

- kovlev A. A., Konyrbaev A. B. Zayav. 26.11.98.
17. Protocol № 01-42-97 (1.1.016) state acceptance tests of hydraulic packer device UPG-168. S. Oktyabr: Kazakh MIS, 1997. – 17 p.
  18. A. s. № 252867 USSR. Packer hydraulic device for submersible pump // Krapivin V. D. Publ. 09.22.69.
  19. Zhakupova, Z. Z. Improvement pipeless water lifting technologies for more efficient use of ground- water / Z. Z. Zhakupova, A. A. Yakovlev // Problems of water allocation and ways to improve the quality of transboundary rivers in Kazakhstan: Proceedings of Int. Pract. konf. magistrantov, PhD doctoral students and young scientists. – Almaty : KazNAU, 2012. – P. 150–153.
  20. Zhakupova, Z. Z. Theoretical background to the justification of the technological scheme of water lifting pipeless groundwater / Z. Z. Zhakupova, A. A. Yakovlev, E. Sarkynov // Research Results: The application number 2. – Almaty, 2012. – P. 69–75.
  21. Zhakupova, Z. Z. Improving pipeless water lifting technologies for more efficient use of groundwater in the reclamation: Dis. magistra with s. nauk. – Almaty, 2013. – 105 p.

УДК [574+ 594]

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ КРЕПЛЕНИЙ СООРУЖЕНИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ОТКОСНОГО ТИПА**

***В. Е. Левкевич***

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,  
lev2014@mail.ru

### **Аннотация**

В представленной работе приведены результаты технико-экономической оценки эффективности различных типов крепления откосов дамб и плотин, используемых на водохранилищах Беларуси.

**Ключевые слова:** водохранилище, сооружения, эффективность, стоимость.

### **EFFICIENCY OF FASTENING STRUCTURES OF ENGINEERING PROTECTION OF SLOPE TYPE**

***V. E. Levkevich***

### **Abstract**

The presented work presents the results of a feasibility study of the effectiveness of various types of dam and dam slope support used in reservoirs in Belarus.

**Keywords:** reservoir, facilities, efficiency, cost.

**Введение.** Общая длина укрепленных берегов и берегоукрепительных сооружений на водохранилищах Беларуси составляет около 250 км. Длина поврежденных и 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.

**Материалы и методы.** В процессе исследований была оценена стоимость берегозащиты различных конструкций и типов, имеющих наибольшее распространение в Беларуси: георешетка; гибкое бетонное крепление; искусственная самоотмостка; шпунтовая стенка; железобетонные плиты; 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 производится путем сопоставления суммы капитальных вложений и эксплуатационных расходов

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

где  $\Pi_i$  – приведенные затраты 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 вложений по строительству отдельных типов креплений на основании объемов работ составлялись локальные сметы. Расчет смет производился по НРР 2017 в текущих ценах на июль 2021. В расчетах ужегодные эксплуатационные расходы  $C$ , тыс. руб., определялись по формуле

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

где  $C_T$  – транспортные расходы на доставку 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 группа работников из 5 чел. Средняя заработная плата в 2021 году составляет в среднем 1400 руб. Выезд работников для мониторинга состояния крепления принимался два раза в год, т.е. два рабочих дня, тогда  $C_{з/п} = (5 \cdot 1,4) / 21 \cdot 2 = 0,67$  тыс. руб.;  $C_{нач\ з/п}$  – налоговые начисления на заработную плату, принимались равными 40 % от  $C_{з/п}$

$$C_{нач\ з/п} = 0,4 \cdot 0,67 = 0,27 \text{ тыс. руб.} \quad (3)$$

где  $C_{пр}$  – прочие расходы, включающие текущий ремонт, износ приборов измерения, командировки и так далее. Величина  $C_{пр}$ , тыс. руб., ориентировочно определяется в размере 40 % от суммы затрат на зарплату:

$$C_{пр} = 0,4 C_{з/п}, \quad (4)$$

$$C_{пр} = 0,4 \cdot 0,67 = 0,27 \text{ тыс. руб.}$$

Тогда ориентировочные эксплуатационные расходы составят

$$C = 0,04 + 0,67 + 0,27 + 0,27 = 1,25 \text{ тыс. руб.}$$

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. Сравнительный расчет стоимостей капитальных вложений  $k_i$  в крепления откосов различного типа производился для участка условного откоса сооружения длиной 10 м пог. и составил:

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

Анализ показал, что самый экономически выгодный типом крепления является на этапе строительства – крепление георешеткой, а самое дорогое – крепление железобетонными плитами.

**Результаты и обсуждение.** Наряду с оценкой экономической эффективности на стадии строительства была проведена оценка эффективности конструкций различных типов креплений с учетом определенного периода эксплуатации. Период оценки составлял 5 лет с момента ввода в эксплуатацию объекта. Для оценки был предложен коэффициент эффективности крепления при эксплуатации ( $k_{эф}$ ), который определяется по формуле

$$k_{эф} = m_2 \cdot St / m'_2 \cdot L_{отк} , \quad (5)$$













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).

Значения  $k_{эф}$  для различных типов креплений приведены ниже в таблице 1.

**Заключение.** В результате обобщения материалов натуральных обследований берегозащитных сооружений страны, находящихся в эксплуатации не менее 5 лет, можно отметить:

- крепление в виде георешетки – страдает тем, что в результате вымыва грунта из-под геотекстиля происходит просадка крепления. Это крепление требует периодической подсыпки щебня и замены разрушенных ячеек георешетки;
- крепление каменной наброской – требует также постоянной подсыпки дорогостоящего камня и гравия в местах локальных размывов.;
- крепление «гибкий бетон» – подвержено разрушению при воздействии ледовой нагрузки, характеризуется высокой стоимостью;
- крепление «железобетонными плитами» – страдаетм повышенным раскрытием межплиточных швов, через которые вымывается обратный фильтр;
- крепление «искусственная самоотмостка» – показало экономическую эффективность (практически отсутствуют эксплуатационные затраты при этом используются только природные материалы – грунты с повышенной неоднородностью), быстро стабилизирует берег;

**Таблица 1**– Значения коэффициента  $k_{эф}$

Типы крепления берегов и грунтовых откосов	Форма крепления	Состояние крепления после 5 лет эксплуатации	Коэфф. эффективн. крепления (КЭК)
1. Георешетка			0,43
2. Каменная наброска			0,65
3. Железобетонное крепление гибкое			0,5
4. Плиты железобетонные			0,65
5. Способ крепления самоотмосткой			0,9
6. Шпунтовая стенка			1,0

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

Оценка величины  $k_{эф}$  – коэффициента эффективности крепления показала, что наиболее высокие значения имеют крепления типа «искусственная самоотмотка» ( $k_{эф} = 0,9$ ) и «шпунтовая стена» ( $k_{эф} = 1,0$ ). Наиболее низкой эффективностью обладает тип «георешетка» ( $k_{эф} = 0,43$ ) и «гибкий бетон» ( $k_{эф} = 0,5$ ).

УДК 621.311.243(476)

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА СУММАРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СОЛНЕЧНОГО СИЯНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*О. П. Мешик, М. В. Борушко, В. А. Морозова, К. О. Мешик*

УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь,  
omeshyk@gmail.com

### **Аннотация**

В статье представлена методика расчета суммарной солнечной радиации и продолжительности солнечного сияния, которая позволяет оценить количество и продолжительность солнечного сияния как основной фактор, формирующий потенциальные энергетические ресурсы климата Республики Беларусь. Сделан вывод о том, что гелиоэнергетических ресурсов в Беларуси достаточно для развития гелиоэнергетики, однако они распределены в течение года неравномерно.

**Ключевые слова:** интенсивность солнечной радиации, продолжительность солнечного сияния, облачность.

### **A METHOD TO ASSESS SOLAR RADIATION AND SOLAR DURATION IN BELARUS**

*A. P. Meshyk, M. V. Barushka, V. A. Marozava, K. A. Meshyk*

### **Abstract**

The aim of this study is to assess the amount and duration of sunshine over the territory of Belarus. It is considered to be the main factor that shapes solar power resources of a climate. This paper presents a method to calculate solar radiation. The authors make a conclusion that there is enough sunshine in Belarus to develop solar power industry although its duration is uneven within the year.

**Keywords:** solar radiation, sunshine duration, cloudiness.

**Введение.** В последние годы в Республике Беларусь уделяется большое внимание развитию солнечной энергетики. Согласно Государственному кадастру возобновляемых источников энергии Республики Беларусь на сегодняшний день на территории Беларуси установлено 110 солнечных электростанций различной мощности (от 1,3 до 17 МВт) [1].

Существует необходимость оценить потенциальные энергетические ресурсы климата, которые включают в себя определенные характеристики радиационного режима и облачности. Большинство исследовательских работ, в которых оцениваются гелиоэнергетические ресурсы климата Беларуси, регионов России и других стран, объединяют выполненные статистические обобщения парамет-