

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ САРДОБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Доцент Андижанского института сельского хозяйства и агротехнологий

Махмудов Абдулатип

Ассистент Андижанского института сельского хозяйства и агротехнологий

Махмудов Достонбек, Рустамбек ўгли

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы повышения устойчивости Сардобинского водохранилища как одного из важных гидротехнических объектов региона. Особое внимание уделено анализу причин снижения устойчивости сооружений, включая фильтрационные процессы, деформации грунтового основания и влияние гидрологических факторов. На основе анализа последствий аварийных ситуаций, в частности Сардобинская авария, выявлены ключевые недостатки существующих подходов к обеспечению устойчивости гидротехнических сооружений.

Ключевые слова: Сардобинское водохранилище, устойчивость, гидротехнические сооружения, фильтрация, дренаж, мониторинг, риск, аварии, математическое моделирование, безопасность

IMPROVEMENT OF METHODS FOR ENSURING THE STABILITY OF HYDRAULIC STRUCTURES: A CASE STUDY OF THE SARDOBINSKOYE RESERVOIR

Makhmudov Abdulatip

Associate Professor, Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies

Makhmudov Dostonbek, Rustambek ugli

Assistant, Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies

Abstract. This article addresses issues related to improving the stability of the Sardobinskoye Reservoir as one of the key hydraulic structures in the region. Particular attention is given to the analysis of factors leading to reduced structural stability, including seepage processes, deformation of the soil foundation, and the

influence of hydrological factors. Based on an analysis of the consequences of emergency situations, in particular the Sardobinskoye incident, key shortcomings in existing approaches to ensuring the stability of hydraulic structures have been identified.

Keywords: Sardobinskoye Reservoir, stability, hydraulic structures, seepage, drainage, monitoring, risk, accidents, mathematical modeling, safety.

Введение. Гидротехнические сооружения, в частности водохранилища, играют ключевую роль в обеспечении водных ресурсов, регулировании стока и развитии сельского хозяйства. Сардобинское водохранилище, расположенное на территории Республики Узбекистан, является одним из значимых объектов водохозяйственной инфраструктуры. Однако аварийная ситуация, произошедшая в 2020 году (Сардобинская авария), продемонстрировала уязвимость гидротехнических сооружений и необходимость пересмотра существующих подходов к обеспечению их устойчивости [1]. В современных условиях устойчивость гидротехнических сооружений определяется совокупностью факторов, включая прочностные характеристики конструкций, состояние грунтового основания, фильтрационные процессы и эффективность систем дренажа [2]. Наряду с этим существенное влияние оказывают изменения гидрологического режима, вызванные климатическими факторами, а также уровень технического контроля и мониторинга состояния сооружений [3].

Методы исследования. В ходе исследования применён комплекс научных методов, обеспечивающих всесторонний анализ устойчивости Сардобинского водохранилища и разработку направлений её повышения. Основу методологического подхода составил системный анализ, в рамках которого водохранилище рассматривалось как сложная инженерно-гидротехническая система, функционирующая под воздействием взаимосвязанных природных и техногенных факторов. Это позволило выявить ключевые элементы, влияющие на устойчивость сооружения, включая конструктивные особенности, свойства грунтового основания и гидрологические условия. В работе также использован

сравнительный анализ, позволивший сопоставить существующие методы повышения устойчивости гидротехнических сооружений с современными инженерными решениями, применяемыми в международной практике. Особое место в исследовании занимает case-study метод, основанный на анализе последствий Сардобинская авария, что позволило выявить практические недостатки в обеспечении устойчивости и определить направления их устранения.

Результаты. В результате проведённого исследования установлено, что устойчивость Сардобинского водохранилища определяется комплексным взаимодействием фильтрационных, прочностных и гидравлических факторов. Для количественной оценки устойчивости предложена интегральная модель. Коэффициент устойчивости откоса определяется как:

$$K = \frac{\sum R}{\sum S}$$

Расчёты показали, что при повышении уровня воды коэффициент устойчивости снижается, особенно при ослабленном грунтовом основании.

Фильтрационный поток через тело дамбы описывается законом Дарси:

$$q = k \cdot i \cdot A$$

q-расход фильтрации, k-коэффициент фильтрации грунта, i-гидравлический градиент, A - площадь фильтрационного потока.

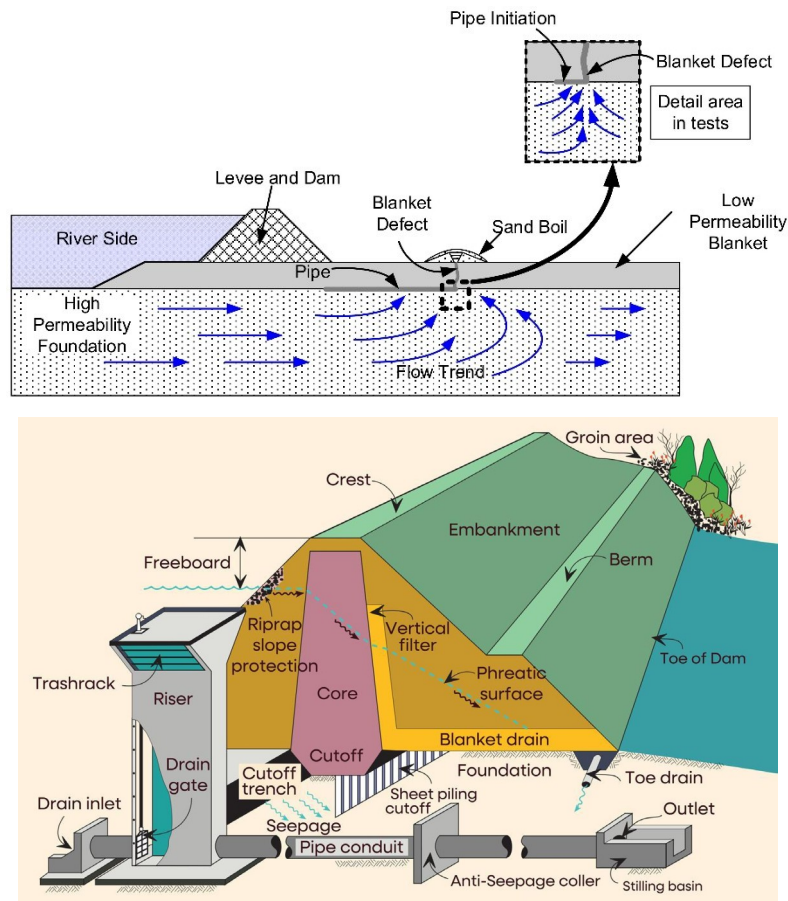
Анализ показал, что увеличение коэффициента фильтрации приводит к росту риска суффозии и размыва основания.

Условие прочности грунта описывается критерием Мора–Кулона:

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi$$

c - сцепление грунта, σ - нормальное напряжение, φ - угол внутреннего трения.

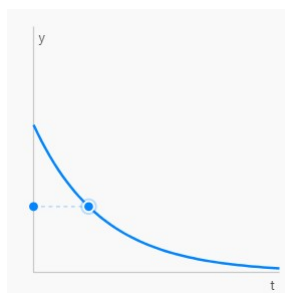
Установлено, что при переувлажнении грунта параметры c и φ снижаются, что ведёт к потере устойчивости.



На схеме показаны основные зоны риска:

- фильтрационные потоки через тело дамбы
- зоны возможного размыва (piping)
- слабые участки основания

$$K(t) = K_0 e^{-\alpha t}$$



Интегральный показатель устойчивости:

$$S = f(D, M, G, H)$$

D-эффективность дренажной системы, M-уровень мониторинга, G-геотехнические параметры, H - гидрологическая нагрузка.

Заключение. В результате проведенного исследования установлено, что устойчивость Сардобинского водохранилища является ключевым фактором обеспечения безопасности гидротехнических сооружений и предотвращения аварийных ситуаций. Анализ показал, что основными причинами снижения устойчивости являются фильтрационные процессы, недостаточная эффективность дренажных систем и ухудшение физико-механических свойств грунтов. Разработанные в работе математические модели и предложенные инженерные подходы позволяют более точно оценивать уровень устойчивости сооружения и выявлять потенциально опасные зоны на ранних стадиях. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения предложенных решений при реконструкции и эксплуатации гидротехнических сооружений, что способствует снижению рисков аварий и повышению общей безопасности. Совершенствование методов повышения устойчивости Сардобинского водохранилища должно рассматриваться как приоритетное направление современной гидротехнической науки и практики, направленное на обеспечение устойчивого развития и защиту населения и окружающей среды.

Список литературы

1. International Commission on Large Dams (ICOLD). (2020). *Всемирный реестр плотин*. Париж: ICOLD.
2. United Nations Environment Programme (UNEP). (2000). *Плотины и развитие: новая основа для принятия решений*. Лондон: Earthscan Publications.
3. World Bank. (2018). *Рекомендации по обеспечению безопасности плотин*. Вашингтон, округ Колумбия: Всемирный банк.
4. Республика Узбекистан. (1999). *Закон «О безопасности гидротехнических сооружений»*. Ташкент: Правительство Республики Узбекистан.
5. СП 58.13330.2019. (2019). *Гидротехнические сооружения. Основные положения*. Москва: Минстрой России.

6. Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2015). *Федеральные руководящие принципы по безопасности плотин (FEMA P-1025)*. Вашингтон, округ Колумбия.
7. U.S. Army Corps of Engineers. (2014). *Инженерные нормы: политика и процедуры безопасности плотин (ER 1110-2-1156)*. Вашингтон, округ Колумбия.
8. Novak, P., Moffat, A. I. B., Nalluri, S., & Narayanan, R. (2017). *Гидротехнические сооружения (5-е изд.)*. Бока-Ратон: CRC Press.
9. Chow, V. T. (1988). *Прикладная гидрология*. Нью-Йорк: McGraw-Hill.
10. ICOLD. (2017). *Управление безопасностью плотин на этапе эксплуатации*. Париж: ICOLD.