

УДК 627.8:624.131

Слюсарева А.П., студент гр. 3196  
Шакирова А.И., доцент.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

Slyusareva A.P., student of group 3196  
Shakirova A.I., Associate Professor.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan  
National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI»

## АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА НАСЫПНЫХ ГРУНТОВЫХ ДАМБАХ

### ANALYSIS OF THE MAIN CAUSES OF ACCIDENTS ON BULK SOIL DAMS

Дамбы относятся к наиболее распространенным гидротехническим объектам. Для анализа причин разрушения дамб следует обратить внимание на структуру главного строительного материала – грунта. С позиции общей механики он представляет собой сложную систему, которая по принятой классификации является многофазной и неоднородной. В соответствии с рисунком 1, в составе объема грунта присутствуют вещества в трех фазовых состояниях: минеральные частицы (твердая фаза); грунтовая вода (жидкая фаза); газ и пар (газообразная фаза). Его плотность зависит от соотношения его фазового состава [1].

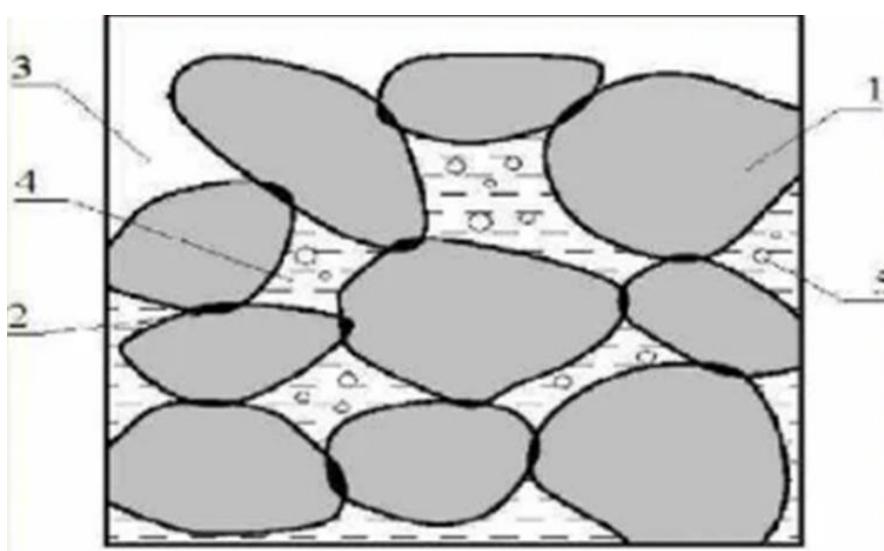


Рисунок 1. Схематичная модель грунта:  
1 – минеральные частицы (твердая фаза);

- 2 – структурные связи между частицами;
- 3 – поры, заполненные газом или паром;
- 4 – поры, заполненные водой;
- 5 – пузырьки, заполненные газом или паром.

Чем больше в грунте минеральных частиц (высокая доля твёрдой фазы) и меньше пор, заполненных водой или газом, тем выше его плотность. Напротив, при увеличении содержания воды или газа (особенно воздуха) плотность снижается, поскольку эти компоненты имеют меньшую плотность по сравнению с минеральными частицами.

К основным причинам разрушений тела дамбы относятся:

- 1) Неравномерная осадка основания, некачественная укладка грунта норы в теле насыпных сооружений;
- 2) Выдавливание слабого слоя органического грунта из-под основания при его перегрузке;
- 3) Выпадение ливней, переувлажнение низового откоса из-за высокого травостоя и задержания дождевых вод, паводковый поток вдоль откоса и при переливе через дамбу;
- 4) Размытие грунта из-за его пересушки, неравномерной осадки тела насыпного сооружения, оползни, некачественная засыпка пазух сооружения;
- 5) Разуплотнение низового откоса в результате действия мороза, отсутствие или неисправность дренажных устройств;
- 6) Воздействие землеройных животных;
- 7) Грунты основания имеют повышенный коэффициент фильтрации, некачественное устройство зуба, шпунта, завесы в основании плотины;
- 8) Воздействие мороза, фильтрация воды через тело сооружения, отсутствие или неисправность дренажных устройств [2].

В соответствии с этим можно выделить 4 основные группы разрушений:

- 1. Дефекты основания.
- 2. Проблемы конструкции.
- 3. Внешние воздействия.
- 4. Гидрологические факторы.

В результате разрушения грунтовых дамб или их поломки может произойти большой неконтролируемый выброс воды, в результате чего произойдет гидродинамическая авария – чрезвычайная ситуация (ЧС), сопряженная с гибелью людей, животных и многочисленными разрушениями.

Главные поражающие факторы в таких ситуациях:

- сила потока;
- гидродинамическая волна;
- спокойные воды, разрушающие сельскохозяйственные объекты.

Силу волны при прорыве сооружения можно сравнить с ударной воздушной волной от взрыва. Однако не каждое затопление относится к катастрофичному. Для получения статуса ЧС учитывается его длительность, глубина, границы зоны возможного подтопления, а также высота волны и скорость потока, которая должна быть максимальной.

К первичным последствиям гидродинамических аварий относятся:

- массовая гибель населения и животных;
- многочисленные потери;
- разрушение зданий и коммунальных объектов;
- сбои в подаче электроэнергии;
- прекращение функционирования водохозяйственных систем;
- разрушение или затопление населенных пунктов и промышленных предприятий;
- вывод из строя коммуникаций и других элементов инфраструктуры;
- гибель посевов и скота;
- нарушение жизнедеятельности населения и производственно-экономической деятельности предприятий;
- утрата материальных, культурных и исторических ценностей;
- экологический ущерб;

Ко вторичным последствиям относятся:

- загрязнение воды и местности веществами из разрушенных хранилищ промышленных и сельскохозяйственных предприятий, приводящее к развитию инфекций среди населения и сельскохозяйственных животных;
- аварии на транспортных магистралях;
- оползни и обвалы [3].

Ярким примером подобной аварии служит прорыв защитной дамбы в городе Орске в 2024 году. Дамба представляла собой грунтовое насыпное сооружение, построенное в 1969 году для защиты городских территорий от паводковых вод реки Урал. Конструкция имела протяженность порядка 2,5 километров при высоте насыпи до 8 метров. Основным материалом тела дамбы служили местные пески и суглинки.

Прорыв произошел в результате экстремального паводка, вызванного аномально высоким снеготаянием. Разрушение носило катастрофический характер – полный размыв тела дамбы с образованием глубокой промоины.

Вода устремилась в городские кварталы, вызвав затопление жилых массивов и промышленных зон, что продемонстрировано на рисунке 4.

Техническое обследование выявило комплекс факторов, способствовавших разрушению. Основными из них стали:

- недостаточная плотность грунтов в теле дамбы из-за отсутствия должного контроля уплотнения при строительстве;
- деградация противофильтрационного элемента за длительный срок эксплуатации;

- отсутствие своевременного капитального ремонта гидротехнического сооружения.

Дополнительным фактором риска послужило превышение расчетных характеристик паводкового расхода воды.

В ходе проверки было установлено, что последнее комплексное обследование состояния дамбы проводилось более 10 лет назад. Система мониторинга не соответствовала современным требованиям – отсутствовали приборы для оперативного контроля фильтрации и деформаций.

Противопаводковые мероприятия текущего года были начаты с запозданием и не компенсировали накопившиеся дефекты сооружения.



Рисунок 2. Затопление территории после прорыва дамбы

Исходя из вышесказанного, важно отметить, что для обнаружения процессов, приводящих к авариям и разрушениям дамб, необходим регулярный контроль состояния гидротехнических сооружений со стороны соответствующих организаций.

### Список литературы

1. Механика грунтов. Решение практических задач: Учебно-методическое пособие / Попов Д. В.; Самарский государственный технический университет, Кафедра "Инженерной геологии, оснований и фундаментов". – Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. – 99 с. – Библиогр.: с. 94-95 (26 назв.).

2. Дьяченко К. Н., Зверев А. В. Причины образования дефектов в дамбах обвалования при их эксплуатации в условиях Дальнего Востока // Водное хозяйство России. – 2017. – № 6.

3. Эгизов И.А., Ордobaев Б.С., Абдыкеева Ш.С. Аварийно-спасательные работы на водных объектах. Учебное пособие для студентов направления «Техносферная безопасность» профиля «ЗЧС». – Б.: КРСУ, 2017. – 123 с.

### References

1. Soil Mechanics. Solving Practical Problems: A Study Guide / D. V. Popov; Samara State Technical University, Department of Engineering Geology, Foundations, and Structures. – Samara: Samara State Technical University, EBS ASV, 2019. – 99 p. – Bibliogr.: p. 94-95 (26 refs.).
2. Dyachenko K. N., Zverev A. V. Causes of Defects in Embankment Dams during Their Operation in the Far East // Water Management in Russia. – 2017. – No. 6.
3. Egizov I.A., Ordobayev B.S., Abdykeyeva Sh.S. Emergency and rescue operations on water objects. Textbook for students of the direction “Technosphere safety” profile “ZChS”. – B.: KRSU, 2017. – 123 p.