

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО,  
ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 627.824

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-385-395

**Результаты натурных исследований осадок в теле земляной плотины**

**Данияр Танирбергенович Палуанов<sup>1</sup>, Дилбар Кеунимжаевна Оспанова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,  
Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup>Каракалпакский государственный университет имени Бердаха, Нукус, Узбекистан

<sup>1</sup>doni\_pol@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2178-8178>

<sup>2</sup>dilbarospanovs23@gmail.com

**Аннотация. Цель:** проведение натурных исследований, посвященных определению вертикальной осадки в теле, и оценка безопасности земляной плотины Лянгарского водохранилища. Один из способов обеспечения безопасного состояния земляных плотин в период эксплуатации – проведение натуральных исследований на объекте. Одним из факторов, приводящих к переливу воды через гребень сооружения, является осадка тела земляной плотины. Оценка чрезмерных осадок земляной плотины водохранилища проводится на основании данных наблюдений и проектной документации. На практике осадка земляной плотины за период эксплуатации не должна превышать показатели, указанные в проекте. Количественное определение осадки тела грунтовой плотины произведено на основании требований, указанных в нормативных документах. **Материалы и методы.** В процессе исследований использованы теоретические и общепринятые методы выявления вертикальных деформаций в гребне земляной плотины с помощью геометрического нивелирования. Перед производством работ выполнены исследования и поверки инструментов согласно нормативным документам. **Результаты.** Геодезические измерения проводились на примере земляной плотины Лянгарского водохранилища. Осуществлены повторные геодезические измерения (второй цикл) для определения осадки гребня земляной плотины. По результатам геодезических измерений построен продольный профиль осадки гребня рассматриваемого объекта. За период наблюдений осадка гребня земляной плотины составила 15 мм в первом цикле и 18 мм во втором цикле. **Выводы.** Показатели, полученные в результате геодезических измерений, при сравнении с показателями, приведенными в нормативных документах, свидетельствуют: безопасное состояние сооружения обеспечивается, что не приводит к переливу воды через гребень земляной плотины.

**Ключевые слова:** земляная плотина, эксплуатация, водохранилище, осадка, перелив воды, разрушение, гребень

**Для цитирования:** Палуанов Д. Т., Оспанова Д. К. Результаты натурных исследований осадок в теле земляной плотины // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 4. С. 385–395. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-385-395>.

HYDRAULIC ENGINEERING,  
HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

Original article

**The results of field studies of the settlement of an earthfill dam body**



**Daniyar T. Paluanov<sup>1</sup>, Dilbar K. Ospanova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup>Karakalpak State University named after Berdakh, Nukus, Uzbekistan

<sup>1</sup>doni\_pol@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2178-8178>

<sup>2</sup>dilbarospanovs23@gmail.com

**Abstract. The purpose:** to conduct field studies to determine the vertical settlement in the body and assess the safety of the earthfill dam of the Lyangar reservoir. One of the ways to ensure the safe condition of earthfill dams during operation is to conduct field studies in the facility. One of the factors leading to the overflow over the structure crest is the settlement of the earthfill dam body. Excessive settlement of the earthfill dams of reservoirs are assessed on the basis of observational data and design documentation. In practice, the settlement of earthfill dams during the operational period should not exceed the values specified in the project. The quantitative determination of the settlement of the earthfill dam body was carried out on the basis of the requirements specified in the regulatory documents. **Materials and methods.** In the process of research, theoretical and generally accepted detection methods of vertical deformations on the crest of an earthfill dam using geometric leveling were used. The research and verification of tools was carried out in accordance with regulatory documents before carrying out the work. **Results.** Geodetic measurements were carried out on the example of the earthfill dam of the Lyangar reservoir. Repeated geodetic measurements (the second cycle) for determining the settlement of the earth dam crest were carried out. The longitudinal profile of the crest of the object under consideration was constructed on the results of geodetic measurements. During the observation period, the settlement of the earthfill dam crest was 15 mm in the first cycle and 18 mm in the second cycle. **Conclusions.** The indicators obtained as a result of geodetic measurements, when compared with the indicators given in the regulatory documents, testify that the safe state of the structure is ensured, which does not lead to water overflowing over the earthfill dam crest.

**Keywords:** earthfill dam, operation, reservoir, settlement, water overflow, destruction, crest

**For citation:** Paluanov D. T., Ospanova D. K. The results of field studies of the settlement of an earthfill dam body. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(4): 385–395. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-385-395>.

**Введение.** Проектирование и строительство земляных плотин водохранилищ важно не только с точки зрения эффективного использования водных ресурсов, но и для безопасности и предотвращения гидродинамических аварий [1, 2].

Анализ результатов наблюдений и данных в процессе эксплуатации земляных плотин показал, что вертикальные осадки могут быть вызваны гидрологическими, техническими и экологическими факторами, приводящими к авариям и влияющими на надежность. Если обобщить и проанализировать собранные материалы, факторы, влияющие на состояние всех земляных плотин, выражаются следующим образом:

- переполнение водохранилищ (в т. ч. заиление, разрушение и размыв берегов, оползни и т. п.), что в дальнейшем может привести к переливу воды через гребень плотины;
- повреждение защитных элементов на верхнем откосе земляных плотин;
- изменение фильтрационных процессов в теле земляных плотин;
- чрезмерные осадки и смещения тела земляных плотин;
- неисправности на водовыпускных и водосбросных сооружениях;
- изменения в дренажах и туннелях;
- размыв нижнего бьефа и разрушение последних сопрягающих сооружений;
- выход из строя электрической и механической частей сооружения;
- ухудшение (агрессивность) качества воды и т. д. [3–9].

Для того чтобы исключить возникновение каждого фактора или снизить его влияние, необходимо на основе отдельного научного подхода выявить причины его возникновения, определить и реализовать меры по предотвращению этих причин [10].

**Материалы и методы.** Необходимо проводить натурные наблюдения для контроля за безопасностью эксплуатируемых земляных плотин. Состав и объем натурных наблюдений определяются инструкциями по проектированию, нормативными документами в зависимости от класса сооружения, особенностей инженерно-геологического строения основания, экологической ситуации и т. п. Натурные наблюдения, разрабатываемые при проектировании земляных плотин, всегда адаптируются к периоду эксплуатации. Нарушение правил эксплуатации земляных плотин может привести к их осадкам и смещению [11, 12].

Оценка чрезмерной осадки земляной плотины водохранилища проводится на основании всех данных наблюдений, проектной и нормативной до-

кументации. Осадка тела плотины, наблюдаемая при эксплуатации гидроузла, не должна превышать указанную в проекте, т. е.:

$$S_n < S_{п},$$

где  $S_n$  и  $S_{п}$  – наблюдаемые и проектные осадки [13].

Геодезические измерения проведены на земляной плотине Лянгарского водохранилища<sup>1</sup>. Оно расположено в русле р. Лянгар, в районе выхода реки из горной части в долину р. Кашкадарьи, в 12 км юго-восточнее поселка Камаша. Годы строительства объекта 1971–1973 гг. Принят в постоянную эксплуатацию в декабре 1973 г. с проектной емкостью 4,0 млн м<sup>3</sup> как селехранилище. Предназначался для аккумуляции селевых вод р. Лянгар. В 1974–1987 гг. проведена реконструкция с увеличением общей емкости до 7,35 млн м<sup>3</sup> за счет наращивания плотины, с использованием части паводковых вод для ирригации. Состав сооружений водохранилища был дополнен катастрофическим сбросом на 206 м<sup>3</sup>/с. В результате селехранилище перешло в режим работы водохранилища. Водами его орошается 2,4 тыс. га посевных площадей. Класс сооружений – II.

Абсолютные отметки воды в водохранилище: форсированный подпорный уровень (ФПУ) – 660,20 м, нормальный подпорный уровень (НПУ) – 658,20 м, уровень мертвого объема (УМО) – 633,00 м. Площадь зеркала при НПУ – 0,7 км<sup>2</sup>, длина – 1,85 км, ширина – 0,7 км, максимальная глубина – 27 м. По данным исследований, проведенных в 2011–2020 гг., 12–13 м его было заилено. Год начала наполнения – 1975 г., дата достижения НПУ – апрель 1998 г. По данным института «Уздавсувлойиха», объем заиления водохранилища составил 2,98 млн м<sup>3</sup>. Полезная емкость снизилась до 4,37 млн м<sup>3</sup> при проектной 7,35 млн м<sup>3</sup>. По результатам проведенных исследований, в водохранилище продолжается процесс заиления.

---

<sup>1</sup>Разработка нормы по оценке категорий риска эксплуатируемых гидротехнических сооружений: отчет. Государственная научно-техническая программа. Ташкент, 2020. 96 с.

Плотина земляная, однородная, из суглинистого грунта. Верховой откос укреплен монолитным железобетоном толщиной 12 см, низовой откос пригружен гравийно-галечниковым грунтом толщиной 1,5–2,0 м. Параметры плотины: отметка гребня – 662,30 м; длина по гребню – 1050 м; максимальная высота – 34,0 м; ширина по гребню – 10,0 м; заложение откосов: верхового – 2,5 и 2,75; низового – 2,5; 2,75 и 3,0; максимальная ширина по основанию плотины – 186,7 м; ширина бермы верхового откоса и двух берм низового откоса по 4,0 м.

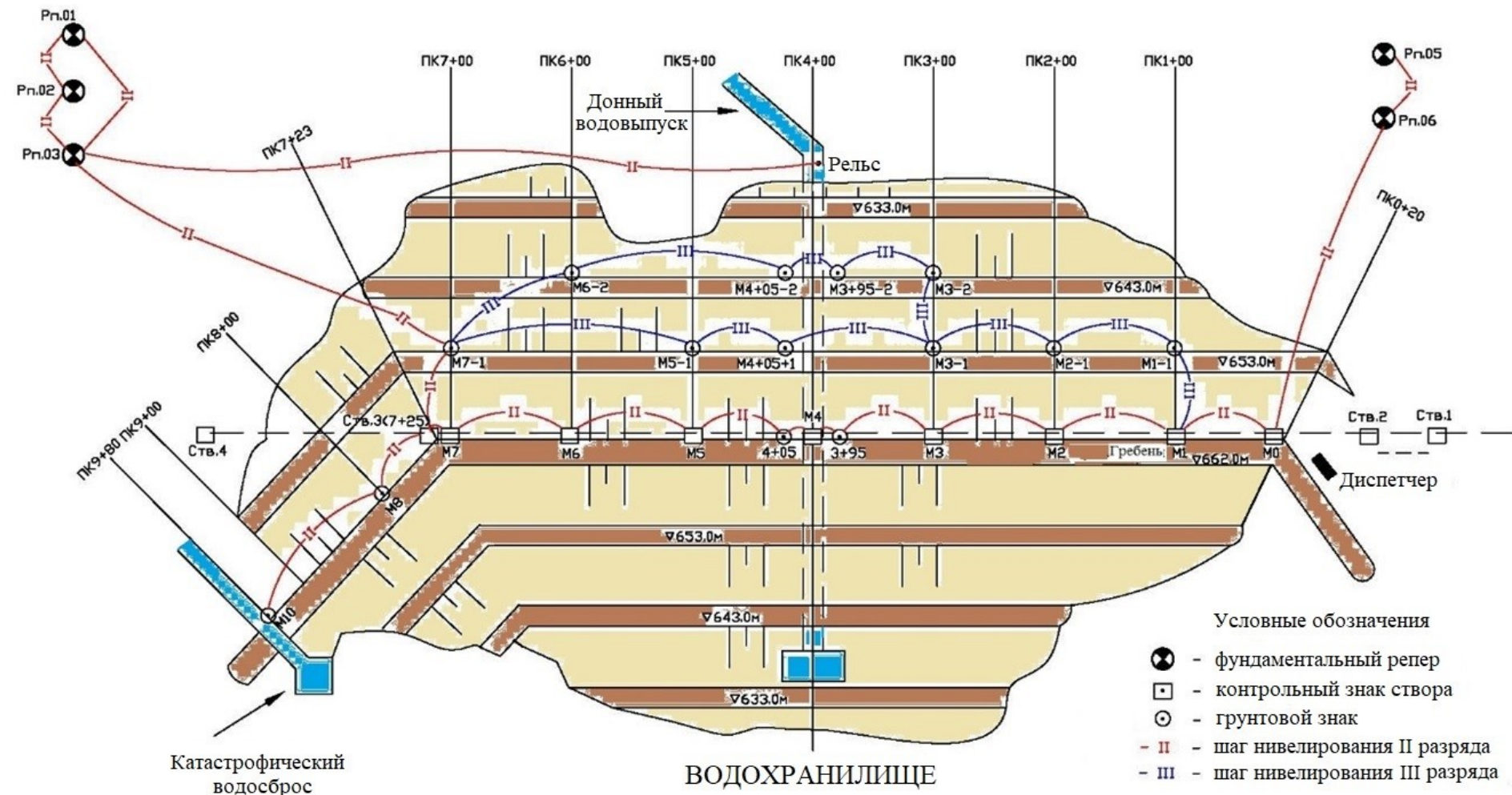
**Результаты и обсуждение.** Для количественного определения осадок гребня плотины в нулевом цикле была произведена закладка контрольно-измерительной аппаратуры [14]. Два куста фундаментальных реперов (являются высотной основой) находятся на правом и левом берегах, в каждом по три фундаментальных репера, изображение местонахождения реперов получается из первого цикла наблюдений. На гребне плотины заложено 10 высотных знаков, из них восемь планово-высотных (рисунок 1).

Перед производством работ выполнены исследования и поверки инструментов согласно нормативным документам.

Для определения состояния высотной основы и анализа в последующих циклах приведены данные о превышениях между реперами в таблице 1.

Из приведенных данных о высотной основе следует: фундаментальные реперы устойчивы. Для подсчета осадочных процессов приняты отметки фундаментальных реперов: Ф.рп.01 – 636,9230 м, Ф.рп.06 – 669,25672 м. Нивелирование II разряда выполнено по осадочным маркам гребня плотины.

В 2002 г. сотрудники Государственной инспекции «Госводхознадзор» выполнили первичные геодезические измерения (первый цикл) вертикальной осадки тела земляной плотины Лянгарского водохранилища. В результате вертикальная осадка тела плотины составила 15 мм.



**Рисунок 1 – Схема высотных наблюдений**  
**Figure 1 – Scheme of altitude observations**

**Таблица 1 – Данные о превышениях между реперами**

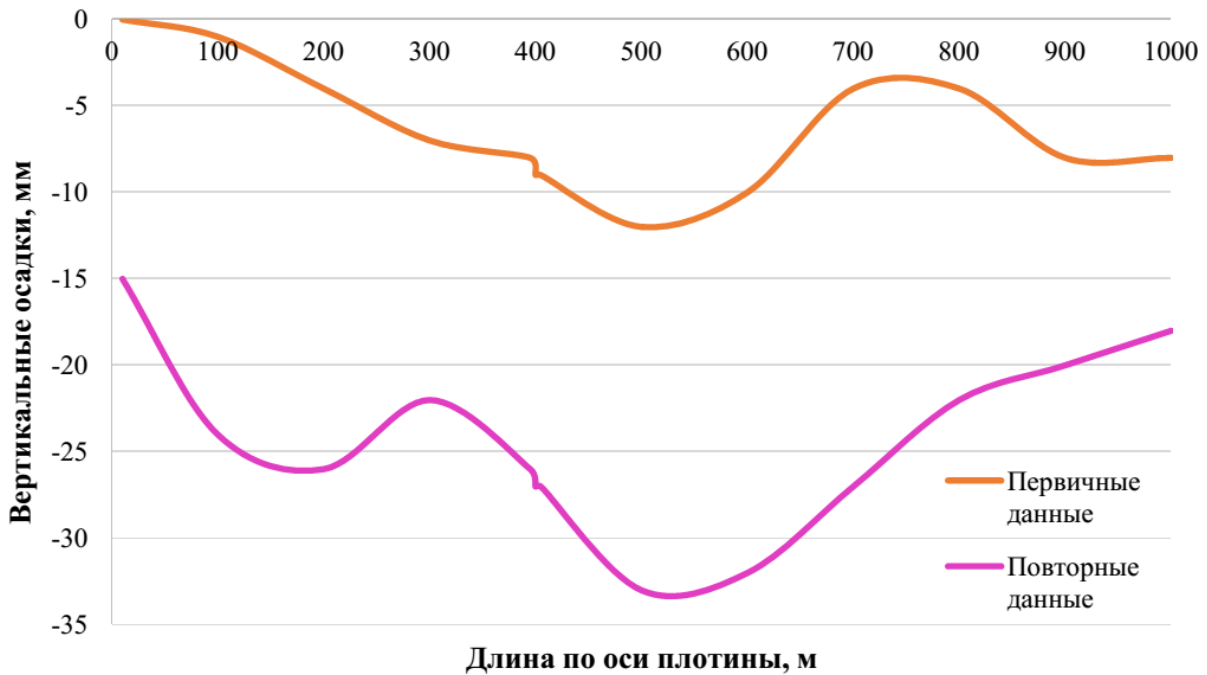
**Table 1 – Data on elevations between benchmarks**

№ репера	Измеренное превышение, м			Расхождение, мм	
	нулевой	первый	второй	2002 г.	2020 г.
	2000 г.	2002 г.	2020 г.	2000 г.	2000 г.
Левобережный куст реперов № 1					
01					
	+0,0218	+0,0216	+0,0225	-0,2	+0,7
02					
	-0,0309	-0,0303	-0,0330	+0,6	-2,1
03					
	+0,0084	+0,0089	+0,0105	+0,5	+2,1
01					
	-0,0007	-0,0002	0,0000		
Правобережный куст реперов № 2					
05					
			+0,9996	–	–
06					

В рамках прикладного проекта «Разработка нормы по оценке категорий риска эксплуатируемых гидротехнических сооружений», выполненного в 2018–2020 гг. в НИИ ирригации и водных проблем на основе Государственной научно-технической программы и совместно с сотрудниками Государственной инспекции «Госводхознадзор» по контролю за вертикальными осадками тела плотины, проведен второй цикл повторных геодезических измерений. Наблюдения проводились при среднем уровне воды в водохранилище 648,12 м.

Результаты оценки осадки гребня земляной плотины Лянгарского водохранилища представлены на рисунке 2.

Анализ результатов геодезических измерений показывает, что осадка гребня земляной плотины за период наблюдений увеличивается от бортов к средней части от 15 мм (1-й цикл) до 33 мм (2-й цикл). Берма нижнего бьефа на отметке 653 м за период наблюдений имеет неравномерную осадку от 12 до 18 мм. Осадку бермы нижнего бьефа на отметке 643 м незначительна. Средняя осадка в год составляет 1 мм. Водовыпуск от входного до выходного оголовка имеет равномерную осадку со средней величиной 10 мм и небольшим увеличением в средней части до 15 мм.



**Рисунок 2 – Продольный профиль осадки гребня земляной плотины**  
**Figure 2 – Longitudinal profile of the settlement of the earthfill dam crest**

Согласно нормативным документам, если осадка гребня земляных плотин не превышает 0,02 % высоты плотины в течение года, то осадка плотины считается стабилизированной. Исходя из этого, обеспечивается безопасное состояние грунтовой плотины в период эксплуатации.

### **Выводы**

1 Натурные наблюдения проводились с целью контроля за техническим состоянием и безопасностью эксплуатируемой земляной плотины Лянгарского водохранилища. Проведены повторные геодезические измерения (второй цикл) для определения осадки гребня земляной плотины. По результатам геодезических измерений построен продольный профиль осадки гребня исследуемого объекта.

2 Показатели, полученные в результате геодезических измерений, при сравнении с показателями, приведенными в нормативных документах, свидетельствуют: безопасное состояние сооружения обеспечивается, что не приводит к переливу воды через гребень земляной плотины.



## Список источников

1. Бакиев М. Р. Анализ проблем надежной и безопасной эксплуатации грунтовых плотин водохранилищных гидроузлов // Ирригация и мелиорация. 2018. № 3(13). С. 10–13.
2. Волосухин В. А. Факторы, определяющие безопасность гидротехнических сооружений водохозяйственного назначения // Мониторинг: наука и безопасность. 2014. № 3(12). С. 7–8.
3. Гаппаров Ф. А., Нарзиев Ж. Ж. Прогнозирование и предотвращение переполнения водохранилища // Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений: материалы конф. Ташкент: ТИИМСХ, 2018. С. 196–199.
4. Жарницкий В. Я., Андреев Е. В. Проблемы эксплуатационной надежности и безопасности грунтовых плотин // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. № 1. С. 42–47.
5. Махмудов Э. Ж., Палуанов Д. Т. Организация мониторинга безопасности крупных и особо важных водохозяйственных объектов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 3(67). С. 134–139.
6. Оспанова Д. К. Факторы, влияющие на безопасность эксплуатируемых земляных плотин // Инновационные решения технических, инженерно-технологических проблем производства: материалы конф. Ч. 2. Джизак, 2022. С. 245–247.
7. Aldulaimi A. A. Safety evaluation of the Chamrga earth dam. A seepage deformation, and stability analysis with GeoStudio // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. 664. 012075. DOI: 10.1088/1755-1315/664/1/012075.
8. Dam breaking by wave-induced erosional incision / N. J. Balmforth, J. von Hardenberg, A. Provenzale, R. Zammett // Journal of Geophysical Research: Earth Surface. 2008. Vol. 113, iss. 1. F01020. DOI: 10.1029/2007JF000756.
9. Safety measures for earth dams on basis of instrumentation data, dam site location and reservoir volume / F. Jafarzadeh, A. A. Garakani, J. Maleki, M. Banikheir // Sustainable and Safe Dams Around the World. 2019. P. 2284–2297. DOI: 10.1201/9780429319778-204.
10. О безопасности гидротехнических сооружений [Электронный ресурс]: Закон Респ. Узбекистан от 30 авг. 2023 г. № ЗРУ-865: принят Законодат. палатой 4 мая 2023 г.: одобрен Сенатом 4 авг. 2023 г.: дата вступ. в силу 1 дек. 2023 г. URL: <https://lex.uz/ru/pdfs/6588809> (дата обращения: 01.10.2023).
11. Правила проведения натурных наблюдений за работой бетонных плотин / ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева». СПб., 2003. 22 с.
12. Ospanova D. K. The results of vertical movement of operating earth dam // Cutting-Edge Science 2022: International Scientific and Practical Conference. Shawnee, USA, 2022. P. 59–61. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7768954>.
13. Бакиев М. Р., Рахматов Н. Т. Надежное и безопасное использование гидротехнических сооружений: учеб. для вузов. Ёшлар нашриёт уйи, 2020. 248 с.
14. Оспанова Д. К., Палуанов Д. Т. Повышение безопасности эксплуатации земляных плотин // Материалы периодических конференций. Ч. 16. Ташкент, 2022. С. 21–22.

## References

1. Bakiev M.R., 2018. *Analiz problem nadezhnoy i bezopasnoy ekspluatatsii gruntovykh plotin vodokhranilishchnykh gidrouzlov* [Problem analysis for reliable and safe operation of earthfill dams of reservoir waterworks systems]. *Irrigatsiya i melioratsiya* [Irrigation and Land Reclamation], no. 3(13), pp. 10-13. (In Russian).
2. Volosukhin V.A., 2014. *Faktory, opredelyayushchie bezopasnost' gidrotekhnicheskikh sooruzheniy vodokhozyaystvennogo naznacheniya* [The factors defining safety of hydraulic engineering constructions of water management appointment]. *Monitoring: nauka i bezopasnost'* [Monitoring: Science and Safety], no. 3(12), pp. 7-8. (In Russian).

3. Gapparov F.A., Narziev Zh.Zh., 2018. *Prognozirovanie i predotvrashchenie perepolneniya vodokhranilishcha* [Prediction and preventing reservoir overflow]. *Povyshenie effektivnosti, nadezhnosti i bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy: materialy konferentsii* [Improving the Efficiency, Reliability and Safety of Hydraulic Structures: Proc. of the Conference]. Tashkent, TIIMSKh Publ., pp. 196-199. (In Russian).

4. Zharnitsky V.Ya., Andreev E.V., 2013. *Problemy ekspluatatsionnoy nadezhnosti i bezopasnosti gruntovykh plotin* [Problems of operational reliability and safety of earthfill dams]. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka* [News of Universities. Geodesy and Aerophotosurveying], no. 1, pp. 42-47. (In Russian).

5. Makhmudov E.Zh., Paluanov D.T., 2017. *Organizatsiya monitoringa bezopasnosti krupnykh i osobo vazhnykh vodokhozyaystvennykh ob"ektov* [Organization of safety monitoring of large and especially important water resource objects]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(67), pp. 134-139. (In Russian).

6. Ospanova D.K., 2022. *Faktory, vliyayushchie na bezopasnost' ekspluatiruemykh zemlyanykh plotin* [Factors affecting the safety of operated earthfill dams]. *Innovatsionnye resheniya tekhnicheskikh, inzhenerno-tekhnologicheskikh problem proizvodstva: materialy konferebtsii* [Innovative Solutions to Technical, Engineering and Technological Problems of Production: Proc. of the Conference]. Pt. 2, Jizzakh, pp. 245-247. (In Russian).

7. Aldulaimi A.A., 2021. Safety evaluation of the Chamrga earth dam. A seepage deformation, and stability analysis with GeoStudio. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 664, 012075, DOI: 10.1088/1755-1315/664/1/012075.

8. Balmforth N.J., von Hardenberg J., Provenzale A., Zammatt R., 2008. Dam breaking by wave-induced erosional incision. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, vol. 113, iss. 1, F01020, DOI: 10.1029/2007JF000756.

9. Jafarzadeh F., Garakani A.A., Maleki J., Banikheir M., 2019. Safety measures for earth dams on basis of instrumentation data, dam site location and reservoir volume. *Sustainable and Safe Dams Around the World*, pp. 2284-2297, DOI: 10.1201/9780429319778-204.

10. *O bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [On safety of hydraulic structures]. Law of the Republic of Uzbekistan of 30 August, 2023, no. ZRU-865, available: <https://lex.uz/ru/pdfs/6588809> [accessed 01.10.2023]. (In Russian).

11. *Pravila provedeniya naturnykh nablyudeniy za rabotoy betonnykh plotin* [Rules for Conducting Field Observations of the Operation of Concrete Dams]. JSC VNIIG named after B.E. Vedeneev, St. Petersburg, 2003, 22 p. (In Russian).

12. Ospanova D.K., 2022. The results of vertical movement of operating earth dam. *Cutting-Edge Science 2022: International Scientific and Practical Conference*. Shawnee, USA, pp. 59-61, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7768954>.

13. Bakiev M.R., Rakhmatov N.T., 2020. *Nadezhnoe i bezopasnoe ispol'zovanie gidrotekhnicheskikh sooruzheniy: uchebnik dlya vuzov* [Reliable and Safe Use of Hydraulic Structures: textbook]. *Yoshlar nashriyot uyi*, 248 p. (In Russian).

14. Ospanova D.K., Paluanov D.T., 2022. *Povyshenie bezopasnosti ekspluatatsii zemlyanykh plotin* [Improving the safety of operation of earthfill dams]. *Materialy periodicheskikh konferentsiy* [Proc. of Periodic Conferences]. Pt. 16, Tashkent, pp. 21-22. (In Russian).

---

#### **Информация об авторах**

**Д. Т. Палуанов** – профессор, доктор технических наук, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан, [doni\\_pol@mail.ru](mailto:doni_pol@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-2178-8178>;

**Д. К. Оспанова** – старший преподаватель, Каракалпакский государственный университет имени Бердаха, Нукус, Узбекистан, [dilbarospanovs23@gmail.com](mailto:dilbarospanovs23@gmail.com).

***Information about the authors***

**D. T. Paluanov** – Professor, Doctor of Technical Sciences, Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan, doni\_pol@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2178-8178>;

**D. K. Ospanova** – Senior Lecturer, Karakalpak State University named after Berdakh, Nukus, Uzbekistan, dilbarospanovs23@gmail.com.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.*

*All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 18.09.2023; одобрена после рецензирования 31.10.2023;  
принята к публикации 09.11.2023.*

*The article was submitted 18.09.2023; approved after reviewing 31.10.2023; accepted for publication 09.11.2023.*