

УДК: 626.816

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ НАДЕЖНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН ВОДОХРАНИЛИЩНЫХ ГИДРОУЗЛОВ

М.Р. Бакиев - д.т.н, профессор

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

### Аннотация

В статье прогнозированы случаи аварий грунтовых плотин водохранилищных гидроузлов, установлены факторы, влияющие на надежность и безопасность эксплуатируемых плотин, разработаны сценарии возникновения аварий грунтовых плотин.

**Ключевые слова:** грунтовая плотина, авария, факторы, перелив, фильтрация, устойчивость, сценарии.

## PROBLEM ANALYSIS FOR RELIABLE AND SAFE OPERATION OF EARTHFILL DAMS IN WATER RESERVOIR HYDROSYSTEMS

M.R. Bakiev

### Abstract

In the article the author forecasted the emergency cases for earthfill dams in water reservoir hydrosystems, set factors, affecting on the reliability and safety of the dams under operation, developed scenarios for emergency occurrence in earthfill dams.

**Key words:** earthfill dams, emergency, factors, overspill, filtration, stability, scenarios.

## СУВ ОМБОРЛАРЛИ ТУПРОҚ ТЎҒОНЛАРНИ ИШОНЧЛИ ВА ХАВФСИЗ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ҚИЛИШ МУАММОЛАРИНИНГ ТАҲЛИЛИ

М.Р. Бакиев

### Аннотация

Мақолада сув омборли тупроқ тўғонлардаги ҳалокатли ҳодисалар башорат қилинган, эксплуатация қилинаётган тўғонларнинг ишончилиги ва хавфсизлигига таъсир этувчи омиллар белгиланган, грунт тўғон ҳалокатлари содир бўлиши сценарийлари ишлаб чиқилган.

**Калит сўзлар:** тупроқли тўғон, ҳалокат, омиллар, сув тошиб ўтиши, фильтрация, чидамлилиқ, сценарийлар.

**В**ведение. Масштабное гидротехническое строительство связано с возведением и эксплуатацией больших плотин и водохранилищ, которые могут не только существенно изменять условия существования экосистем и социумов и физико-географические характеристики целых регионов, но и представлять потенциальную опасность возникновения крупных аварий и техногенных чрезвычайных ситуаций в результате отказов и неисправностей.

В истории гидротехнического строительства зафиксированы многочисленные случаи аварий грунтовых плотин. Некоторые из них привели к многочисленным жертвам, серьезным экономическим, экологическим и социальным потерям, убыткам и ущербам.

Масштаб национальных бедствий приобрели аварии плотин в Италии – Грено и Вайонт. В последнем случае из-за подземных толчков в водохранилище на реке Пьяве обрушился оползень, вызвавший переклест образовав-

шейся волны через гребень плотины (количество пострадавших составило 30 тыс. человек).

1 апреля 1956 г. при наполнении водохранилища произошла авария земляной плотины малой мощности на Лужской ГЭС №2 (река Быстрица, Ленинградская область), разрушилась русловая земляная плотина, которая строилась в 1954–1955 гг. Разрушение плотины началось с фильтрации воды на низовом откосе примыкания русловой земляной плотины к зданию гидростанции – против консоли бетонной шпоры.

При уровне воды в Султансанджарском водохранилище на отметке 128.50 м 25 октября 2002 года появились очередные фильтрационно-суффозионные явления (авария) с просадками грунта на берме дамбы в районе ПК 48+44. После чего было принято решение об эксплуатации Султансанджарской дамбы при уровне воды в верхнем бьефе 126.50 м, вместо проектных 130.00 м. Таким образом, ежегодно происходит недобор воды в размере 900 млн.м<sup>3</sup>.

Катастрофические аварии грунтовых плотин наблюдались во многих развитых и развивающихся странах [1]. Примеры таких аварий приведены в таблице 1.

**Таблица 1**  
**Примеры катастрофических аварий грунтовых плотинах**

Плотина (страна)	Тип/высота, (м)	Год аварии	Основные причины аварии	Количество жертв
Дейл Дайк (Англия)	Грунтовая/ 29.0	1864	Перелив воды через гребень	238
СаусФорк (США)	Грунтовая/ 21.5	1889	Перелив воды через гребень	2500
Оруш (Бразилия)	Грунтовая/ 54.0	1960	Перелив воды через гребень	1000
Семпор (Индонезия)	Грунтовая/ 54.0	1967	Перелив воды через гребень	200
Буфало Крик (США)	Грунтовая/ 32.0	1972	Перелив воды через гребень	125
Титон (США)	Грунтовая/ 93.0	1976	Контактная суффозия, грубые ошибки проекта	11
Мачху-2 (Индия)	Грунтовая/ 26.0	1864	Перелив воды через гребень	2000

По данным Международной комиссии по большим плотинам (МКПБП) в настоящее время в мире построено более 45 тысяч больших плотин, более 60% из них являются грунтовыми. Грунтовые плотины примерно в 3 раза менее надежны, чем бетонные плотины и аварии на них в большинстве случаев происходят из-за перелива воды через гребень и фильтрации воды через тело и основание [2]. По данным Японского Водного Агентства (ЯВА) примерно 33% аварий насыпных грунтовых плотин происходит из-за фильтрации, а 18,7% - из-за перелива воды через гребень (рис.1).

**Методика моделирования.** Моделирование аварий грунтовых плотин.

Для качественного и количественно анализа условий возникновения аварий при эксплуатации грунтовых плотин большое значение имеет их классификация в зависимости от причин возникновения, характера появления и возможных последствий для объекта, персонала, населения, окружающей природной и социальной среды.

Моделирование сценариев возникновения аварий и нарушений на грунтовых плотинах наглядно показывает, какие события вызваны действием нескольких различных по происхождению причин:

- неисправностей и отказов технических средств;



**Рис. 1. Диаграмма количества случаев прорыва набросных плотин**

- ошибок управления;
- действий факторов окружающей среды.

Сценарии возникновения аварий и нарушений позволяют расчленить сложные события и состояния на простые, проследить самые разнообразные причинно-следственные отношения между различными событиями и состояниями в системе во времени и пространстве. В конечном счете, они существенно упрощают качественную и количественную, в том числе и вероятностную (за счет глубокой дифференциации) характеристику отдельных событий и состояний.

Нами выполнено моделирование возможных сценариев возникновения аварий на грунтовых плотинах (рис.2), из которого видно, что аварии на грунтовой плотине могут происходить по трем направлениям [3, 4]:

- из-за перелива воды через гребень (рис.3);
- из-за фильтрации воды через тело и основание плотины (рис.4);
- из-за нарушения устойчивости (рис.5).

Перелив воды через гребень грунтовой плотины может произойти из-за превышения ветровой волны над расчетной или из-за наводнения в верхнем бьефе (рис.3). Превышение волны может произойти в виду возможных оползней, увеличения скорости ветра от климатических



**Рис.2. Модель возможных сценариев возникновения аварий на грунтовой плотине**

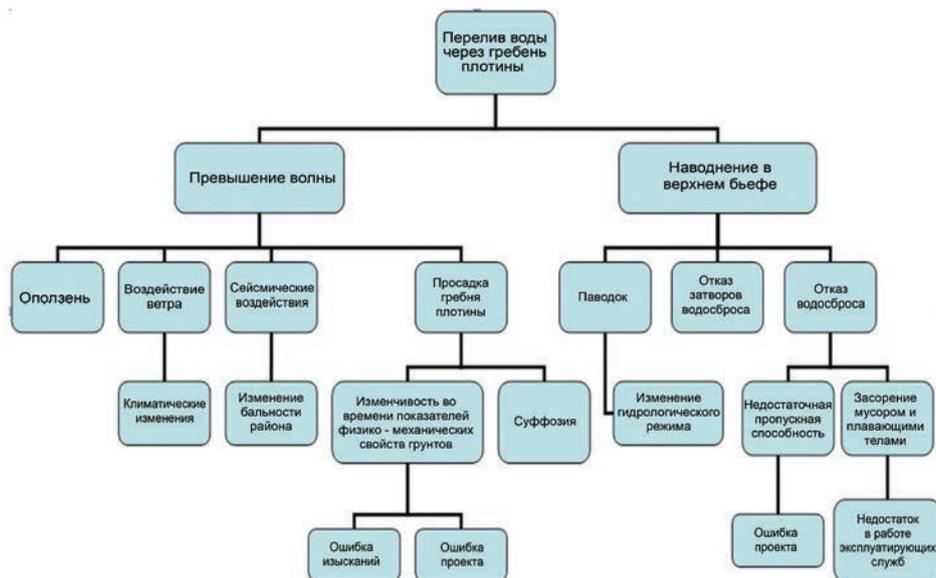


Рис.3. Сценарий возникновения аварий грунтовых плотин из-за перелива воды через гребень

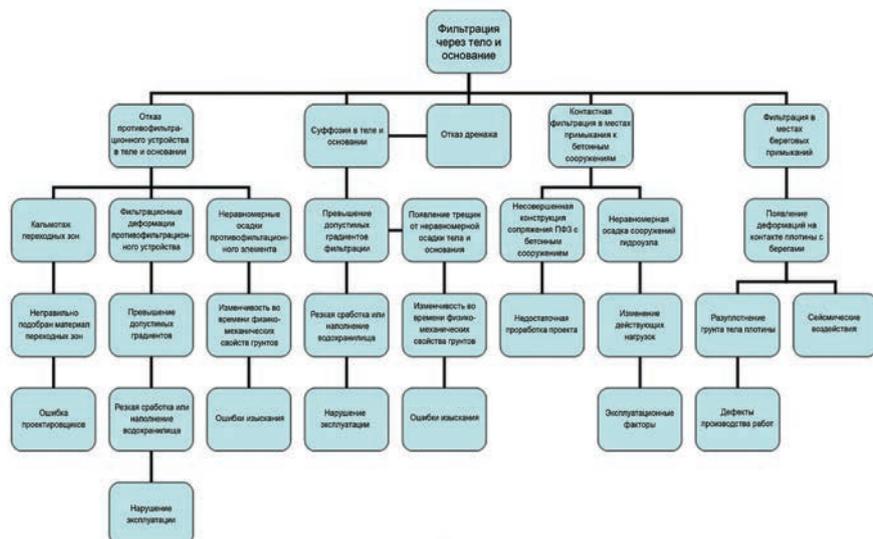


Рис.4. Сценарий возникновения аварий грунтовых плотин из-за фильтрации через тело и основание

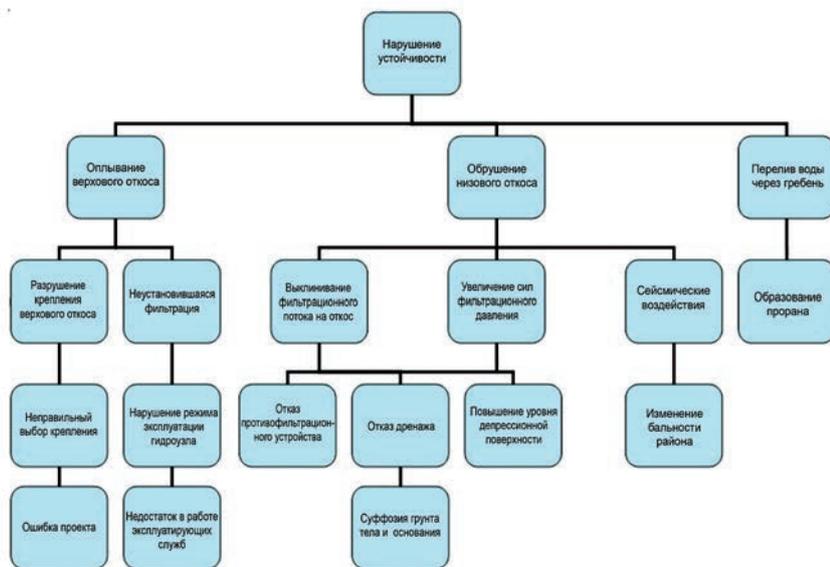


Рис.5. Сценарий возникновения аварий грунтовых плотин из-за нарушения устойчивости

изменений, а также наложения гравитационной волны при сейсмических воздействиях. Очень часто просадка гребня плотины превышает проектные значения, что может быть связано с изменчивостью во времени показателей физико-механических свойств грунтов или суффозии грунта тела и основания плотины [5].

Наводнение в верхнем бьефе водохранилища может быть вызвано непредвиденным паводком из-за изменения гидрологического режима реки, отказом затворов на водосбросе, а также отказом самого водосброса из-за недостаточной пропускной способности или засорения мусором.

Возникновение аварий грунтовых плотин из-за фильтрации через тело и основание может произойти:

- из-за отказа противофильтрационного устройства в теле и основании;
- из-за суффозии в теле и основании;
- из-за отказа дренажа;
- из-за контактной фильтрации в местах примыкания к бетонным сооружениям;
- из-за фильтрации в местах береговых примыканий (рис.4).

**Выводы:** Анализируя возможные сценарии возникновения аварий грунтовых плотин, можно сказать следующее, что очень часто аварии могут происходить из-за перехлеста волны через гребень плотины и отказа дренажной системы. Поэтому необходимы новые пути повышения надежности и безопасности грунтовых плотин. Одним из них может являться совершенствование конструктивных элементов грунтовых плотин, обеспечивающих их эксплуатационную надежность и безопасность.

Нами предлагается, для уменьшения высоты запаса гребня плотины, устроить гаситель волны на верхнем откосе, а для борьбы с нарушениями фильтрационной устойчивости грунта в теле и основании усовершенствовать конструкцию существующего горизонтально-трубчатого дренажа.

Данная работа была доложена на Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений» проведенная 22-23 мая 2018 года в г.Ташкенте и рекомендована к публикации в журнале "Irrigatsiya va melioratsiya".

№	References	Литература
1	Kondrat'ev N.E. Raschety vetrovogo volneniya i pereformirovanie beregov vodokhranilishch [Calculations of wind waves and reformation of the banks of reservoirs]. L. Gidrometeoizdat Publ., 1953. 109 p.	Кондратьев Н.Е. Расчеты ветрового волнения и переформирование берегов водохранилищ. - Л.: Гидрометеоздат, 1953. – 109 с.
2	Malik L.K. Chrezvychaynye situatsii, svyazennye s gidrotekhnicheskim stroitel'stvom (retrospektivnyy obzor) [Emergencies related to hydrotechnical construction (retrospective review)]. Journal of Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. Moscow, 2009. no.12. pp.1-16.	Малик Л.К. «Чрезвычайные ситуации, связанные с гидротехническим строительством (ретроспективный обзор)». Журнал «Гидротехническое строительство». – Москва, 2009, – №12. – С. 1–16.
3	Bakiev M.R., Kirillova E.I., Babazhanov K.K. Obespechenie v ispravnom sostoyanii drenazhnoy sistemy dlya otvoda profil'trovavsheyca vody [Maintenance in a working condition of the drainage system for drainage of filtered water]. Gidrotekhnika inshootlarining samaradorligini, ishonchligi va khavfsizligini oshirish Respublika ilmiy amaliy konferentsiya materiallari. Tashkent. TIMI, 2013. pp.177-181.	Бакиев М.Р., Кириллова Е.И., Бабажанов К.К. Обеспечение в исправном состоянии дренажной системы для отвода профильтрованной воды. «Гидротехника иншоотларининг самарадорлигини, ишончилигини ва хавфсизлигини ошириш» Республика илмий амалий конференция материаллари. – Ташкент, ТИМИ, – 2013. – Б. 177–181.
4	Bakiev M.R., Khrupin R. OAO Gidroproekt Stsenariy avariya gruntovykh plotin [JSC Hydroproject. Scenarios of groundwater dam accidents]. Gidrotekhnika inshootlarining samaradorligini, ishonchligi va khavfsizligini oshirish Respublika ilmiy amaliy konferentsiya materiallari. Tashkent. TIMI, 2013. pp.200-206.	Бакиев М.Р., Хрупин Р. – ОАО «Гидропроект». Сценарии аварийных грунтовых плотин. «Гидротехника иншоотларининг самарадорлигини, ишончилигини ва хавфсизлигини ошириш» Республика илмий-амалий конференция материаллари. – Ташкент, ТИМИ, 2013. – Б. 200–206.
5	Khrupin R.V. Volnovye vozdeystviya na vodokhranilishchnye gruntovye plotiny [Wave effects on reservoir soil dams]. Sbornik statey XI Respublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii odarennykh studentov, magistrantov i molodykh uchenykh na temu Sovremennye problem sel'skogo i vodnogo khozyaystva. Tashkent, TIIM, 10-11 may. 2012 y. pp.301-303.	Хрупин Р.В. «Волновые воздействия на водохранилищные грунтовые плотины». Сборник статей XI Республиканской научно-практической конференции одаренных студентов, магистрантов и молодых ученых на тему «Современные проблемы сельского и водного хозяйства» – Ташкент, ТИИМ, 10–11. май. 2012. – С. 301–303.