

УДК 627.8

ПОКАЗАТЕЛИ ПОДОБИЯ АБРАЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ИСКУССТВЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Левкевич В.Е., к.т.н., Кобяк В.В.

При создании водохранилищ на базе уже существующих озер (путем обвалования, подпора дамбами и подпорными гидротехническими сооружениями, дноуглубления и т. д.) происходит поднятие уровня воды, что увеличивает развитие абразионных процессов, формирование зон подтопления, изменения растительного и животного мира в прибрежной зоне и т. д. Для прогнозирования данных негативных процессов и в особенности переработки береговой линии, необходимо учитывать показатели подобия с учетом соблюдения условий морфологического, геологического и гидрологического сходства между объектом-аналогом и прогнозируемым водоемом.

(Поступила в редакцию 23 ноября 2007 г.)

Озера и водохранилища являются важнейшими элементами природного ландшафта. Они широко используются в целях мелиорации, рекреации, орошения, регулирования поверхностного и речного стока, рыбного хозяйства, технического, питьевого и противопожарного водоснабжения, а также для энергетических нужд, борьбы с наводнениями и т. д. [1–3].

В количественном отношении на территории нашей страны преобладают озера, так как их фонд насчитывает более 10 тысяч, в то время как на долю водохранилищ приходится около 200. Поэтому для решения различных промышленных, народнохозяйственных и других проблем с 50 гг. XX ст. началось интенсивное строительство искусственных водных объектов на базе естественных. Большинство данных объектов создавалось на территории северной части Республики Беларусь в бассейне Западной Двины, которые предназначались в основном для выработки электроэнергии (строительство малых гидроэлектростанций) [1–4].

Несмотря на множество положительных моментов, искусственные водоемы оказывают определенное отрицательное влияние на окружающую природную среду и могут нарушать условия жизнедеятельности населения. Это выражается в проявлении таких процессов, как переформирование берегов – абразия, на долю которой приходится свыше 30% от всей протяженности береговой линии, подпор подземных и грунтовых вод, затопление территории, а также изменение микроклимата, почвенного, грунтового и растительного покрова, оглеение почв и т. д. [2, 5].

Комплексное и детальное изучение основных процессов, происходящих на водохранилищах и озерах, с их общей оценкой и анализом позволит вывести ряд закономерностей и определить аналогию данных процессов, что окажется очень важным при прогнозировании переработки береговой линии на естественных водных объектах – озерах, трансформируемых в озера-водохранилища, которые будут применяться для целей народного хозяйства по ряду научно-технических (ГППИ) и народнохозяйственных программ Республики Беларусь («Энергетика», «Энергозамещение» и др.). Это позволит предотвратить материальный, экологический и другие виды ущерба, уменьшит количество пострадавших среди населения, проживающего и работающего вблизи данных водоемов.

Основными берегоформирующими факторами и условиями протекания абразионных процессов являются:

- ветроволновое воздействие;
- ледовое явление;
- подводные течения;

- эрозионная деятельность поверхностных вод в верхнем бьефе;
- территориальное размещение водоемов;
- состав грунта.

Но среди них имеются и определенные геоморфологические и гидрологические отличия, которые влияют на переработку береговых склонов. К ним относятся:

- уровневый режим;
- форма объекта;
- форма склонов;
- показатель глубинности и форма подводной части водоема.

На основе анализа литературных источников [1–11] и проведенных натурных и лабораторных исследований на ряде тестовых водоемах различного происхождения можно выделить ряд специфических показателей, которые оказывают существенное влияние на прогноз абразионных процессов:

1. Коэффициент извилистости береговой линии.

Протяженность берегов, подверженных процессу абразии на озерах и водохранилищах, может определяться в зависимости от коэффициента извилистости береговой линии в плане по формуле (1) [11]:

$$L_{\text{абр}} = 0,472 \cdot L_2, \quad (1)$$

где 0,472 – численный коэффициент, показывающий зависимость извилистости береговой линии, равной отношению длины спрямленной береговой линии L_1 к протяженности реальной береговой линии L_2 . Фактически выражение (1) показывает соотношение протяженности абразионных берегов водоемов различного происхождения и геологического строения с формой береговой линии водных объектов, т. е.

$$L_{\text{абр}} = f(L_2). \quad (2)$$

2. Ветроволновое воздействие.

Для оценки ветроволнового режима водохранилищ рассматриваются следующие условия:

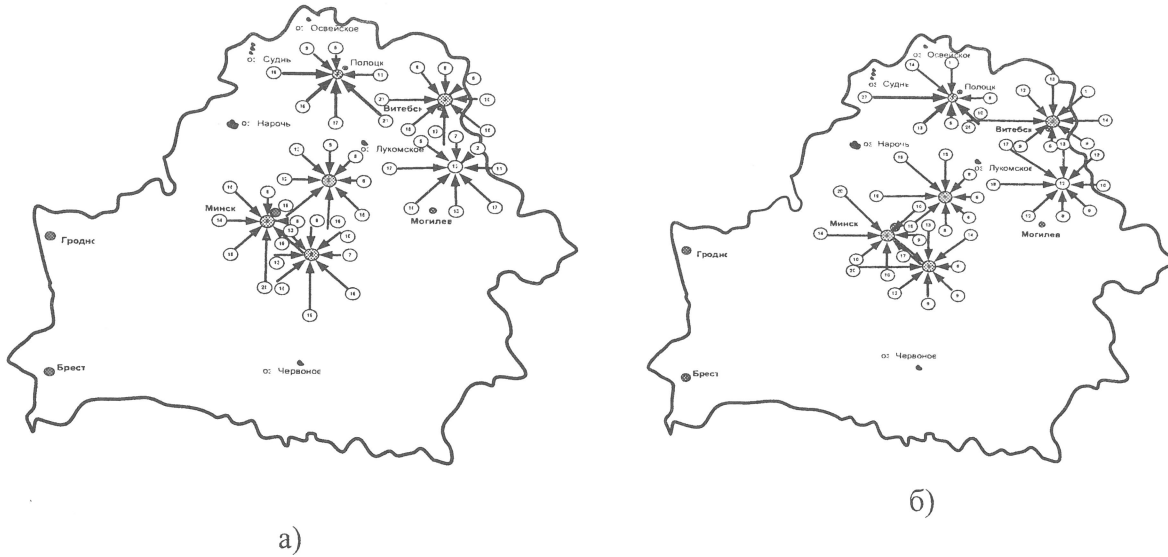
- а) по данным наблюдений метеостанций республики, в районах расположения тестовых водоемов составляется карта-схема преобладающих направлений ветров [7] (рисунок 1);
- б) в зависимости от силы и направления ветров развивается волновое воздействие, которое влияет на устойчивость береговых откосов, находящихся с подветренной стороны (выделенной линией указан процесс переработки береговой линии (рисунок 2)).

3. Интенсивность протекания абразионных процессов в условиях развития плоскостной и линейной эрозии (рисунок 3) [8, 9].

Используя способ совмещения карт, можно получить общую оценку о развитии абразионно-эрозионных процессов. В наиболее неблагоприятном положении окажется центральная часть Беларуси. Такое районирование территории дает более точную оценку протекания негативных явлений, что позволит более точно спрогнозировать негативные процессы, которые могут возникнуть после введения в эксплуатацию новых водохранилищ, а по аналогии с озерами – возможность их наблюдения.

4. Ледовое воздействие.

Значительную роль в процессе берегоформирования как водохранилищ, так и озер играют ледовые явления, наблюдаемые в зимне-весенний период, в период подвижек и торообразования льда и деформации береговых склонов. Этот вопрос изучался нами в весенний период в натуральных условиях на водохранилищах Заславское, Дрозды, Криницы, Чижовское и озерах Нарочь, Мядель, Лепельское. Этот показатель косвенного характера, так как проявление его характерно в весенний период после вскрытия водоема.



а) – наблюдения в зимний период; б) – наблюдения в летний период

Рисунок 1 – Повторяемость направления ветров

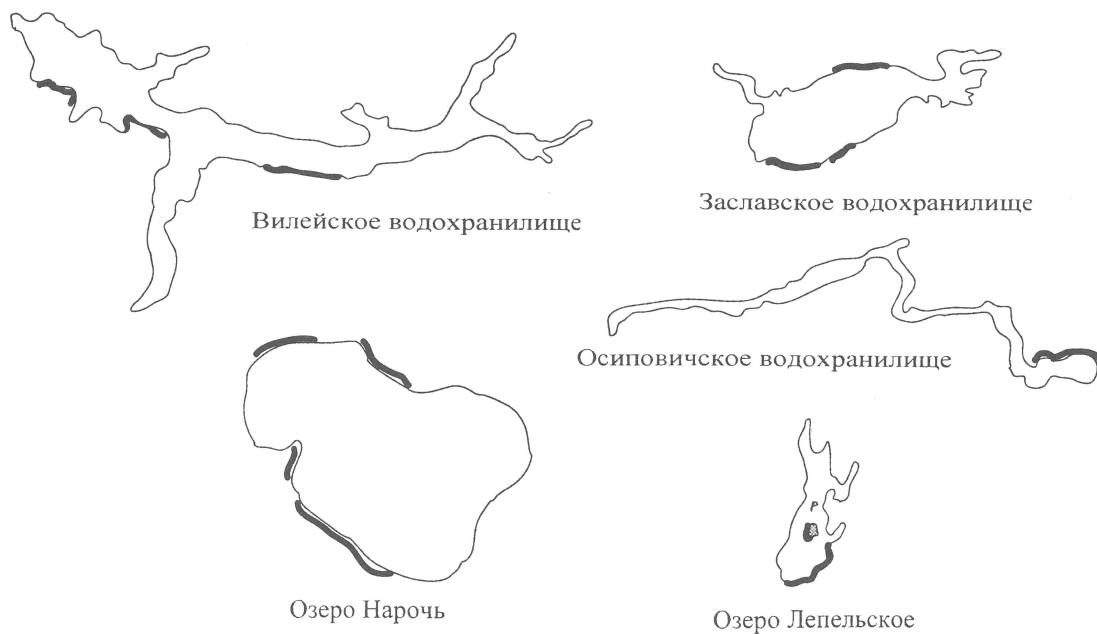
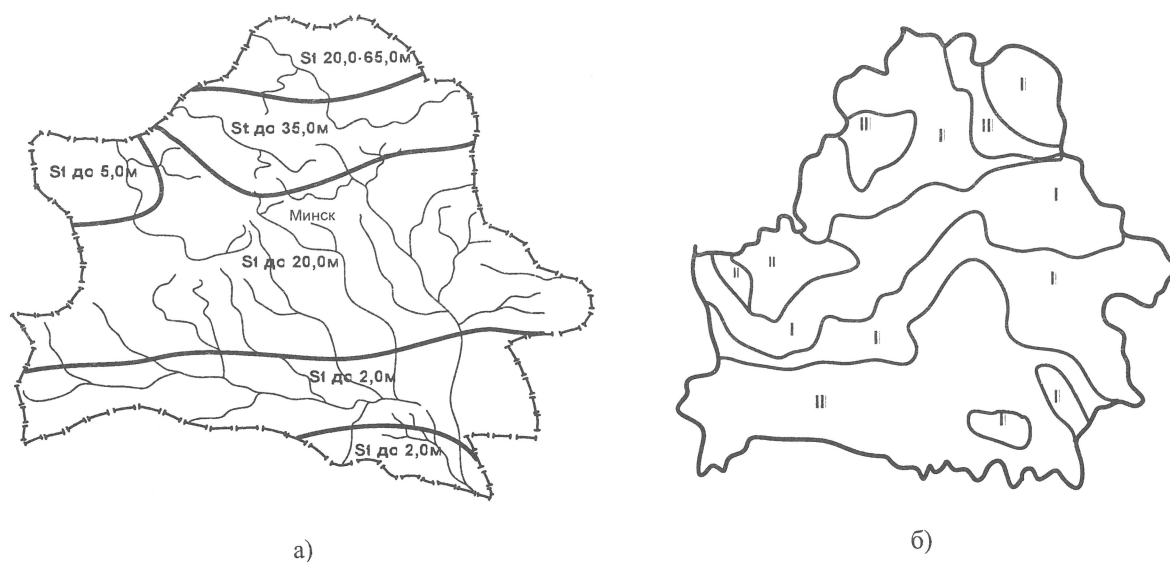


Рисунок 2 – Абразионные процессы на береговых склонах озер и водохранилищ



а) – процесс абразии (S_l – линейная переработка береговой линии, м/год); б) – процесс эрозии (I – сильного проявления; II – слабого и среднего проявления; III – отсутствие или очагового проявления)

Рисунок 3 – Зонирование территории по протеканию процессов абразии и эрозии

В период ледостава происходит понижение уровня водоема, которое на переработку берегового склона не влияет. Наибольшая толщина льда отмечается в декабре, январе и зависит от глубины, проточности и формы водоема (таблица 1). Так, в результате наблюдений установлено, что наибольший показатель толщины ледового покрова характерен для озер, а вскрытие ледового покрова происходит раньше на водохранилищах (таблица 2). В результате движения ледового покрова по акватории водоемов происходит его динамическое или статическое воздействие на береговой склон, в результате чего происходит «срезка» верхнего слоя грунта, при которой нарушается механическая устойчивость склонов водоемов (рисунки 4, 5). 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 тальми водами в чашу водоема.

Таблица 1 – Показатели толщины ледового покрова на тестовых водоемах

Название объекта	Год и дата наблюдения	Толщина льда, м	Тип берега	Объем переработки берегового склона, м ³ /пог. м
Водоохранилища				
Заславское	03.2006	0,6	абразионно-осыпной	1,0:1,5
Дрозды	03.2006	0,5	абразионно-обвальный	0,5:1,0
Чижовское	03.2007	0,55	абразионно-обвальный	0,7:1,2
Озера				
Лепельское	03.2007	0,7	абразионно-осыпной	1,5:1,7
Нарочь	03.2007	0,6	абразионно-осыпной	1,7:2,5

5. Показатель залесенности ($k_{лес}$) береговой территории (кустарниками, деревьями и т. д.) влияет на степень развития абразионно-эрозионных процессов на склонах различных водоемов и, как правило, выполняет берегоукрепляющую функцию.

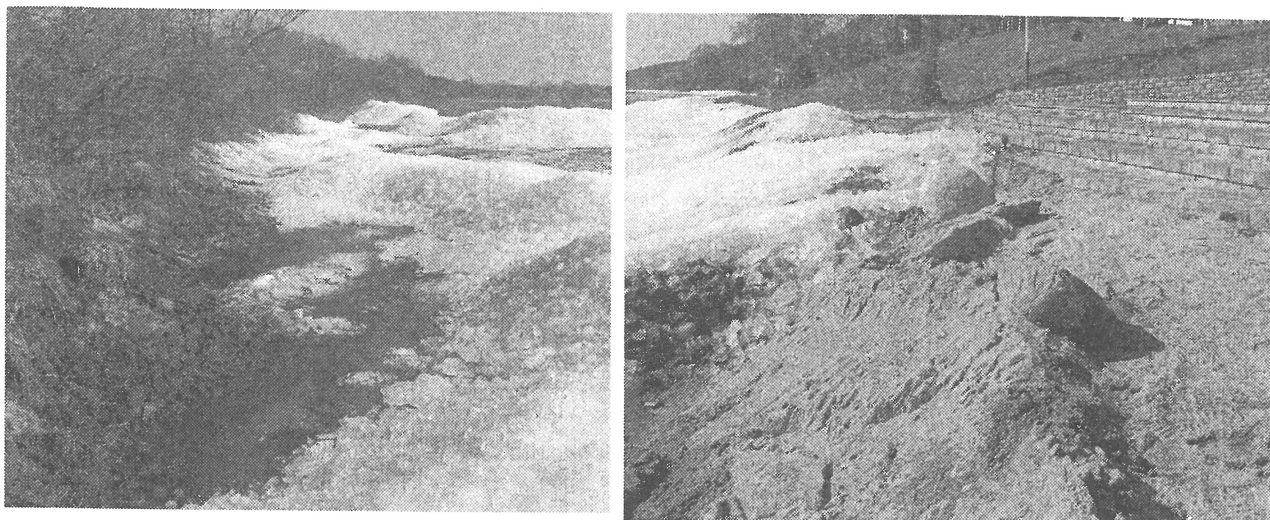


Рисунок 4 – Деформация береговых склонов на озере Нарочь

6. Уровневый режим и амплитуда колебания уровня воды (ΔA).

В зависимости от амплитуды колебания уровня воды водохранилища подразделяются на два типа [5, 6, 10, 11]. 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 рисунках 6, 7. 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.

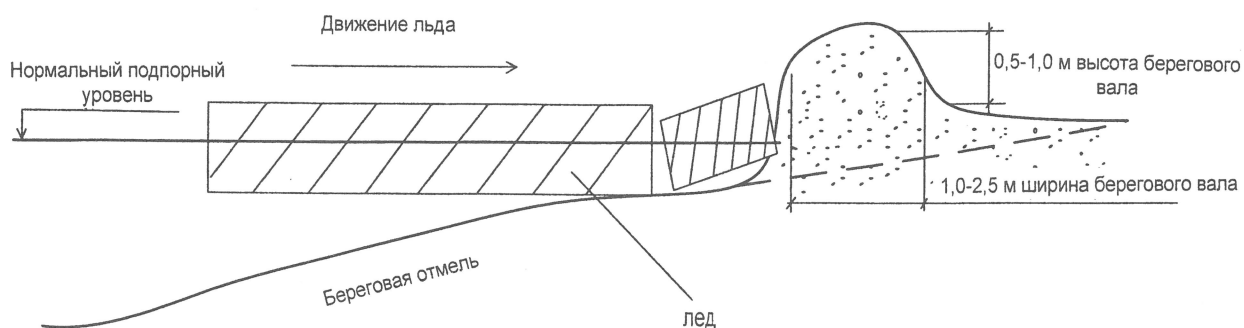
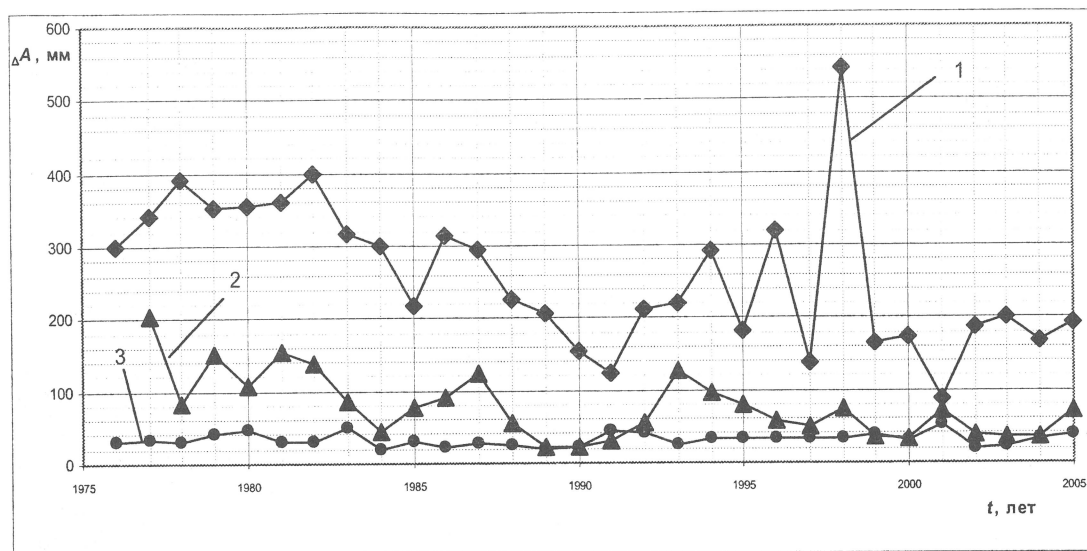
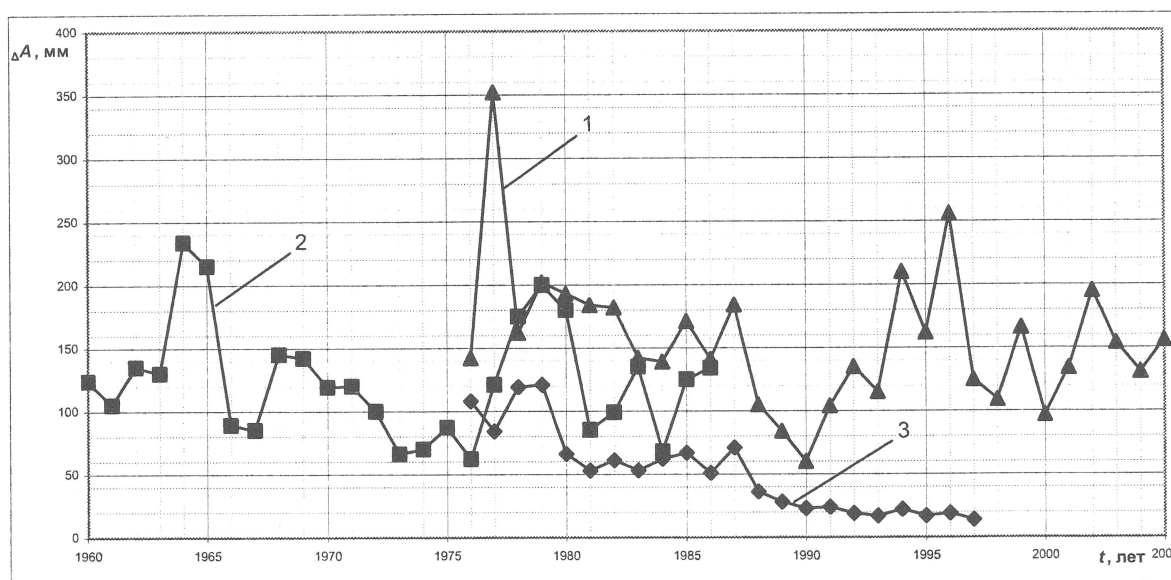


Рисунок 5 – Деформация береговых склонов под воздействием льда на озере Нарочь



1 – Вилейское водохранилище; 2 – Солигорское водохранилище; 3 – озеро Нарочь

Рисунок 6 – Амплитуда колебания уровня воды



1 – Заславское водохранилище; 2 – Солигорское водохранилище; 3 – озеро Лепельское

Рисунок 7 – Амплитуда колебания уровня воды

7. Гранулометрический состав грунта.

Геологическое строение абразируемого берегового склона может быть как однородным, так и сложным. При наличии крупнозернистых включений в качестве расчетной характеристики рекомендуется [5] принимать коэффициент неоднородности грунта:

$$\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (3)$$

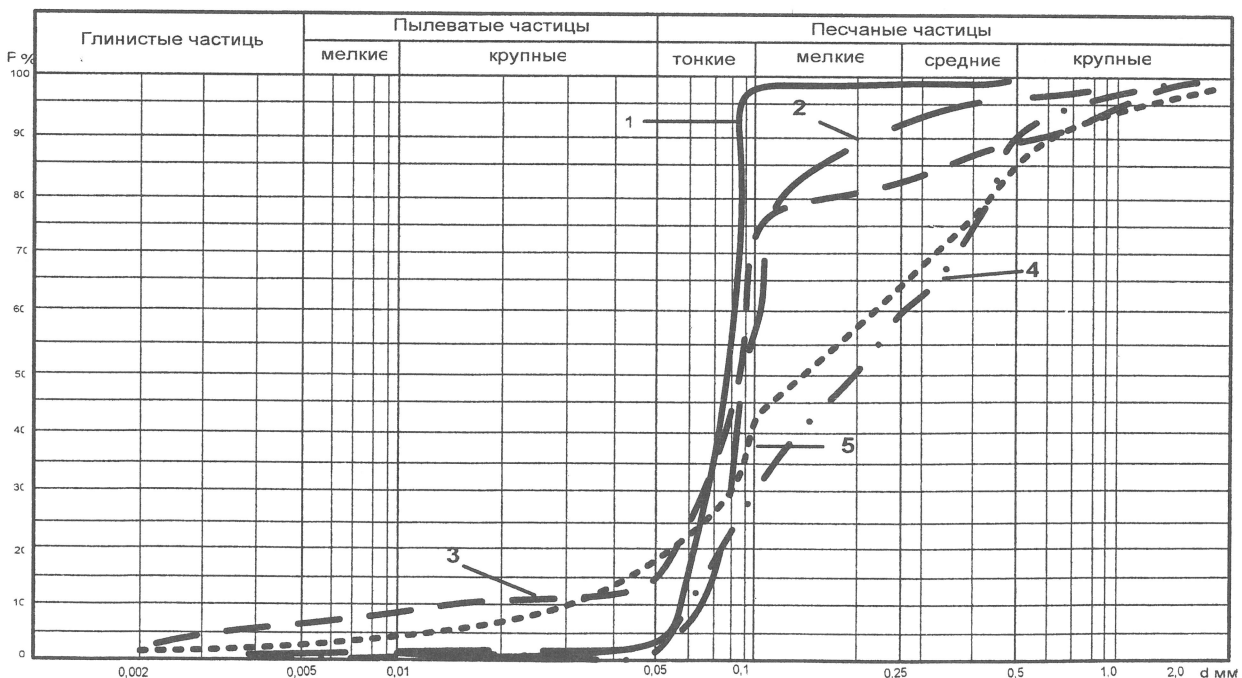
где d_{10} – объем частиц, содержание которых меньше 10%;
 d_{60} – объем частиц, содержание которых меньше 60%.

По материалам полевых изысканий был произведен отбор грунта на различных водоемах и составлены таблица и кривые гранулометрического состава образцов (рисунок 8).

Таблица 2 – Анализ гранулометрического состава размываемого грунта береговых склонов на тестовых водоемах

Название водоема	Значение коэффициента неоднородности грунта по расчетным створам				
	створ № 1	створ № 2	створ № 3	створ № 4	створ № 5
Озеро Лепельское	1,4	1,35	1,25	7,8	1,4
Осиповичское водохранилище	5	3,6	4,5	4,2	3,1
Вилейское водохранилище	1,7	1,2	2,0	1,5	1,9

В результате наблюдений очевидно, что наибольшую способность к устойчивому равновесию имеют береговые склоны Лепельского водохранилища, а самые размываемые берега – Осиповичского.



1 – створ № 1, 2, 3 Лепельского озера; 2 – створ № 4 Лепельского озера; 3 – створ № 1 Вилейского водохранилища; 4 – створ № 1, 5 Осиповичского водохранилища; 5 – створ № 7 Осиповичского водохранилища

Рисунок 8 – Суммарные кривые гранулометрического состава грунта

8. Несомненно, на активность и масштабы развития абразионного риска имеет влияние и форма берегового склона: обрывистая H_6 или пологая i_6 [8].

Выполнив структурный анализ основных принципов и факторов, влияющих на формирование берегов, и используя опубликованные натурные данные и лабораторные исследования, можно с определенной уверенностью сформулировать основные показатели морфологического, геологического и гидрологического подобия между объектом-аналогом и прогнозируемым водоемом:

$$F_{\text{прогнозируемый водоем}} \left[\kappa_{\text{изв}}, D, \kappa_{\text{ф}}, \Delta H, \Delta A, \kappa_{\text{леса}}, \eta, H_6 \right] \in F_{\text{аналог-водоем}} \left[\kappa_{\text{изв}}, D, \kappa_{\text{ф}}, \Delta H, \Delta A, \kappa_{\text{леса}}, \eta, H_6 \right]. \quad (4)$$

Выводы. Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

– наличие сходства между берегообразующими факторами, имеющими место в условиях водохранилищ, говорят о сходстве и аналогии в масштабах, динамике и механизме протекания береговых процессов на озерах-аналогах и водохранилищах;

– необходимо проведение дальнейших исследований с целью 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. – 207 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. Левкевич, В.Е. Переработка берегов малых равнинных водохранилищ мелиоративных систем, ее прогноз и управление (на примере Белорусской ССР): дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / В.Е. Левкевич. – Минск, 1986. – 135 л.
6. Левкевич, В.Е. Рекомендации по прогнозированию переработки абразионных берегов малых равнинных водохранилищ, сложенных несвязными грунтами / В.Е. Левкевич. – Минск: ЦНИИКИВР, 1984. – 38 с.
7. Справочник по климату Беларуси: в 4 ч. / М.А. Гольберг [и др.]; под общ. ред. М.А. Гольберга. – Ч. 4: Ветер. Атмосферное давление. – Минск: БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ, 2003. – 124 с.
8. Лопух, П.С. Рекомендации по экологическому обоснованию созданных озерных водохранилищ в равнинных условиях / П.С. Лопух, А.Н. Рачевский. – Минск: БГУ, 2002. – 22 с.
9. Жилко, В.В. Борьба с эрозией почв Белорусской ССР / В.В. Жилко. – Минск, 1962. – 39 с.
10. Левкевич, В.Е. Рациональное использование и охрана прибрежных ландшафтов на водохранилищах Белоруссии / В.Е. Левкевич, П.С. Лопух. – Минск: БелНИИТИ, 1990. – 60 с.
11. 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.