

Расчет вероятного вреда в случае аварии гидротехнических сооружений водохранилища на овраге «Большой» (пруд Зеркальный)

Фярид Кинжаевич Абдразаков, Ольга Валентиновна Михеева, Алексей Владимирович Кравчук

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия.

e-mail: abdrzakov.fk@mail.ru

Аннотация. В статье представлен расчет волны прорыва в случае аварии гидротехнических сооружений водохранилища на овраге «Большой» (пруд Зеркальный) в 1,6 км на северо-запад от г. Красноармейска Саратовской области, посчитан ущерб от последствий возникновения аварийной ситуации.

Ключевые слова: волна прорыва; проран; ущерб.

Для цитирования: Абдразаков Ф. К., Михеева О. В., Кравчук А. В. Расчет вероятного вреда в случае аварии гидротехнических сооружений водохранилища на овраге «Большой» (пруд Зеркальный) // Аграрный научный журнал. 2022. № 9. С. 81–85. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i9pp81-85>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Fyarid K. Abdrzakov, Olga V. Mikheeva, Aleksey V. Kravchuk

Calculation of probable damage in the event of an accident of the hydrotechnical facilities of the reservoir on the “Bolshoy” ravine (Zerkalny pond)

Fyarid K. Abdrzakov, Olga V. Mikheeva

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

e-mail: abdrzakov.fk@mail.ru

Abstract. The article presents the calculation of a breakthrough wave in the event of an accident of the hydraulic structures of the reservoir on the Bolshoy ravine (Zerkalny Pond) 1.6 km northwest of the city of Krasnoarmeysk, Saratov Region, and the damage from the consequences of the emergency.

Key words: breakthrough wave; channel; damage.

For citation: Abdrzakov F. K., Mikheeva O. V., Kravchuk A. V. Calculation of probable damage in the event of an accident of the hydrotechnical facilities of the reservoir on the “Bolshoy” ravine (Zerkalny pond). Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(9): 81–85. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i9pp81-85>.

Введение. Водохранилища представляют собой опасный объект, эксплуатация которого требует тщательного изучения дефектов конструкции, возможности предотвращения аварийной ситуации и оценки последствий в случае ее возникновения. На примере гидротехнических сооружений водохранилища на овраге «Большой» (пруд Зеркальный) в 1,6 км на северо-запад от г. Красноармейска Саратовской области рассмотрено распространение волны прорыва и возможный ущерб в результате аварии на гидроузле.

Цель исследования – оценка риска затопления территории г. Красноармейск в результате возникновения аварийной ситуации на гидротехнических сооружениях водохранилища на овраге «Большой» (пруд Зеркальный) в 1,6 км на северо-запад от г. Красноармейска Саратовской области, расчет параметров волны прорыва и зоны затопления при тяжелом и наиболее вероятном сценарии развития событий.

Методика исследований. Узел гидротехнических сооружений расположен в бассейне реки Волги на овраге «Большой» (пруд Зеркальный) в 1,6 км на северозапад от г. Красноармейска Саратовской области.

В состав узла гидротехнических сооружений входят водохранилище, грунтовая плотина и паводковый трубчатый водосброс.

Изначально водохранилище было запроектировано как противоэрозионное. В настоящий момент используется с целью рекреации и водопоя скота. Водохранилище запроектировано в 1978 г. Относится к IV классу капитальности гидротехнических сооружений.

Длина плотины по гребню согласно проекту составляет 300 м, ширина по гребню 8 м.

Работы по обследованию объекта были выполнены в декабре 2021 г.

Целью создания узла гидротехнических сооружений являлось образование аккумулирующей емкости водохранилища на овраге «Большой» (пруд Зеркальный). Предполагалось задержание паводковых и ливневых вод перегораживающим сооружением – плотиной на балке, что предотвратило бы процесс размыва и оврагообразования в нижнем бьефе. На рис. 1 представлен вид сверху на водохранилище, на рис. 2 – гребень грунтовой плотины, верховой откос.

Расчет волны прорыва проводили с использованием компьютерной программы «Волна», версия 2.0 [1–3]. Данная программа позволяет оценить последствия гидродинамической аварии, рассчитать скорость движения волны





Рис. 1. Водохранилище на овраге «Большой» (пруд Зеркальный)



Рис. 2. Гребень плотины, верховой откос

Таблица 1

Отчет о работе в программе «Волна» версия 2.0

ОТЧЁТ О РАБОТЕ.									
Число: 15.12.2021, время: 21:35:59.									
Название:									
ХАРАКТЕРИСТИКИ СТВОРА ГИДРОУЗЛА				0-створ					
1. Объём водохранилища при НПУ	Wв	млн.м3					0,11		
2. Глубина водохранилища у плотины при НПУ	Hв	м					3,75		
3. Площадь зеркала водохранилища при НПУ	Sв	млн.м2					1,2		
4. Ширина водохранилища у плотины при НПУ	Bв	м					115		
5. Глубина реки в нижнем бьефе гидроузла	Hбо	м					0,1		
6. Ширина реки в нижнем бьефе гидроузла	Bбо	м					70		
7. Скорость течения в нижнем бьефе гидроузла	Vбо	м/с					0,01		
8. Глубина водох. у плотины на момент разр. ГУ	Hр	м					3,75		
9. Степень разрушения гидроузла	Ер						0,1		
10. Высота порога бреша	р	м					0		
11. Отметка уреза воды водохранилища (НПУ)	Zв	м					214,55		
12. Количество постоянных створов по длине реки	N						5		
ХАРАКТЕРИСТИКИ СТВОРОВ \ \ № СТВОРА				1 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	5 ст.	
Удаление i-го створа от створа гидроузла	Lci	км		0,5	1	3	4,5	5	
БЫТОВОЙ ПОТОК:									
Отметка уреза воды	Z6i	м	214	210	211	208	202		
Глубина	H6i	м	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5		
Ширина	B6i	м	80	70	70	75	80		
Скорость течения	V6i	м/с	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
ЛЕВЫЙ БЕРЕГ									
Высота бровки берега	Hm	м	0	0	0	0	0		
Ширина поймы реки	Bп	м	0	0	0	0	0		
Отм. 1-й горизонтали местности	z1	м	215	211	212	209	203		
Расстояние от оси реки до 1-й гм	B1	м	95	74	82	100	150		
Отм. 2-й горизонтали местности	z2	м	216	212	214	210	204		
Расстояние от оси реки до 2-й гм	B2	м	140	100	185	220	240		
Отм. 3-й горизонтали местности	z3	м	0	0	0	0	0		
Расстояние от оси реки до 3-й гм	B3	м	0	0	0	0	0		
ПРАВЫЙ БЕРЕГ									
Высота бровки берега	Hm	м	0	0	0	0	0		
Ширина поймы реки	Bп	м	0	0	0	0	0		
Отм. 1-й горизонтали местности	z1	м	216	211	212	209	203		
Расстояние от оси реки до 1-й гм	B1	м	125	80	70	90	120		
Отм. 2-й горизонтали местности	z2	м	217	212	213	210	204		
Расстояние от оси реки до 2-й гм	B2	м	170	120	120	120	210		
Отм. 3-й горизонтали местности	z3	м	0	0	0	0	0		
Расстояние от оси реки до 3-й гм	B3	м	0	0	0	0	0		
ПАРАМЕТРЫ ПРОРЫВА \ \ № СТВОРА				0 ст.	1 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	5 ст.
Удаление створа от гидроузла	Lci	км		0	0,5	1	3	4,5	5
Максимальный расход воды в створе	Qi	т.м3/с		0,01	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01
ВРЕМЯ									
Добегания фронта волны	Tfi	мин	0	3,16	7,1	22,46	35,92	41,3	
Добегания гребня волны	Tgi	мин	0	26,27	74,77	318,65	499,03	551,88	
Добегания хвоста волны	Txi	мин	18,44	101,77	185,11	518,44	768,44	851,77	
Затопления	Tzt	мин	18,44	98,62	178,01	495,98	732,52	810,47	
Максимальная скорость течения	Vi	м/с	4,41	2,54	2,66	2,21	1,8	1,47	
Высота волны	Hri	м	2,15	0,74	0,75	0,37	0,22	0,15	
Максимальная глубина затопления	Hi	м	2,25	0,84	1,25	0,87	0,72	0,65	
Максимальная отметка затопления	Zi	м	213,05	214,74	210,75	211,37	208,22	202,15	
МАКСИМАЛЬНАЯ ШИРИНА ЗАТОПЛЕНИЯ									
По Левому берегу		м	53,61	80,83	64,1	52,45	51,1	56,11	
По Правому берегу		м	53,61	71,55	68,58	47,99	48,93	51,71	
Программа Волна 2.0									



прорыва и глубину затопления близлежащих территорий. Целью расчета было определение параметров затопления местности – максимальные глубины 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), а также максимальные отметки затопления [4–6].

Принимаем определенные допущения перед проведением расчетов: форма прорана соответствует форме долины реки, разрушение плотины происходит мгновенно, на всю высоту.

Ниже створа плотины было выбрано пять расчетных створов: на расстоянии 0,5; 1; 2; 3; 4,5; 5 км. Расчетные створы выбраны таким образом, чтобы наиболее точно оценить возможность затопления городской территории и возможность причинения вреда в результате аварии на гидроузле.

Результаты исследований. Было рассмотрено два случая – наиболее тяжелый сценарий возникновения аварии и наиболее вероятный.

Прорыв плотины рассматривается при отметке ФПУ (▼214,55) объемом 0,11 млн м³. Данные расчета представлены в табл. 1.

Расчет, проведенный с использованием программы «Волна» версия 2.0 для наиболее тяжелого сценария представлен в табл. 1, там же представлены основные параметры гидроузла, используемые в расчетах, и полученные результаты при расчете параметров волны прорыва.

На рис. 3–8 представлены продольные профили по створам 1–5.

Результаты расчета параметров волны прорыва и зоны затопления для наиболее вероятного сценария представлены в табл. 2.

На рис. 9–14 представлены продольные профили по створам 1–5 для наиболее вероятного сценария аварии на гидроузле.

Проведен расчет вероятностного ущерба в результате аварии на гидроузле (табл. 3).

Заключение. 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) выполнена качественная и количественная характеристика аварии на ГТС водохранилища на овраге «Большой» (пруд Зеркальный) расположенных в 1,6 км на северо-запад от г. Красноармейска Саратовской области.

Таким образом, аварию на гидротехнических сооружениях водохранилища на овраге «Большой» (пруд Зеркальный), расположенных в 1,6 км на северо-запад от г. Красноармейска Саратовской области, можно отнести к чрезвычайной ситуации муниципального характера, так как при прорыве подпорного сооружения зона чрезвычайной



Рис. 3. Продольный профиль по створу плотины



Рис. 4. Продольный профиль по створу 1 (0,5 км от створа плотины)



Рис. 5. Продольный профиль по створу 2 (1 км от створа плотины)



Рис. 6. Продольный профиль по створу 3 (3 км от створа плотины)



Рис. 7. Продольный профиль по створу 4 (4,5 км от створа плотины)



Рис. 8. Продольный профиль по створу 5 (5 км от створа плотины)

Отчет о работе в программе «Волна» версия 2.0

ОТЧЁТ О РАБОТЕ.										
Число: 15.12.2021, время: 21:27:05.										
Название:										
ХАРАКТЕРИСТИКИ СТВОРА ГИДРОУЗЛА										
						0-створ				
1. Объём водохранилища при НПУ	Wв	млн.м3	0,103							
2. Глубина водохранилища у плотины при НПУ	Hв	м	2,8							
3. Площадь зеркала водохранилища при НПУ	Sв	млн.м2	0,92							
4. Ширина водохранилища у плотины при НПУ	Bв	м	115							
5. Глубина реки в нижнем бьефе гидроузла	Hбо	м	0,1							
6. Ширина реки в нижнем бьефе гидроузла	Bбо	м	70							
7. Скорость течения в нижнем бьефе гидроузла	Vбо	м/с	0,01							
8. Глубина водох. у плотины на момент разр. ГУ	Hр	м	2,8							
9. Степень разрушения гидроузла	Ер		0,1							
10. Высота порога бреша	р	м	0							
11. Отметка уреза воды водохранилища (НПУ)	Zв	м	213,35							
12. Количество постоянных створов по длине реки	N		5							
ХАРАКТЕРИСТИКИ СТВОРОВ \ \ № СТВОРА										
Удаление i-го створа от створа гидроузла			Lci	км	1 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	5 ст.	
БЫТОВОЙ ПОТОК:										
Отметка уреза воды	Zbi	м	214	210	211	208	202			
Глубина	Hbi	м	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5			
Ширина	Bbi	м	80	70	70	75	80			
Скорость течения	Vbi	м/с	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
ЛЕВЫЙ БЕРЕГ										
Высота бровки берега	Hm	м	0	0	0	0	0			
Ширина поймы реки	Bп	м	0	0	0	0	0			
Отм. 1-й горизонтали местности	z1	м	215	211	212	209	203			
Расстояние от оси реки до 1-й гм	B1	м	95	74	82	100	150			
Отм. 2-й горизонтали местности	z2	м	216	212	214	210	204			
Расстояние от оси реки до 2-й гм	B2	м	140	100	185	220	240			
Отм. 3-й горизонтали местности	z3	м	0	0	0	0	0			
Расстояние от оси реки до 3-й гм	B3	м	0	0	0	0	0			
ПРАВЫЙ БЕРЕГ										
Высота бровки берега	Hm	м	0	0	0	0	0			
Ширина поймы реки	Bп	м	0	0	0	0	0			
Отм. 1-й горизонтали местности	z1	м	216	211	212	209	203			
Расстояние от оси реки до 1-й гм	B1	м	125	80	70	90	120			
Отм. 2-й горизонтали местности	z2	м	217	212	213	210	204			
Расстояние от оси реки до 2-й гм	B2	м	170	120	120	120	210			
Отм. 3-й горизонтали местности	z3	м	0	0	0	0	0			
Расстояние от оси реки до 3-й гм	B3	м	0	0	0	0	0			
ПАРАМЕТРЫ ПРОРЫВА \ \ № СТВОРА										
Удаление створа от гидроузла			Lci	км	0 ст.	1 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	5 ст.
Максимальный расход воды в створе			Qi	т.м3/с	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
ВРЕМЯ										
Добегания фронта волны	Tfi	мин	0	3,57	7,63	23,32	37,05	42,6		
Добегания гребня волны	Tgi	мин	0	28,46	78,92	326,67	505,88	557,53		
Добегания хвоста волны	Txi	мин	39,43	122,76	206,1	539,43	789,43	872,76		
Затопления	Tzt	мин	39,43	119,19	198,46	516,11	752,38	830,16		
Максимальная скорость течения	Vi	м/с	3,79	2,42	2,58	2,17	1,74	1,41		
Высота волны	Hgi	м	1,58	0,65	0,67	0,34	0,2	0,13		
Максимальная глубина затопления	Hi	м	1,68	0,75	1,17	0,84	0,7	0,63		
Максимальная отметка затопления	Zi	м	212,23	214,65	210,67	211,34	208,2	202,13		
МАКСИМАЛЬНАЯ ШИРИНА ЗАТОПЛЕНИЯ										
По Левому берегу		м	53,29	76,01	61,2	51,17	49,86	54,38		
По Правому берегу		м	53,29	67,83	65,24	47,04	47,88	50,46		
Программа Волна 2.0										



Рис. 9. Продольный профиль по створу плотины



Рис. 10. Продольный профиль по створу 1 (0,5 км от створа гидроузла)



Рис. 11. Продольный профиль по створу 2 (1 км от створа плотины)



Рис. 12. Продольный профиль по створу 3 (3 км от створа плотины)





Рис. 13. Продольный профиль по створу 4 (4,5 км от створа плотины)



Рис. 14. Продольный профиль по створу 5 (5 км от створа плотины)

Таблица 3

Величины ущербов при аварии на ГТС

Составляющая ущерба от аварий ГТС	Величина ущерба, тыс. руб.
$I_{\text{соц}}$ – социальный ущерб	0
I_1 – ущерб промышленным предприятиям	0
I_2 – ущерб элементам транспорта и связи	0
I_3 – ущерб жилому фонду и имуществу граждан	0
I_4 – расходы на ликвидацию последствий аварии	0
I_5 – ущерб сельскохозяйственному производству	0
I_6 – ущерб лесному фонду от потери леса, как сырья	0
I_7 – ущерб, вызванный нарушением водоснабжения	0
I_8 – ущерб объектам водного транспорта	0
I_9 – ущерб рыбному хозяйству	138,000
I_{10} – ущерб природной среде	0
I_{11} – прочие виды ущерба	13,8
$I_{\text{общ}}$ – общий ущерб при аварии	151,8
$I_{\text{имущ}}$ – имущественный ущерб	138,000

ситуации не выходит за пределы территории муниципального образования; в случае гидродинамической аварии не будет нанесен ущерб жизни и здоровью людей, имуществу физических лиц.

В результате аварии на гидроузле будет причинен ущерб рыбному хозяйству в размере 138 000 руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдразаков Ф.К., Михеева О.В. Обследование гидротехнических сооружений Ахмато-Лавровского водохранилища Краснокутского муниципального района Саратовской области при оценке их безопасности. // Аграрный научный журнал. 2021. № 7. С. 74–78.
2. Михеева О.В. К вопросу об использовании ковшовых водозаборных малых реках // Научная жизнь. 2012. № 3. С. 143–149.
3. Эксплуатационная надежность гидротехнических сооружений / Ф.К. Абдразаков [и др.]. Саратов, 2018.
4. Панферова Н.И., Решеткина, Н.М. Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель. СПб., 1995. 360с.
5. Абдразаков Ф.К., Михеева О.В. Исследование эксплуатационного состояния и оценка вероятного вреда при разрушении плотины на пруду «Казенный» Дергачевского района Саратовской области // Аграрный научный журнал. 2020. № 3. С. 66–69.
6. Геоинформационная база данных управления орошением земель Марковского района Саратовской области / В.А. Шадских [и др.] // Научная жизнь. 2015. № 1. С. 82–93.

REFERENCES

1. Abdrazakov F.K., Mikheeva O.V. Survey of the hydrotechnical facilities of the Akhmato-Lavrovsky reservoir of the Krasnokutsk municipal district of the Saratov region when assessing their safety. *The agrarian scientific journal*. 2021; 7: 74–78. (In Russ.).
2. Mikheeva O.V. To the question of the use of bucket water intakes in small rivers. *Scientific life*. 2012; 3: 143–149. (In Russ.).
3. Operational reliability of hydrotechnical facilities / F.K. Abdrazakov et al. Saratov, 2018. (In Russ.).
4. Panferova N.I., Reshetkina, N.M. Environmental principles of regulation of the hydrogeochemical regime of irrigated land. SPb., 1995. 360s. (In Russ.).
5. Abdrazakov F.K., Mikheeva O.V. Study of the operational state and assessment of the probable damage in the destruction of the dam at the “Kazenny” pond of the Dergachev district of the Saratov region. *The agrarian scientific journal*. 2020; 3: 66–69. (In Russ.).
6. Geoinformation database for land irrigation management of the Marks district of the Saratov region / V.A. Shadskikh et al. *Scientific life*. 2015; 1: 82–93. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 11.05.2022; одобрена после рецензирования 12.06.2022; принята к публикации 25.06.2022.

The article was submitted 11.05.2022; approved after reviewing 12.06.2022; accepted for publication 25.06.2022.

