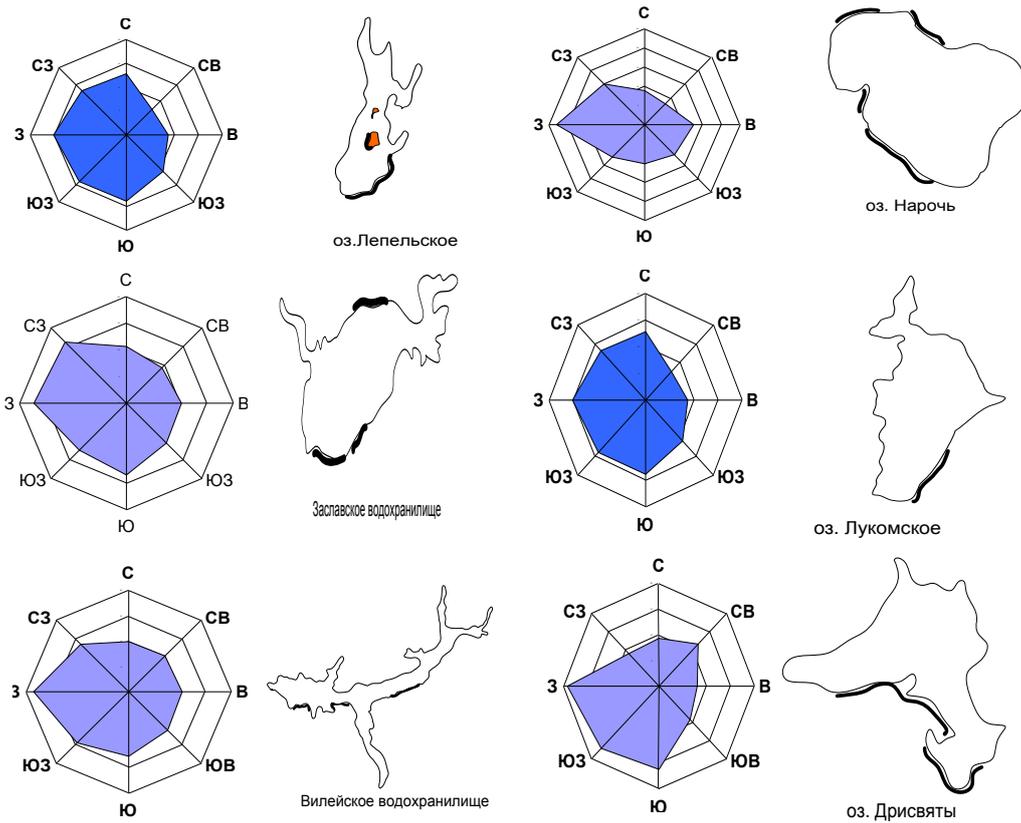


Рис. 2. Абразионные процессы на береговых склонах водоемов в зависимости от преобладающих направлений ветров

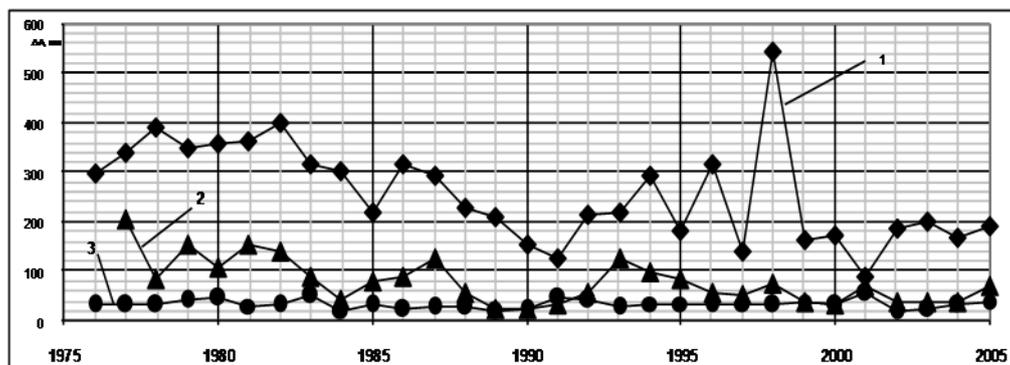


Рис. 3. Амплитуда колебания уровня воды в водохранилищах Вилейское (1), Солигорское (2), озеро Нарочь (3)

3. Ледовое воздействие (K_{ϕ})

Ледовые явления, наблюдаемые в зимне-весенний период, играют значительную роль в деформации береговых склонов озер и водохранилищ. В период ледостава, который длится 3-4 месяца, происходит понижение уровня водоема, которое на переработку берегового склона не влияет. Но в результате движения ледового покрова по акватории водоема происходит его динамическое или статическое воздействие на береговой склон, в результате чего происходит «срезка» верхнего слоя грунта, при которой нарушается механическая устойчивость склонов водных объектов. При воздействии волн, а затем в безледный период наблюдаются берегоформирующие процессы, которые заново формируют нарушенные льдом склоны берега. При таянии льда, который наползает на пологие береговые склоны, наблюдается протекание водной эрозии, которая выносит верхний слой почвы талыми водами в чашу водоема [7,13].

4. Показатель залесенности ($K_{леса}$) береговой территории (кустарники, деревья и т.д.) влияет на степень развития абразионно-эрозионных процессов на склонах различных водоемов и, как правило, играет берегоукрепляющую функцию.

5. Уровенный режим и амплитуда колебания уровня воды (ΔA)

В зависимости от амплитуды колебания уровня воды водохранилища подразделяются на два типа [5, 7,8,12]. К первому типу относятся водоемы с амплитудой колебания уровней более 5000 мм (водоемы многолетнего и сезонного регулирования), ко второму типу – водоемы с малыми колебаниями уровней – до 5000 мм. Амплитуда колебания уровней для водоемов первого и второго типов представлена на рис. 3, 4. В зависимости от группы водоема можно оценить процесс переработки береговой линии. Так, для первой группы характерно интенсивное протекание данного процесса в период эксплуатации объекта. На водоемах второй группы процесс абразии занимает значительно меньшее время и протекает не так интенсивно и в незначительных масштабах.

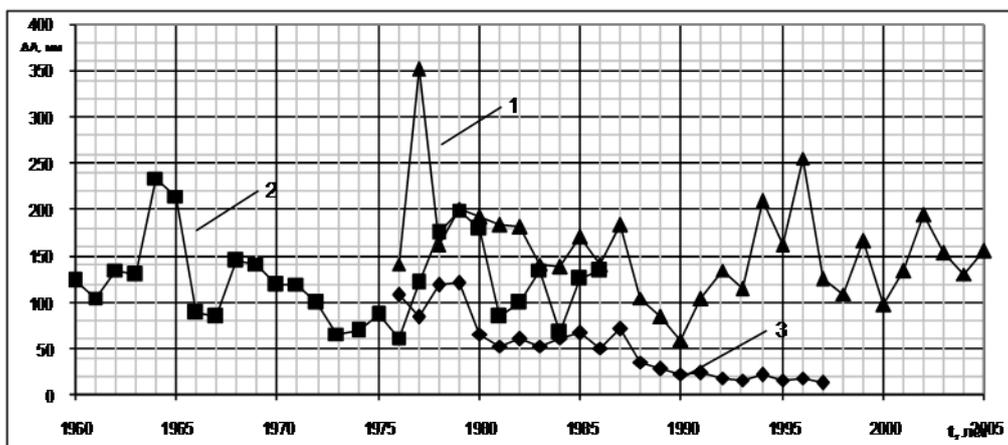


Рис. 4. Амплитуда колебания уровня воды в Заславском (1) и Чигиринском (3) водохранилищах и на Лепельском озере (2)

6. Гранулометрический состав грунта (η)

Геологическое строение абразируемого берегового склона может быть как однородным, так и сложным. При наличии крупнозернистых включений в качестве расчетной характеристики рекомендуется [12] принимать коэффициент неоднородности грунта:

$$\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (2)$$

где d_{10} и d_{60} – объемы частиц, содержание которых меньше 10 и 60%, соответственно.

По материалам полевых изысканий был произведен отбор грунта на различных водоемах и составлены табл.2 и кривые гранулометрического состава образцов (рис. 5).

Таблица 2. Гранулометрический состав размываемого грунта береговых склонов на тестовых водоемах

Водохранилище	Значение коэффициента неоднородности грунта по расчетным створам				
	створ 1	створ 2	створ 3	створ 4	створ 5
Лепельское	1,4	1,35	1,25	7,8	1,4
Осиповичское	5,0	3,6	4,5	4,2	3,1
Вилейское	1,7	1,2	2,0	1,5	1,9

Очевидно, что наибольшую способность к устойчивому равновесию имеют береговые склоны, у которых коэффициент неоднородности грунта варьирует от 1 до 5.

Несомненно, на активность и масштабы развития абразионного риска оказывает влияние и форма берегового склона: обрывистая (H_b) или пологая (i_b) [8]. В первом случае процесс переработки береговых склонов происходит интенсивнее и имеет большие масштабы и динамику, по сравнению со вторым.

Выполнив структурный анализ основных принципов и факторов, влияющих на формирование берегов, и используя опубликованные натурные данные и лабораторные

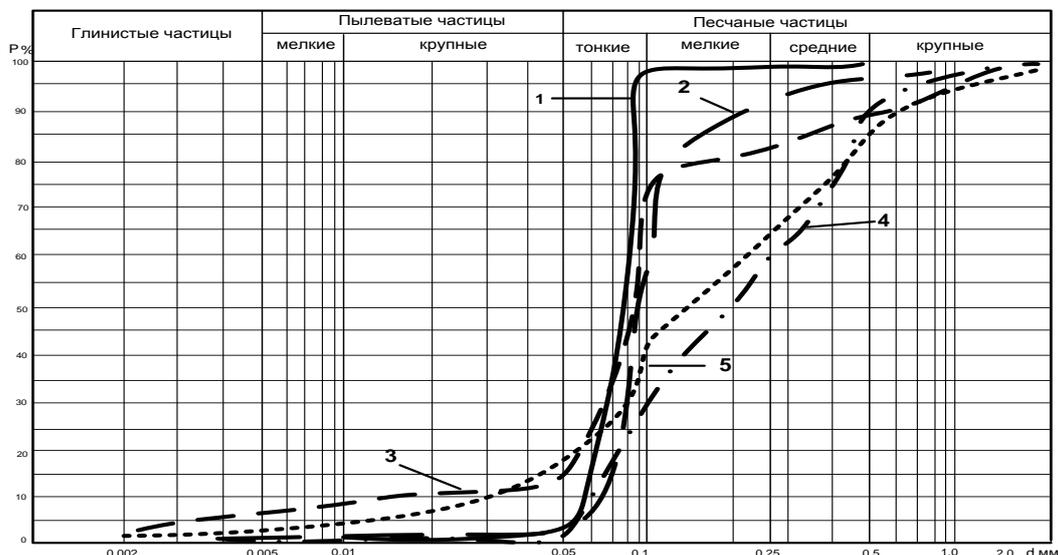


Рис.5. Суммарные кривые гранулометрического состава грунта.
 1 – створы 1-3; 2 – створ 4 Лепельского озера; 3 – створ 1 Вилейского;
 4 – створы 1, 5; 5 – створ 7 Осиповичского водохранилища

исследования, можно с определенной уверенностью сформулировать основные показатели морфологического, геологического и гидрологического подобию между объектом-аналогом и прогнозируемым водоемом:

$$F_{\text{аналог водоем}} = K_{\text{из}} \cdot D \cdot K_{\text{ф}} \cdot \Delta H \cdot A \cdot K_{\text{леса}} \cdot \eta \cdot H_{\text{б}} \quad (3)$$

$$\in F_{\text{прогнозируемый водоем}}$$

где $K_{\text{из}}$ – коэффициент извилистости береговой линии; D – ветроволновое воздействие; $K_{\text{ф}}$ – ледовое воздействие; ΔH – амплитуда колебания; $K_{\text{леса}}$ – залесенность территории; η – коэффициент неоднородности грунта; $H_{\text{б}}$ – форма берегового склона.

Заключение

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы.

1. На водохранилищах Беларуси, используемых для целей мелиорации и малой гидроэнергетики, а также на естественных водных объектах происходят в береговой зоне идентичные процессы, в частности, абразионные.

2. Необходимы дальнейшие исследования для выявления доминирующих факторов, оказывающих влияние на переработку берегов на озерах и водохранилищах.

Литература

1. Широков, В.М. Водохранилища Белоруссии: природные особенности и взаимодействие с окружающей средой / В.М. Широков. – Минск: Университетское, 1991. – 208 с.
2. Якушко, О.Ф. Озера Беларуси / О.Ф. Якушко. – Минск, 1988. – 216 с.
3. Власов, Б.П. Озера Беларуси: Справочник / Б.П. Власов. – Минск: БГУ, 2004 – 184 с.
4. Широков, В.М. Водохранилища Белоруссии: Справочник / В.М. Широков, В.А. Пидопличко. – Минск: Университетское, 1992. – 80 с.
5. Якушко, О.Ф. Озероведение: География озер Белоруссии/ О.Ф.Якушко. 2-е изд., перераб.– Мн.: Выш. школа, 1981. – 224 с.
6. Власов Б.П. Антропогенная трансформация озер Беларуси: геоэкологическое состояние, изменение и прогноз. – Мн.: БГУ, 2004. – 204 с.
7. Левкевич, В.Е. Переработка берегов малых равнинных водохранилищ мелиоративных систем, ее прогноз и управления (на примере Белорусской ССР). Дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / В.Е. Левкевич. – Минск: 1986. – 135 с.
8. Левкевич, В.Е. Рекомендации по прогнозированию переработки абразионных берегов малых равнинных водохранилищ, сложенных несвязными грунтами / В.Е.Левкевич. – Минск: ЦНИИ-КИВР, 1984. – 38 с.
9. Справочник по климату Беларуси. Ч.4. Ветер. Атмосферное давление / М.А.Гольберг [и др.]; под общ.ред. М.А. Гольберга. – Минск: «БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ», 2003. – 124 с.
10. Лопух, П.С. Рекомендации по экологическому обоснованию созданных озерных водохранилищ в равнинных условиях / П.С. Лопух, А.Н. Рачевский. – Минск: БГУ, 2002. – 22 с.
11. Левкевич, В.Е. Рациональное использование и охрана прибрежных ландшафтов на водохранилищах Белоруссии/ В.Е. Левкевич, П.С. Лопух – Минск: БелНИИТИ, 1990. – 60 с.
12. Широков, В.М. Методические рекомендации по оценке воздействий малых водохранилищ на окружающую среду / В.М. Широков, П.С. Лопух, В.Е. Левкевич. – Минск: БГУ, 1995. – 68 с.
13. Емельянов, Ю.Н. Ледовый режим водохранилищ Белоруссии / Ю.Н. Емельянов // Гидрографическая сеть Белоруссии и регулирование речного стока: сб. науч. ст. / под ред. В.М. Широкова. – Минск: Университетское, 1992. – С. 32-41.

Summary

Levkevich V., Kobyak V. Using Similarity Parameters for Assessment of Abrasion Risks in Water-Storage Basins of Reclamation Application Created Based on the Natural Lakes

Regulation of lake basins results in extension of their efficient capacity and water-surface area. Upwelling level causes development of a number of processes, such as abrasion of banks, formation of submergence zones, change of abiotic and biotic factors affecting the vital activity of plant and animal life in the coastal zone. The main factors that influence to formation of coasts of lakes and water basins are determined.

Поступила 18 апреля 2008 г.