

DOI: 10.12737/article_5c50620ee70624.66669200

^{1,*}Абдразаков Ф.К., ¹Панкова Т.А., ¹Орлова С.С.¹Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова

Россия, 410012, Саратов, Театральная пл., 1

*E-mail: abdrzakov.fk@mail.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ И ВОЗМОЖНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ПЛОТИНЕ

Аннотация. При наступлении гидродинамической аварии на любом гидротехническом сооружении, создается угроза возникновения чрезвычайной ситуации, которая создает угрозу жизни и здоровью людей, приводит к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, а также наносит ущерб окружающей природной среде. Поэтому актуальным является прогнозирование вероятности возникновения аварий гидротехнических сооружений и расчет возможных последствий, который приведен в данной статье на примере гидротехнических сооружений на пруду Казенный Дергачевского района Саратовской области. Оценка качественных и количественных характеристик аварии на ГТС плотины на пруду «Казенный» с. Верхазовка Дергачевского района Саратовской области, чрезвычайных ситуаций и их последствий, выполнялась в соответствии с постановлением Правительства РФ от 21.05.07 № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (с изменениями и дополнениями от 17 мая 2011 года) [1]. Прогнозирование волны прорыва и характеристик затопления местности при разрушении сооружений гидроузла проводилось с помощью расчетной программы «Волна 2.0», которая позволяет определить основные параметры поражающего действия волны прорыва, ее скорость, высоту, глубину и время существования. На основании проведенных расчетов была определена зона возможного затопления местности.

Ключевые слова: гидродинамическая авария, гидротехнические сооружения, риск, уязвимость, опасность, вероятность, надежность.

Введение. Аварии гидроузлов приводят к образованию очагов поражения наводнения, эти очагом является территория, в пределах которой произошло затопление местности, повреждение, разрушение зданий, сооружений и других объектов, сопровождающееся поражением и гибелью людей, животных и затоплением сельскохозяйственных полей, порчей и уничтожением сырья, топлива, продуктов питания. Анализируя это можно отметить, что гидродинамическая авария может привести к большому социально-экономическому ущербу [2–3].

Согласно мировой статистике крупные аварии с разрушением плотины происходят нечасто: 1928 г. рухнула плотина Сент-Френсис высотой 59 метров, прорванная водой, в Калифорнии, в 1959 году на реке Рейран рухнула бетонная арочная плотина Мальпасе длиной по гребню 222 метра, построенная примерно в 7 километрах к северу от города Фрежюс на юге Франции для ирригации и водоснабжения, в 1963 году катастрофа на Вайонт – одной из высочайших в мире плотин (262 метра) в итальянских Альпах, в 1975 году произошло разрушение плотины ГЭС Байньцяо в Китае, в 2010 году произошел прорыв дамбы на реке Фухэ в провинции Цзянси на востоке Китая из-за проливных дождей и прорыв плотины на реке Инд в южном Пакистане, в 2011 году прорыв плотины на реке Цяньтан неподалеку от города Ханчжоу в провинции Чжэцзян на

востоке Китая [4–6]. Последствия во всех случаях очень тяжелые, поэтому прогнозирование вероятности возникновения гидродинамической аварии на плотине и оценка последствий аварии является необходимым.

Методология. Определение показателей, характеризующих степень риска аварий на гидроузле была проведена согласно Методики определения размера вреда [7], и в соответствии с Методическими рекомендациями [8].

Основная часть. Основное разрушение объектов, находящихся на пойме реки, происходит при воздействии фронта прорывной волны, образовавшейся при гидродинамической аварии, и поэтому расчет сводится к определению параметров динамического взаимодействия волны прорыва с сооружениями, и определению параметров её распространения в областях поймы реки.

Начальной фазой гидродинамической аварии является прорыв плотины, который представляет собой процесс образования прорана и неуправляемого потока воды водохранилища из верхнего бьефа через проран в нижний бьеф [8]. Во фронте устремляющегося в проран потока воды образуется волна прорыва. Следовательно, поражающее действие волны прорыва при наступлении гидродинамической аварии связано с распространением с большой скоростью водного потока, который создает угрозу возникновения чрезвычайной ситуации с глобальными по-

следствиями. К параметрам поражающего действия волны прорыва относятся скорость, высота и глубина прорыва, температура воды и время или продолжительность существования волны прорыва. Поэтому необходимо определить данные показатели до каждого выбранного расчетного створа, расположенного на исследуемой реке ниже гидроузла, а также длительность прохождения волны через указанные створы и время её спада. Несмотря на это прорыв плотины приведет к затоплению местности, что объясняется следующим: вслед за фронтом волны прорыва высота её начинает интенсивно увеличиваться, достигая через некоторое время максимума, превышающего бровки берегов реки, в результате чего начинается затопление пойм. После прекращения подъема уровня по всей ширине потока наступит более или менее длительный период движения, близкий к установившемуся. Последней фазой образования зоны затопления является спад уровней [9]. После прохождения волны прорыва остается переувлажнённая пойма и сильнодеформированное русло реки.

Для того чтобы предположить наступление данной чрезвычайной ситуации необходимо проводить прогнозирование вероятности наступления такой ситуации и оценивать последствия [10–17].

Прогнозирование вероятности наступления гидродинамической аварии и оценку ее последствия проведем на примере гидротехнических сооружений пруда Казенный села Верхазовка Дергачевского района Саратовской области.

Гидротехнические сооружения плотины на пруду «Казенный» с. Верхазовка по своему функциональному назначению являются водоподпорными, в связи, с чем на них возможно возникновение гидродинамической аварии с образованием волны прорыва и зоны затопления.

К числу возможных источников опасности для ГТС, относятся:

- проявления дефектов конструкций гидротехнических сооружений при долговременной эксплуатации вследствие старения материалов и изменения их свойств под действием внешних факторов;

- эксплуатация ГТС не соответствующая требованиям действующих норм и правил по обеспечению их надежности и безопасности;

- отсутствие своевременных работ по ремонту сооружений;

- отсутствие или недостаточный объем мероприятий по обеспечению готовности объекта к локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

- боевые действия, террористические акты;

- стихийные бедствия (землетрясения, ураганы, наводнения, ливни и др.

В соответствии с конструктивными особенностями ГТС пруда «Казенный» Дергачевского района Саратовской области при условии его эксплуатации в проектном режиме были спрогнозированы несколько сценариев развития аварий [18–19].

Анализ перечня прогнозируемых пяти сценариев развития аварий ГТС на пруду «Казенный» показывает:

С учетом наибольшей глубины (напора) воды в верхнем бьефе плотины при развитии гидродинамической аварии по сценарию №1, данный сценарий может повлечь наиболее тяжёлые последствия, вследствие невозможности предположительной сработки (опорожнения) ёмкости пруда при ожидаемом высоком весеннем половодье и неготовности службы эксплуатации к устранению вышеперечисленных причин возможной аварии ГТС.

Маловероятен сценарий № 2, обусловленный потерей устойчивости низового откоса земляной плотины, что подтверждается отсутствием каких-либо обрушений низового откоса за многолетний период эксплуатации плотины.

Наиболее вероятным представляется сценарий №3, когда повреждения отдельных элементов водосбросного сооружения или отказ гидромеханического оборудования приводят к переполнению пруда, переливу воды через гребень плотины, размыву части гребня и откосов с образованием прорана и зоны затопления.

Менее вероятен сценарий № 4, связанный с фильтрацией воды через тело плотины, в сопряжениях элементов ГТС и по контакту с основанием плотины. Многолетний опыт эксплуатации и визуальные наблюдения подтверждают отсутствие фильтрации и выноса грунта.

Вероятность реализации сценария № 5 оценить сложно, так как наступление террористического акта маловероятно из-за отсутствия каких-либо серьёзных причин для его совершения и высокого риска для исполнителей акта. Техногенные и природные катастрофы также маловероятны ввиду отсутствия в непосредственной близости от пруда источников, которые способны их вызвать.

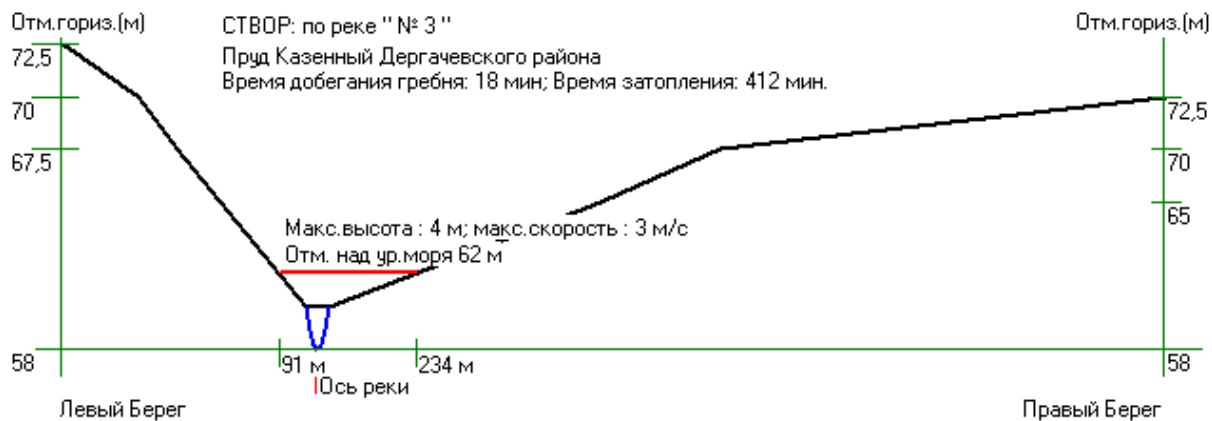
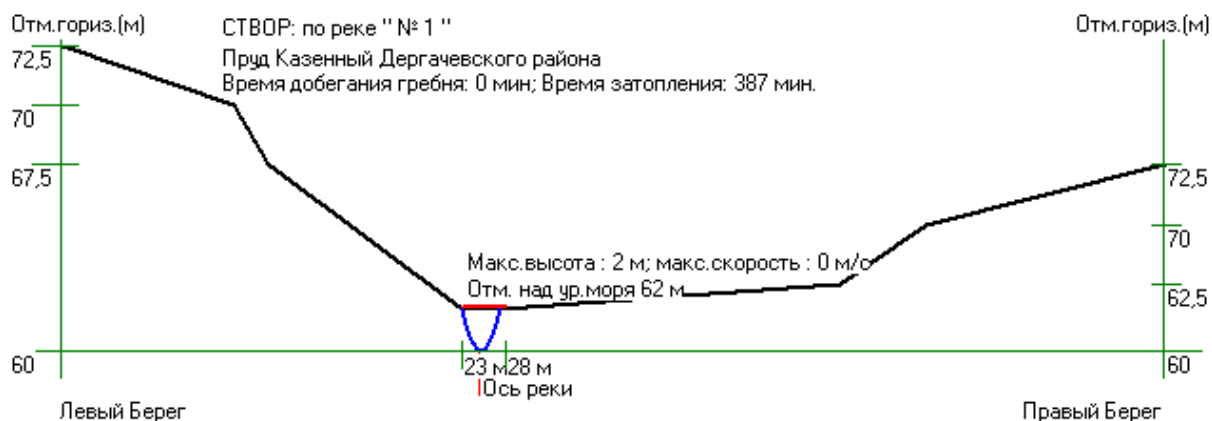
В результате проведенного анализа сценариев было выявлено следующее:

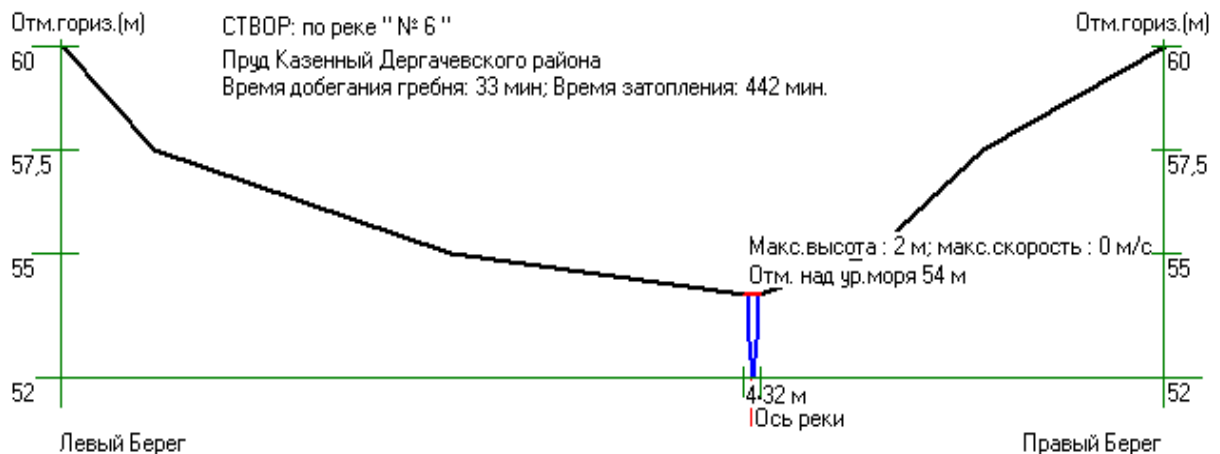
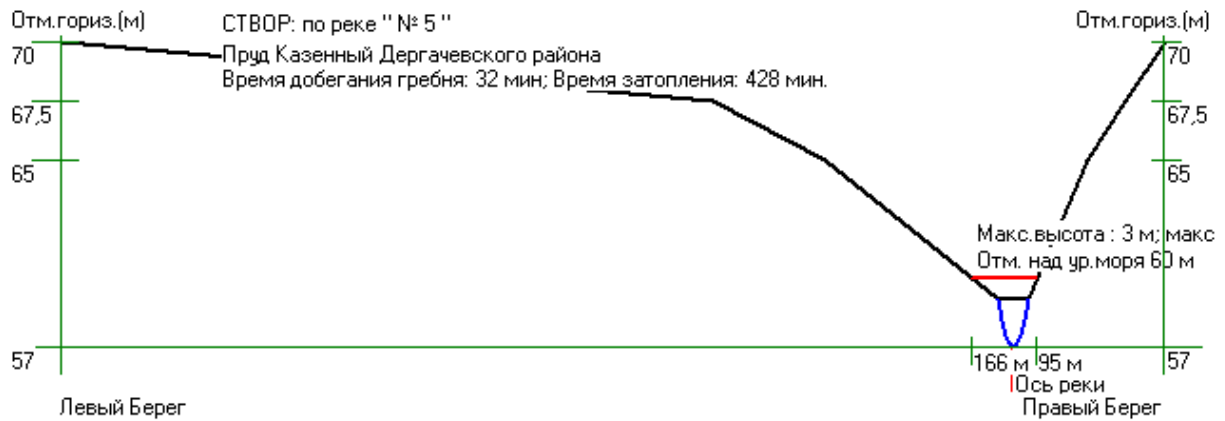
В связи с тем, что расчетные ГТС спроектированы с учетом невозможности пропуска паводка редкой повторяемости без перелива через гребень плотины, условия наибольшей глубины (напора) воды в верхнем бьефе возникнут и при наиболее вероятном сценарии № 3. Таким образом, при сценарии № 1 и сценарии № 3 возникают наиболее опасные явления перелива воды через гребень плотины.

Поэтому дальнейшие расчеты были проведены по наиболее тяжелому сценарию с образованием волны прорыва, практически полном опорожнении пруда и временном затоплении территорий, расположенных ниже ГТС.

Для прогнозирования волны прорыва и характеристик затопления местности при разрушении сооружений гидроузла используется программа «Волна 2.0», которая позволяет оценить последствия гидродинамической аварии. Данная

программа рассчитывает параметры затопления местности: максимальную глубину затопления, ширину затопления и скорость течения, время прихода фронта, гребня и хвоста волны прорыва, максимальный расход воды в створе, высоту волны (превышение уровня воды над уровнем бытового потока), максимальную отметку затопления и строит расчетные створы. По результатам расчета параметров волны прорыва были построены расчетные створы:





На основе результатов, полученных по программе «Волна 2.0», был проведен расчет зоны затопления местности с учетом следующих условий:

- условия эксплуатации и геометрические параметры сооружений на момент проведения обследования;

- эксплуатационные характеристики створа гидроузла (объем, глубина, площадь водного зеркала водохранилища);
- характеристики нижнего бьефа плотины (глубина, ширина и скорость течения);
- степень разрушения гидроузла и высота порога бреша;
- топографические данные створов, расположенных ниже по течению воды (7 створов, не считая створа плотины «0»).

По результатам расчета максимальная ширина затопления при аварии ГТС плотины на

пруду «Казенный» с.Верхазовка Дергачевского района Саратовской области составила 240,35 м. Рассчитанная зона затопления при развитии наиболее тяжелого сценария аварии представлена на рис. 1.

Анализ карты с нанесением зоны затопления показывает, в зону затопления не попадают населенные пункты, промышленные предприятия, дороги с асфальтовым покрытием, мосты, сельскохозяйственные угодья и леса.

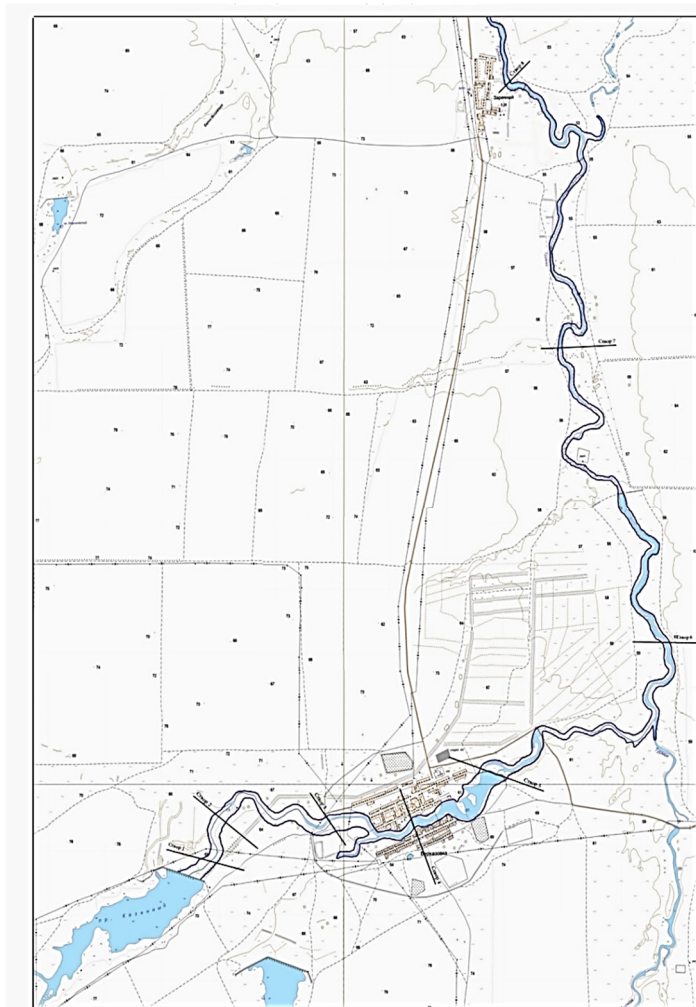


Рис. 1. Карта зоны затопления местности при аварии ГТС пруда Казенный Дергачевского района Саратовской области

Выводы. Согласно постановления Правительства РФ [1] и методике определения размера вреда [7] авария на ГТС плотины на пруду «Казенный» с. Верхазовка относится к чрезвычайной ситуации локального характера, так как при прорыве плотины зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории объекта, в случае гидродинамической аварии не будет нанесен ущерб жизни и здоровью людей, имуществу физических, юридических лиц и окружающей среде, и общий размер материального ущерба составляет не более

100 тыс. рублей.

Согласно методике по оценке риска аварий [8] безопасности ГТС исследуемый объект не является потенциально опасным и уровень безопасности ГТС плотины на пруду «Казенный» с. Верхазовка Дергачевского района Саратовской области нормальный.

Проведение такого вида прогнозирования вероятности наступления гидродинамической аварии на плотине и оценка ее последствий, основанная на анализе возможных сценариев ава-

рии, определения величин негативных воздействий и построения зоны затопления местности позволяет оценить чрезвычайную ситуацию возможных потерь для действующих или проектируемых гидротехнических сооружений [20–23].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства РФ от 21.05.2007 № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (с изменениями и дополнениями от 17 мая 2011 года).
2. Ивлентиев В. С., Козина Л. Н. Математическое моделирование гидродинамики Волжского каскада гидросооружений // Вестник НГИЭИ. 2015. № 6(49). С. 44–48.
3. Hoeg K. New dam safety legislation and the use of risk analysis // Int. Journal on Hydro-power and Dams. 1998. №5. Pp. 85–88.
4. Foster M., Fell R., Spannagle M. The statistics of embankment dam failures and accidents // Canadian Geotechnical Journal. 2000. № 5(37). Pp. 1000–1024.
5. Brown A.J., Gosden J.D. Defra Interim Guide to Quantitative Risk Assessment for UK Reservoirs. London, 2004. 161 p.
6. He X.Y., Wang Z.Y., Huang J.C. Temporal and spatial distribution of dam failure events in China // International Journal of Sediment Research. 2008. № 4(23). Pp. 398–405.
7. Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений), утвержденная приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29 марта 2016 г. № 120.
8. Методические рекомендации по оценке риска аварий на гидротехнических сооружениях водного хозяйства и промышленности. 2-е издание переработанное и дополненное, М. «ДАР/ВОДГЕО», 2009.
9. Abdrazakov F.K., Orlova S.S., Pankova T.A., Mirkina E.N., Mikheeva O.V. Risk assessment and the prediction of breakthrough wave during a dam accident. // AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research. 2018. Т. 8. № 1. С. 154–161.
10. Титова Т. С., Логобарди А., Аяхметов Р. Г., Насырова Э.Н. Срок эксплуатации грунтовых плотин // Инженерно-строительный журнал. 2017. №1(69). С. 34–43.
11. Zhanga L.M., Xua Y., Jiab J.S. Analysis of earth dam failures: a database approach // Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards. 2009. № 3(3). Pp. 184–189.
12. Mafioleti T. R., Neto A. C., Luiz J. P., Júnior A. T. A proposal for probabilistic analysis of stability of earth dams based on first order reliability method // International Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. № 1(8). Pp. 1–8.
13. Pimenta L., Caldeira L., Maranha das Neves E. A new qualitative method for the condition assessment of earth and rockfill dams // Structure and Infrastructure Engineering: Maintenance, Management, Life-cycle Design and Performance. 2013. № 9(11). Pp. 1103–1117.
14. Lin H.C., Hong Y.M., Kan Y.C., Sung W.P. An efficient risk assessment model for structure safety of aged dam // Disaster Advances. 2012. № 4(5). Pp. 410–416.
15. Peyras L., Royet P., Boissier D. Dam ageing diagnosis and risk analysis: development of methods to support expert judgment // Canadian Geotechnical Journal. 2006. № 2(43). Pp. 169–186.
16. Cloete G.C., Retief J.V., Viljoen C. A rational quantitative optimal approach to dam safety risk reduction // Civil Engineering and Environmental Systems. 2016. № 2(33). Pp. 85–105.
17. Meijerink A.M.J., de Brower H.A.M., Mannaerts C.M., Valenzuela C. Introduction to the use of Geographic Information Systems for practical hydrology, UNESCO-ITC publication, N 23, 273 p.
18. Абдразаков Ф. К., Панкова Т.А., Орлова С.С. Оценка степени риска аварии на гидроузле // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2018. № 7. С. 34–41.
19. Абдразаков Ф. К., Панкова Т.А., Щербачев В.А. Факторы, влияющие на эксплуатационное состояние гидротехнических сооружений // Аграрный научный журнал. 2016. №10. С. 56–61.
20. The use of risk analysis to support dam safety decisions and management // Trans. of the 20th Int. Congress on Large Dams. Beijing, China. 19–22 September. 2000. Vol. 1. Q. 76, 896 p.
21. Kumamoto H., Henley E. J. Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists. New York. IEEE Press, 1996. 597 p.
22. Su H., Wen Z., Hu J., Wu Z. Evaluation model for service life of dam based on time-varying risk probability // Science in China, Series E: Technological Sciences. 2009. № 7(52). Pp. 1966–1973.
23. Sun Y., Chang H., Miao Z., Zhong D. Solution method of overtopping risk model for earth dams // Safety Science. 2012. № 9(50). Pp. 1906–1912.

Информация об авторах

Абдразаков Фярид Кинжаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. E-mail: abdrzakov.fk@mail.ru. Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, Россия, 410012, Саратов, Театральная пл., 1.

Панкова Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. E-mail: vtanja@mail.ru. Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, Россия, 410012, Саратов, Театральная пл., 1.

Орлова Светлана Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. E-mail: orlovass77@mail.ru. Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, Россия, 410012, Саратов, Театральная пл., 1.

Поступила в октябре 2018 г.

© Абдразаков Ф.К., Панкова Т.А., Орлова С.С., 2019

^{1,*}*Abdrzakov F.K., ¹Pankova T.A., ¹Orlova S.S.*

¹*Saratov State Agricultural University N.I. Vavilova,*

Russia, 410012, Saratov, Teatralnaya Square, 1

**E-mail: abdrzakov.fk@mail.ru*

PREDICTION OF PROBABILITY AND CONSEQUENCES OF ACCIDENTS ON THE DAM

Abstract. *Upon the occurrence of a hydrodynamic accident at any hydraulic structure, there is a threat of an emergency, which harms people's health and life, leads to the destruction of buildings, structures, equipment and vehicles, as well as creates a damage to the environment. Therefore, it is important to predict the probability of accidents at hydraulic structures and the calculation of the possible consequences. This article provides an example of hydraulic structures on the pond Kazenny of Dergachevsky district in Saratov region. Assessment of qualitative and quantitative characteristics of an accident on the pond Kazenny, village Verhazovka of Dergachevsky district in Saratov region, emergencies and their consequences, are carried out in accordance with the decree of the Government of Russia of 21.05.07 № 304 "on the classification of natural and human-made emergency situations" (with changes and additions of May 17, 2011) [1]. Prediction of a breakthrough wave and flooding characteristics of the area during destruction of hydroelectric facilities is carried out by the Volna 2.0 design program. It allows determining the main parameters of the damaging effect of the breakthrough wave, its speed, height, depth and lifetime. The zone of possible flooding of the area is determined by the calculations.*

Keywords: *hydrodynamic accident, hydraulic structures, risk, vulnerability, danger, probability, reliability.*

REFERENCES

1. Resolution of the Government of the Russian Federation of 21.05.2007 № 304 "On the classification of emergency situations of natural and technogenic character" (with amendments and additions of may 17, 2011).
2. Ivltiev V.S., Kozina L.N. Mathematical modeling of hydrodynamics of the Volga cascade of hydraulic structures. Vestnik NГИER, 2015, no. 6 (49), pp. 44–48.
3. Hoeg K. New dam safety legislation and the use of risk analysis. Int. Journal on Hydro-power and Dams, 1998, no. 5, pp. 85–88.
4. Foster M., Fell R., Spannagle M. The statistics of embankment dam failures and accidents. Canadian Geotechnical Journal, 2000, no. 5(37), pp. 1000–1024.
5. Brown A.J., Gosden J.D. Defra Interim Guide to Quantitative Risk Assessment for UK

Reservoirs. London, 2004, 161 p.

6. He X.Y., Wang Z.Y., Huang J.C. Temporal and spatial distribution of dam failure events in China. International Journal of Sediment Research, 2008, no. 4(23), pp. 398–405.

7. The technique of determination of the size of harm which can be caused to life, health of physical persons, property of physical persons and legal entities as a result of accident of a hydraulic engineering construction (except for navigable and port hydraulic engineering constructions). Approved by the order of the Federal service for environmental, technological and nuclear supervision on March 29, 2016, no. 120.

8. Methodical recommendations on risk assessment of accidents at hydraulic structures of water management and industry. 2nd edition revised and expanded, M. "DAR / VODGEO", 2009.

9. Abdrzakov F.K., Orlova S.S., Pankova

T.A., Mirkina E.N., Mikheeva O.V. Risk assessment and the prediction of breakthrough wave during a dam accident. AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 154–161.

10. Titova TS, Logobardi A., Aaymetov RG, Nasyrova E.N. The service life of the earth dams. Engineering and construction magazine. 2017, no. 1 (69), pp. 34–43.

11. Zhanga L.M., Xua Y., Jiab J.S. Analysis of earth dam failures: a database approach. Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards, 2009, no 3(3), pp. 184–189.

12. Mafioletti T. R., Neto A. C., Luiz J. P., Júnior A. T. A proposal for probabilistic analysis of stability of earth dams based on first order reliability method. International Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016, no. 1(8), pp. 1–8.

13. Pimenta L., Caldeira L., Maranha das Neves E. A new qualitative method for the condition assessment of earth and rockfill dams. Structure and Infrastructure Engineering: Maintenance, Management, Life-cycle Design and Performance. 2013, no. 9(11), pp. 1103–1117.

14. Lin H.C., Hong Y.M., Kan Y.C., Sung W.P. An efficient risk assessment model for structure safety of aged dam. Disaster Advances, 2012, no. 4(5), pp. 410–416.

15. Peyras L., Royet P., Boissier D. Dam ageing diagnosis and risk analysis: development of methods to support expert judgment. Canadian Geotechnical Journal, 2006, no. 2(43), pp. 169–186.

16. Cloete G.C., Retief J.V., Viljoen C. A rational quantitative optimal approach to dam safety risk reduction. Civil Engineering and Environmental Systems, 2016, no. 2(33), Pp. 85–105.

17. Meijerink A.M.J., de Brower H.A.M., Mannaerts C.M., Valenzuela C. Introduction to the use of Geographic Information Systems for practical hydrology, UNESCO-ITC publication, N 23, 273 p.

18. Abdrazakov FK, Pankova TA, Orlova SS Estimation of the degree of the risk of an accident at the hydrosystem. Bulletin of the BSTU named after V. G. Shukhova. 2018, no. 7, pp. 34–41.

19. Abdrazakov F.K., Pankova T.A., Scherbakov V.A. Factors affecting the operational state of hydraulic structures. Agrarian scientific journal, 2016, no. 10, pp. 56–61.

20. The use of risk analysis to support dam safety decisions and management. Trans. of the 20-th Int. Congress on Large Dams. Beijing, China. 19–22 September. 2000, vol. 1, Q. 76, 896 p.

21. Kumamoto H., Henley E. J. Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists. New York. IEEE Press. 1996, 597 p.

22. Su H., Wen Z., Hu J., Wu Z. Evaluation model for service life of dam based on time-varying risk probability. Science in China, Series E: Technological Sciences, 2009, no. 7(52), pp. 1966–1973.

23. Sun Y., Chang H., Miao Z., Zhong D. Solution method of overtopping risk model for earth dams. Safety Science, 2012, no. 9(50), pp. 1906–1912.

Information about the authors

Abdrzakov, Fyared K. DSc, Professor, Head of the Department of Construction, Heat and Gas Supply and Energy Supply. E-mail: abdrzakov.fk@mail.ru. Saratov State Agricultural University N.I. Vavilova. Russia, 410012, Saratov, Teatralnaya Square, 1.

Pankova, Tatiana A. PhD, Associate Professor of the Department of Construction, Heat and Gas Supply and Energy Supply. E-mail: vtanja@mail.ru. Saratov State Agricultural University. N.I. Vavilova. Russia, 410012, Saratov, Teatralnaya Square, 1.

Orlova, Svetlana S. PhD, Associate Professor of the Department of Construction, Heat and Gas Supply and Energy Supply. E-mail: orlovass77@mail.ru. Saratov State Agricultural University. N.I. Vavilova. Russia, 410012, Saratov, Teatralnaya Square, 1.

Received in October 2018

Для цитирования:

Абдразаков Ф.К., Панкова Т.А., Орлова С.С. Прогнозирование вероятности и возможных последствий аварий на плотине // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №1. С. 65–72. DOI: 10.12737/article_5c50620ee70624.66669200

For citation:

Abdrzakov F.K, Pankova T.A., Orlova S.S. Prediction of probability and consequences of accidents on the dam. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2019, no. 11, pp. 65–72. DOI: 10.12737/article_5c50620ee70624.66669200