

УДК [574:594]

JEL D60

<https://doi.org/10.21122/2309-6667-2022-16-115-120>

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В. Е. Левкевич

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Водоснабжение и водоотведение»
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

Т. А. Сударева

инженер,
Национальный банк Республики Беларусь
г. Минск, Республика Беларусь

В статье приведены результаты технико-экономической оценки эффективности различных типов защиты – крепления откосов дамб и плотин, используемых на водохранилищах Беларуси. Предложен комплексный эмпирический показатель экономической и эксплуатационной эффективности креплений откосов подпорных сооружений.

Ключевые слова: защита, крепление, откос, водохранилище, сооружение, берегозащита, эффективность, интегральный показатель.

Цитирование: Левкевич, В. Е. Оценка технико-экономической эффективности защитных мероприятий на водных объектах Беларуси на основе использования интегральных показателей / В. Е. Левкевич, Т. А. Сударева // Экономическая наука сегодня : сб. науч. ст. / БНТУ. – Минск, 2022. – Вып. 16. – С. 115–120. <https://doi.org/10.21122/2309-6667-2022-16-115-120>

Введение. Общая длина укрепленных берегов и берегоукрепительных сооружений на водохранилищах Беларуси составляет около 250 км. Длина поврежденных разрушенных берегоукрепительных конструкций и сооружений по данным натурных обследований, проведенных в период 2013–2021 гг., оценивается в пределах 120 км, что составляет около 50 % протяженности всех креплений на водохранилищах [1, 2]. На рисунке 1 представлены типичные примеры повреждения крепления откосов дамб и плотин, наблюдаемые в условиях Беларуси.



Рисунок – Характерные разрушения крепления откосов

Результаты и обсуждение. В процессе исследований была проведена оценка стоимостей берегозащиты различных конструкций и типов, имеющих наибольшее распространение в условиях водоемов Беларуси [1, 2]:

- 1) тип «георешетка»;
- 2) тип «гибкое бетонное крепление»;
- 3) тип «искусственная самоотмостка»;
- 4) тип «шпунтовая стенка»;
- 5) тип «железобетонные плиты»;
- 6) тип «каменная наброска».

При выделении величины годовых расходов на эксплуатацию берегозащитных сооружений в отдельную статью затрат, не входящую в расходы всего гидроузла, определение экономической эффективности рассматриваемых вариантов защиты производилось путем сопоставления суммы капитальных вложений и эксплуатационных расходов (формула 1):

$$\Pi_i = M_i + k_i E_n, \quad (1)$$

где Π_i – приведенные затраты (ПЗ) по каждому варианту, тыс. руб./год;

M_i – годовые эксплуатационные расходы (по вариантам), тыс. руб./год;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, принимается 0,12, 1/год;

k_i – капитальные вложения (затраты) по типам, тыс. руб.

Главной составляющей экономической эффективности применяемых креплений откосов являются капитальные вложения k_i .

Для определения капитальных затрат на строительство отдельных типов креплений с учетом рассчитанных объемов работ составлялись локальные сметы. Расчет смет производился по нормативам расхода ресурсов (НРР 2017) в текущих ценах на 2021 г. Нормативы расхода ресурсов (далее – НРР) – нормативы, устанавливающие расход ресурсов в натуральном выражении, в том числе нормы общехозяйственных и общепроизводственных расходов, плановой прибыли, транспортных расходов, определялись на основе Приказа от 31.10.2016 № 238 «Об утверждении нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении» Минстройархитектуры¹, по которым определялась сметная стоимость строительства объектов. В расчетах НРР ежегодные эксплуатационные расходы C , тыс. руб., определялись по формуле 2:

$$C = C_T + C_{з/п} + C_{з/п}^{\text{нач}} + C_{пр}, \quad (2)$$

где C_T – транспортные расходы по доставке группы работников для мониторинга состояния берегозащиты, которые включают в себя стоимость топлива и амортизацию автотранспорта, составляют 0,04 тыс. руб. Расстояние до расчетного водохранилища туда и обратно принимается 15 км;

$C_{з/п}$ – заработная группы работников из 5 чел. Средняя заработная плата в 2021 г. составляет в среднем 1400 бел. руб. Выезд работников для мониторинга состояния креплений берегозащиты принимался 2 раза в год, т. е. 2 рабочих дня, тогда: $C_{з/п} = (5 \times 1,4) / 21 \times 2 = 0,67$ тыс. руб.;

¹ Нормативы расхода ресурсов в натуральном выражении на строительные конструкции и работы. Сб. 5 Свайные работы. Опускные колодцы. Закрепление грунтов : НРР 8.03.105-2017 : утв. М-вом архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь. – Минск: РУП «Республиканский научно-технический центр по ценообразованию в строительстве», 2017. – 442 с.

$C_{з/п}^{нач}$ – налоговые начисления на заработную плату, принимались равными 40 % от $C_{з/п}$, тогда: $C_{з/п}^{нач} = 0,4 \times 0,67 = 0,27$ тыс. руб.;

$C_{пр}$ – прочие расходы, включающие текущий ремонт, износ приборов измерения, командировки и т. д. Величина $C_{пр}$, тыс. руб., ориентировочно определяется в размере 40 % от суммы затрат на зарплату: $C_{пр} = 0,4 \times C_{з/п} = 0,4 \times 0,67 = 0,27$ тыс. руб.

Тогда ориентировочные суммарные эксплуатационные расходы составят $C = 0,04 + 0,67 + 0,27 + 0,27 = 1,25$ тыс. руб.

Практика показала, что расходы на текущий ремонт инновационных типов берегоукрепления определить не представляется возможным. После сметных расчетов составлялись ведомости ресурсов по каждому из видов креплений и определялись общехозяйственные и общепроизводственные расходы (ОХР и ОНР), т. е. сумма средств, которые предназначены для возмещения затрат подрядным организациям, связанных с созданием общих условий строительного производства.

К нормам ОХР и ОНР применялись корректирующие коэффициенты (1,0 и 0,57), доводимые в составе республиканской нормативной базы, рассчитанные исходя из изменения уровня размера заработной платы по строительству, материальных и иных затрат. Результаты расчета капитальных вложений при строительстве инновационных типов крепления («гибкое бетонное крепление», «георешетка», «искусственная самоотмостка», «шпунтовая стенка»), а также для классических методов («железобетонные плиты», «каменная наброска») приведены ниже. Сравнительный расчет стоимостей капитальных вложений k_i креплений откосов различного типа производился по контрольному участку протяженностью 10 мпог. условного берега (откоса), которые составили:

- 1) тип «георешетка» – 2,759 тыс. руб.;
- 2) тип «гибкое бетонное крепление» – 7,817 тыс. руб.;
- 3) тип «искусственная самоотмостка» – 6,548 тыс. руб.;
- 4) тип «шпунтовая стенка» – 5,882 тыс. руб.;
- 5) тип «ж/б плиты» – 8,290 тыс. руб.;
- 6) тип крепления «каменная наброска» – 3,861 тыс. руб.

Анализ показал, что экономически наиболее выгодным типом крепления является на этапе проектирования крепление в виде георешетки, а самым дорогим – крепление железобетонными плитами. Однако, как показала практика, первый тип не самый прочный и подвержен значительным деформациям.

Поэтому наряду с оценкой экономической эффективности на стадии проектирования и строительства была проведена оценка эффективности конструкций различных типов креплений с учетом его эксплуатации за определенный период времени с учетом возможных деформаций. Контрольный период времени, который принимался для оценки, составлял 5 лет с момента ввода в эксплуатацию водного объекта. Для оценки был предложен эмпирический комплексный показатель – коэффициент эффективности крепления при эксплуатации ($k_{эф}$), который определяется по формуле:

$$k_{эф} = m_2 \times St / m'_2 \times L_{отк}, \quad (3)$$

где m_2 – заложение исходного расчетного профиля, покрытого креплением;

St – величина линейной переработки (деформации) надводной части профиля;

m'_2 – заложение профиля откоса, покрытого креплением после 5 лет эксплуатации;

$L_{отк}$ – расчетная полоса участка откоса ($L_{отк} = 1$ м).

Полученные значения $k_{эф}$ для различных типов креплений приведены в следующей таблице.

Таблица – Коэффициент эффективности крепления

Типы крепления берегов и грунтовых откосов	Форма крепления	Состояние крепления после 5 лет эксплуатации	Коэффициент эффективности крепления ($K_{эф}$)
1. Георешетка			0,43
2. Каменная наброска			0,65
3. Железобетон крепление гибкое			0,5
4. Плиты железобетонные			0,65
5. Способ крепления самоотмосткой			0,9
6. Шпунтовая стенка			1,0

Источник: собственная разработка авторов.

Как указывалось выше, в практике отечественной берегозащиты широко применяются стандартные (классические) виды креплений откосного типа различных конструкций – асфальтобетонные, бетонные или железобетонные, каменная наброска. Обследование объектов с различными типами этих креплений показало, что бетонные и железобетонные крепления за время эксплуатации зарекомендовали себя как надеж-

ное средство защиты откосов. Деформации таких креплений представлены раскрытием межплиточных строительных, температурных и осадочных швов. С учетом опыта эксплуатации креплений, применения новых строительных материалов и технологий возникла необходимость применения инновационных типов крепления в виде: пластиковой георешетки, гибких бетонных мат, самоотмоктки, шпунта из поливинилхлорида (ПВХ).

В результате обобщения материалов собственных многолетних натурных обследований берегозащитных сооружений страны, находящихся в эксплуатации не менее 5 лет, было установлено, что:

1) крепление в виде георешетки страдает тем, что в результате вымыва грунта из-под основы, выполненной из геотекстиля, происходит просадка всей конструкции крепления. В итоге это крепление требует периодической подсыпки щебня и замены разрушенных ячеек георешетки, что ведет к значительным материальным затратам;

2) крепление каменной наброской требует также постоянной подсыпки дорогостоящего камня и гравия в местах локальных размывов. Тем не менее этот вид крепления распространен, т. к. имеет простую технологию возведения и использования только природных материалов.

3) крепление типа «гибкий бетон», как показали наблюдения подвержено просадкам и разрушению крепления при воздействии ледовой нагрузки, что при высокой стоимости материала крепления ведет к удорожанию эксплуатационных издержек;

4) крепление «железобетонными плитами» страдает повышенным раскрытием межплиточных швов, через которые вымывается грунт обратного фильтра, обеспечивающего устойчивость крепления. При указанных недостатках крепление имеет широкое распространение и проверенную временем положительную эффективность;

5) крепление «искусственная самоотмоктка», характеризуемое высокой экономической эффективностью при практически отсутствующих эксплуатационных затратах, использует только природные материалы – грунты с повышенной неоднородностью), стабилизирующие деформации откоса. Используется только в грунтах с включениями гравия, гальки, валунов и т. п.;

6) крепление «шпунтовая стенка» – долговечное и надежное крепление, не подверженное размыву и коррозии. Требуется наличия специальной техники. При использовании металлических (а не ПВХ) шпунтов при большой глубине забивки стоимость возведения крепления очень большая.

Выводы. Проведенный анализ капитальных затрат показал, что самым экономически выгодным типом крепления на этапе проектирования и строительства является крепление георешеткой, самым дорогим – крепление железобетонными плитами.

Оценка эксплуатационной эффективности на основе использования коэффициента эффективности крепления показала, что наиболее высоким коэффициентом обладают крепления типа «искусственная самоотмоктка» ($k_{эф} = 0,9$) и «шпунтовая стена» ($k_{эф} = 1,0$). Наиболее низкой эффективностью обладают крепления типа «георешетка» ($k_{эф} = 0,43$) и «гибкий бетон» ($k_{эф} = 0,5$). В заключение можно сделать вывод о возможности использования предложенного коэффициента $k_{эф}$ при оценке эффективности использования креплений различных типов на объектах как водохозяйственного использования, так и энергетики, рыбозаведения и других отраслей народного хозяйства.

Список использованных источников

1. Крепление берегов и верховых откосов подпорных сооружений гидроузлов Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск : БНТУ, 2019. – 172 с.
2. Устойчивость берегозащитных и берегоукрепительных сооружений водохранилищ Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск : «Право и экономика», 2019. – 160 с.

**ASSESSMENT OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC
EFFICIENCY OF PROTECTIVE MEASURES ON WATER
BODIES OF BELARUS ON THE BASIS OF THE USE
OF INTEGRATED INDICATORS**

V. E. Levkevich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of the Department "Water supply and sanitation"
Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

T. A. Sudareva

Engineer,
National bank of the Republic of Belarus
Minsk, Republic of Belarus

This article presents the results of a feasibility study of the effectiveness of various types of protection - fastening the slopes of dams and dams used in the reservoirs of Belarus. A comprehensive empirical indicator of the economic and operational efficiency of retaining slope fastenings is proposed.

Keywords: *protection, fastening, slope, reservoir, structure, bank protection, efficiency, integral index.*

References

1. Levkevich, V. E. (2019) Kreplenie beregov i verhovyh otkosov podpornyh sooruzhenij gidrouzlov Belarusi [Fastening of banks and upper slopes of retaining structures of hydroelectric facilities in Belarus], 172 (in Russian).
2. Levkevich, V. E. (2019) Ustojchivost' beregozashchitnyh i beregoukrepitel'nyh sooruzhenij vodohranilishch Belarusi [Stability of bank protection and bank protection structures of reservoirs in Belarus], 160 (in Russian).