

УДК 502/504: 627.8: 69.05

**О.Н. ЧЕРНЫХ, В.И. ВОЛКОВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва

**А.В. БУРЛАЧЕНКО**

АО «Мерседес-Бенц РУС», г. Москва

## ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ НИЖНЕГО БЬЕФА СТОЛИЧНЫХ ПРУДОВ

*Рассматриваются проблемы и различные подходы к оценке безопасности нижнего бьефа низконапорных столичных гидроузлов и параметров волны прорыва при возможной аварии гидротехнических сооружений в условиях сложившейся городской инфраструктуры и на территориях, присоединяемых к городским. Отмечено, что расчёт параметров волны прорыва и зон возможного затопления является одной из важнейших составных частей Декларации безопасности ГТС, будь то плотина крупного гидроузла или малого рекреационного запруженного водоёма на территории мегаполиса. Установлено, что как зарубежные, так и отечественные программные разработки по расчёту параметров волны прорыва далеко не всегда проходят необходимый набор тестов и для низконапорных гидроузлов, составляющих преобладающее большинство в столичном мегаполисе, имеют определённые трудности в использовании как для проектировщиков, так и у специалистов службы эксплуатации. Приведены результаты сопоставления с данными расчётов упрощёнными методами, разработанными на кафедре ГТС, с данными расчёта по программным комплексам, предлагаемым НИИЭС и ВНИИ ГОЧС. Показана перспективность перехода к чисто эмпирическим зависимостям для оценки динамики развития аварии на территории Москвы с учётом месторасположения плотины в каскаде и отсутствия подпора в нижнем бьефе от нижерасположенного гидроузла.*

*Безопасность, территория нижнего бьефа, сценарий аварии, волна прорыва, зона затопления, каскад прудов, глубина затопления, ущерб при аварии.*

**Введение.** На территории Москвы сосредоточены уникальные природные и рекреационные ресурсы. В условиях мегаполиса со сформировавшейся гидросетью можно выделить плотинные (напорные) пруды (менее 40%) и наливные (безнапорные) (около 56%). В настоящее время в Москве имеются 4 водоёма объёмом более 0,5 млн м<sup>3</sup>, объёмом 0,5...0,1 млн м<sup>3</sup> – порядка 45, остальные имеют объём менее 0,1 млн м<sup>3</sup>. В гидроландшафте мегаполиса общая доля водоёмов, по данным Департамента земельных ресурсов, в 2010 г. составляла более 1,5 тыс. га [1]. Из общего количества московских прудов (в 2011 г. их было примерно 650) около 16% раньше были пригородными усадебными [1, 2]. Сейчас такие «старые» пруды имеют статус памятников культуры и парковых ландшафтов Москвы. Чаще всего они располагаются на ООПТ. Некоторые из них были реконструированы в середине прошлого столетия, во время индустриального подъёма жилищного и капитального строительства, проводившегося в 1960-1980 гг. в Москве. Однако в результате такого благоустройства, когда работы велись без каких-либо

экологических обоснований и ограничений, многие столичные пруды полностью утратили характеристики природного водоёма и необходимые элементы для функционирования водной экосистемы (Советский пруд в Перово, пруды в Кусково, Останкино, Люблино, Петровско-Разумовское, Головинские пруды в Михалково и многие другие) [2]. Поэтому сегодня большая часть «старых» прудов мегаполиса (51%) подлежит реставрации и капитальному ремонту [3]. В связи с расширением границ Москвы число запруженных водоемов существенно увеличилось. Относительно недавно в городскую черту попал ещё ряд «старых» прудов: в усадьбах Чернево, Бутово, Захарьино; в новых районах Куркино, Щербинке, Митино, Рождественно, Переделкино, Солнцево и другие пруды в Новой Москве (порядка 170). Испытываемые страной экономические проблемы привели к тому, что реализация как среднесрочной, так и долгосрочной (до 2020 г.) программ восстановления водных объектов в Москве практически приостановлена.

В рамках интенсивной урбанизации столичной территории одним из актуаль-

ных вопросов городской гидротехники является обеспечение безопасности с одновременным решением проблем сохранения, природоприближенного восстановления, реставрации и реконструкции природных территорий Москвы и их водных систем. В этой связи настало время большее внимание при оценке безопасности гидротехнических сооружений (ГТС) для урбанизированных территорий обращать на реконструкцию «старых» плотин, особенно усадебных гидроузлов, исторически оказавшихся в густонаселённых районах столицы. Большинство прудовых ГТС эксплуатируется более 40...50 лет. Необходимость их реконструкции определяется, в первую очередь, такими обстоятельствами, как старение конструкции; повреждение отдельных элементов ГТС; несоответствие современным требованиям безопасности решений, принятых при строительстве; изменение либо уточнение гидрологических данных в период эксплуатации гидроузла; изменение класса ГТС в силу ряда обстоятельств.

**Материалы и методы исследования.** Обследование технического состояния прудовых гидроузлов Москвы в административных округах (АО) и их анализ, проводимые на кафедре гидротехнических сооружений РГАУ-МСХА на протяжении ряда лет (1998-2015 гг.), показали, что для разных АО процент объектов, требующих капитального ремонта, составляет от 15 до 52%. В удовлетворительном состоянии находятся от 3 до 23% водоёмов. Техническое состояние ГТС только 3...16% прудов можно квалифицировать как удовлетворительное. Сегодня водная система некоторых парковых объектов столичного региона полностью разрушена и представляет собой отдельные самостоятельные элементы («Братцево», «Студенец», «Алтуфьево», ряд старинных пригородных усадеб в Щербинке, Балашихе, Королёве, Мытищах и других, граничащих с Москвой территориях Московской области). Практически руинировано порядка 9% московских прудов [1-3].

Для гидроузлов Москвы наблюдается негативная тенденция увеличения числа сооружений с опасным и неудовлетворительным уровнем безопасности [1, 2]. Именно для таких гидроузлов наиболее опасными сценариями развития гидродинамических аварий будут деформация и разрушение напорного фронта сооружений. По результатам обследований столичных водоёмов уста-

новлено, что 176 из них образованы грунтовыми плотинами и дамбами (состояние на 2012 г.). Высоту 5...10 м имеют 24 плотины (16%), более 10 м – 2 плотины (1%), 3...5 м – 64 плотины (36%), менее 3 м – 63 плотины (35%). Несомненно, наибольшую опасность для окружающей территории с точки зрения возможности развития гидродинамической аварии имеют пруды с развитым напорным фронтом, который формируется в основном однородными земляными плотинами (более 99%). Использование для этой цели плотин из бетона и камня в мегаполисе ограничено (исключением является Борисовский пруд).

Безопасность низконапорных гидроузлов также во многом определяется наличием и состоянием водопропускных и, в частности, водосбросных сооружений. На прудах Москвы функционируют 164 водосброса, из которых преобладают трубчатые (94%). Среди них наиболее распространены нерегулируемые (башенные, шахтно-башенные, безбашенные и проч.). Приплотинные водосбросы часто совмещены с водовыпускными сооружениями, но достаточно полных данных по ним нет. Паводковые водосбросы и водовыпуски в подавляющем большинстве находятся в предаварийном или аварийном состоянии [1, 3].

В мегаполисе – более 80 каскадов с запруженными прудами, которые влияют на работу друг друга. Так, на р. Городне было обследовано 3 каскада, состоящих из 21 пруда, на р. Очаковке – 2 каскада из 11 прудов, на р. Битце с притоком р. Журавенка – 2 каскада из 10 прудов и т.д. Напоры на подпорных сооружениях каскадных гидроузлов составляют в основном 2...6 м, а расстояния между ними не превышают нескольких десятков километров (пруды усадеб «Петровско-Разумовское», «Битца-Садки», «Кусково», «Кузьминки-Влахернское», «Люблино» и проч.). Иногда пруды каскада непосредственно отделяются друг от друга перегородивающими дамбами или плотинами (пруды в столичных усадьбах «Узкое», «Чернево», «Михалково», «Покровское-Стрешнево», «Студенец» и др.). Поэтому наиболее неблагоприятными аварийными ситуациями на таких гидроузлах являются возможные повреждения или разрушение плотины вышележащего пруда. В целом состояние подпорных сооружений водоёмов Москвы в основном является удовлетворительным. Однако примерно 12% из общего числа обследованных плотин находится в потенци-

ально опасном или аварийном состоянии вследствие недопустимо малого запаса гребня плотины над уровнем верхнего бьефа (например, пруд № 2 в Толстопальцево, плотина между прудами № 5 и № 6 в парке усадьбы «Покровское-Стрешнево») или высачивания фильтрационных вод на низовом откосе (в зоне отдыха на Битцевской плотине, плотинах между прудами в «Чернево», в одной из самых высоких плотин Москвы на Барышихинском пруду, плотинах каскада в «Царицыно» и др.).

В настоящее время все шире в практике мировой гидротехники осуществляется реконструкция водосбросов «старых» плотин, поскольку весьма велика вероятность возникновения аварий на них, что обуславливается несоответствием пропускной способности водосбросов стоку экстремального паводка, а также неудовлетворительным техническим состоянием водосбросов или неправильными действиями эксплуатационного персонала. Решение этой проблемы требует разработки общих конструктивных подходов и конкретных предложений, например, к перепроектированию входного оголовка или устройств нижнего бьефа и т.п. По разным причинам на данный момент это обстоятельство в проектах реконструкции и восстановления городских гидроузлов в мегаполисе учитывается недостаточно. Зачастую при реконструкции используется упрощённая и неэффективная миксированная конструкция водосбросного сооружения либо проводятся лишь косметические мероприятия (подсыпка гравия или песка, добетонировка, замена берегоукрепления и проч.) (каскад Путяевских прудов ВАО, в Малино ЗелАО и др.) [2]. Если водосброс не реконструируется, то актуальными становятся меры по усилению элементов конструкции плотин, модернизации дренажной системы и обязательное расширение системы мониторинга.

Для прудов Москвы при рассмотрении схем возможных сценариев развития аварий при чрезвычайной ситуации на «старых» гидроузлах из двух групп факторов (природного и антропогенного характера: аварии на вышерасположенных гидроузлах; террористические акты; ошибки проектирования при реконструкции и восстановлении водного объекта, строительстве, эксплуатации ГТС; неправильные действия или бездействие персонала в нештатных ситуациях; нарушения, вызванные очень

длительным сроком эксплуатации сооружений; полное отсутствие службы эксплуатации и т.д.), которые обычно обуславливают аварии ГТС [8], с учётом типа, конструкции и состояния плотины можно вычленить возможные источники опасности. Это недостаточное превышение гребня плотины над уровнем верхнего бьефа; отсутствие крепления верхнего откоса и размывы надводной части откоса с захватом гребня; нарушение устойчивости откосов грунтовой плотины; нарушение фильтрационной прочности тела и/или основания грунтовой плотины; нарушение фильтрационной прочности грунтов тела плотины на контакте с отводящими трубами закрытого водосброса; недостаточная пропускная способность входного оголовка и водопропускных отверстий ГТС и отводящего тракта.

Начальной фазой возможной гидродинамической аварии на гидроузлах, как правило, является прорыв подпорного сооружения (плотины или дамбы) [4]. При прорыве напорного фронта гидроузла в проран, а через него – и в нижний бьеф гидроузла, поступает неуправляемый водный поток, имеющий значительную скорость течения. В его фронте образуется волна прорыва, обладающая большой разрушительной силой. Расчёты образования прорана при прорыве подпорного ГТС любого класса, оценку параметров и распространение волны прорыва на территории нижнего бьефа можно выполнить по пакетам отечественных или зарубежных программных комплексов, использующих одномерные и двухмерные схемы гидравлических и гидрологических расчётов пропуска паводков, потоков течений и последствий их воздействий в нижнем бьефе: HEC RACE (США); MIKE11 и MIKE21 (DHI Water and Environmental, Дания); «SV\_1», разработанной С.Я. Школьниковым; «Бор» и «River» «Stream 2D», разработанных В.В. Беликовым и В.В. Кочетковым. Наиболее достоверные параметры волны можно получить, построив компьютерную гидродинамическую либо физическую модель водохранилища и рельефа ниже по течению водотока (НИИЭС) [6, 8].

Существует также ряд упрощённых методов, разработанных для выполнения предварительной приближённой оценки параметров волны прорыва, а в некоторых менее ответственных случаях – и для окончательного прогноза ее параметров [6, 7]. В этой связи составной частью

выделенной проблемы – обеспечения безопасности при техногенных катастрофах на урбанизированных территориях и сохранения историко-культурного наследия России – является решение задачи корректного определения параметров волны прорыва достаточно простыми инженерными методами, позволяющими оперативно оценивать степень опасности низконапорного гидроузла для нижнего бьефа. И.А. Секисовой показано, что модели, построенные с использованием одномерных уравнений Сен-Венана (программа «River» и программа MIKE11), незначительно уступают по точности программе «Бор», базирующейся на решении двумерных уравнений Сен-Венана [5, 6, 8]. Ошибка колеблется в пределах от 0,7 до 22,3% при определении значений максимальной глубины затопления; от 0,7 до 19,1% при определении значения максимального расхода; от 0,1 до 14,3% при определении времени добега до расчётных створов; от 7,5 до 19,1% при определении значения времени, за которое отметка затопления в расчётных створах достигает своего максимального значения. Помимо этого, обосновывается [5] вывод о достаточной степени достоверности при оценке состояния низконапорных гидроузлов Московской области и значительной простоте расчёта по методике Б.Л. Историка [6, 8], причём при определении значений максимальной глубины затопления наибольшие расхождения в результатах наблюдаются в створах, расположенных вблизи к створу плотины (от 0,3 до 14,6%).

Графоаналитический метод Б.Л. Историка прост в использовании и недорог, но работа с безразмерными графиками и определение осреднённого поперечного сечения рассматриваемого створа являются сравнительно сложным и трудоёмким процессом. Последние методы ориентированы, в основном, на случай отсутствия подпора в нижнем бьефе от нижерасположенной плотины.

**Результаты исследований.** Для апробации разработанных на кафедре ГТС основных принципов проведения детального анализа оценки безопасности ГТС низконапорного гидроузла с грунтовой плотинной в 2013-2015 гг. при оценке состоянии 20 прудовых гидроузлов мегаполиса было выполнено сравнение различных методов расчёта волны прорыва, позволяющих с приемлемой

точностью осуществлять предварительную экспертную оценку масштабов чрезвычайной ситуации, в случае прорыва напорного фронта столичных плотин. Для этого из числа существующих методик были выбраны 3 упрощённые: методика МЧС РФ, методика И.А. Секисовой и Г.М. Каганова, компиляционная зависимость В.И. Волкова.

В упрощённой методике МЧС РФ (методика ВНИИ ГОЧС) с программным комплексом «Волна» основными параметрами поражающего действия волны прорыва приняты максимальные: глубина затопления, ширина затопления и скорость течения, время прихода фронта, гребня и хвоста волны прорыва. Модификации программы «Волна» предназначены в основном для прогнозирования масштабов затопления местности и характеристик волны прорыва при разрушении средне и высоконапорных гидроузлов. В результате вычислений по программному комплексу приводятся данные о максимальном расходе воды в створе, высоте волны (превышение уровня воды над уровнем бытового потока) и максимальная отметка затопления. Площадь территорий и объекты, попадающие в зону затопления, устанавливаются путём нанесения на имеющуюся топографическую карту границ максимального возможного затопления, определённых в расчётных створах [7].

По методике И.А. Секисовой и Г.М. Каганова, глубина затопления в зависимости от основных параметров гидроузла и условий распространения волны прорыва в нижнем бьефе при аварии низконапорных горючих прудовых гидроузлов может быть определена по эмпирической формуле (1) [5], где начальные параметры устанавливаются в зависимости от принятого сценария аварии

$$h_{\max} = 2,5 W_{\text{вод}}^{-0,05} H_0^{0,98} n_0^{0,02} Q_0^{0,05} x^{-0,13}, \quad (1)$$

где  $h_{\max}$  – максимальная глубина волны прорыва, м;  $W_{\text{вод}}$  – объём водохранилища ВБ до начала аварии, м<sup>3</sup>;  $H_0$  – глубина водохранилища у плотины до начала аварии, м;  $n_0$  – шероховатость русла верхнего бьефа;  $x$  – расстояние от створа плотины до створа наблюдений, м;  $Q_0$  – расход воды в нижнем бьефе гидроузла до начала аварии, м<sup>3</sup>/с.

Анализ формулы (1) показывает, что она имеет ограничения и корректно применима только в следующем диапазоне изменения параметров: объём водохранилища  $W_{\text{вод}}$  – от 50 до 5000 тыс. м<sup>3</sup>; глубина воды

в верхнем бьефе у плотины  $H_0$  – от 2 до 20 м; расход воды в нижнем бьефе гидроузла до начала аварии  $Q_0$  – от 1 до 100 м<sup>3</sup>/с; длина водохранилища – от 0,8 до 2 км при условии отсутствия подпора со стороны нижерасположенных ГТС; расстояние от створа плотины до рассматриваемого сечения  $x$  от 0,5 до 50 км; шероховатость  $n_0$  от 0,02 до 0,2. При расчёте отводящее русло принимается призматической формы с треугольным поперечным сечением и постоянным продольным уклоном дна.

Сопоставительный анализ результатов расчётов для водоёмов мегаполиса показал, что при отсутствии данных, необходимых для использования формулы (1), для предварительной оценки масштабов вероятного

вреда и определения максимальных глубин затопления в расчетных створах нижнего бьефа каскада гидроузлов при гипотетической аварии на прудах урбанизированных территорий целесообразно использовать зависимость (2), предложенную В.И. Волковым:

$$h_{\max} = 0,34H_0 \left(\frac{x}{H_0}\right)^{-0,13} \quad (2)$$

В качестве характерного примера водного объекта столичного мегаполиса можно привести каскад прудов в «Чернево». Каскад прудов территориально находится на окраине города Москвы в ЮЗАО, к югу от МКАД – в районе Южное Бутово (рис. 1).

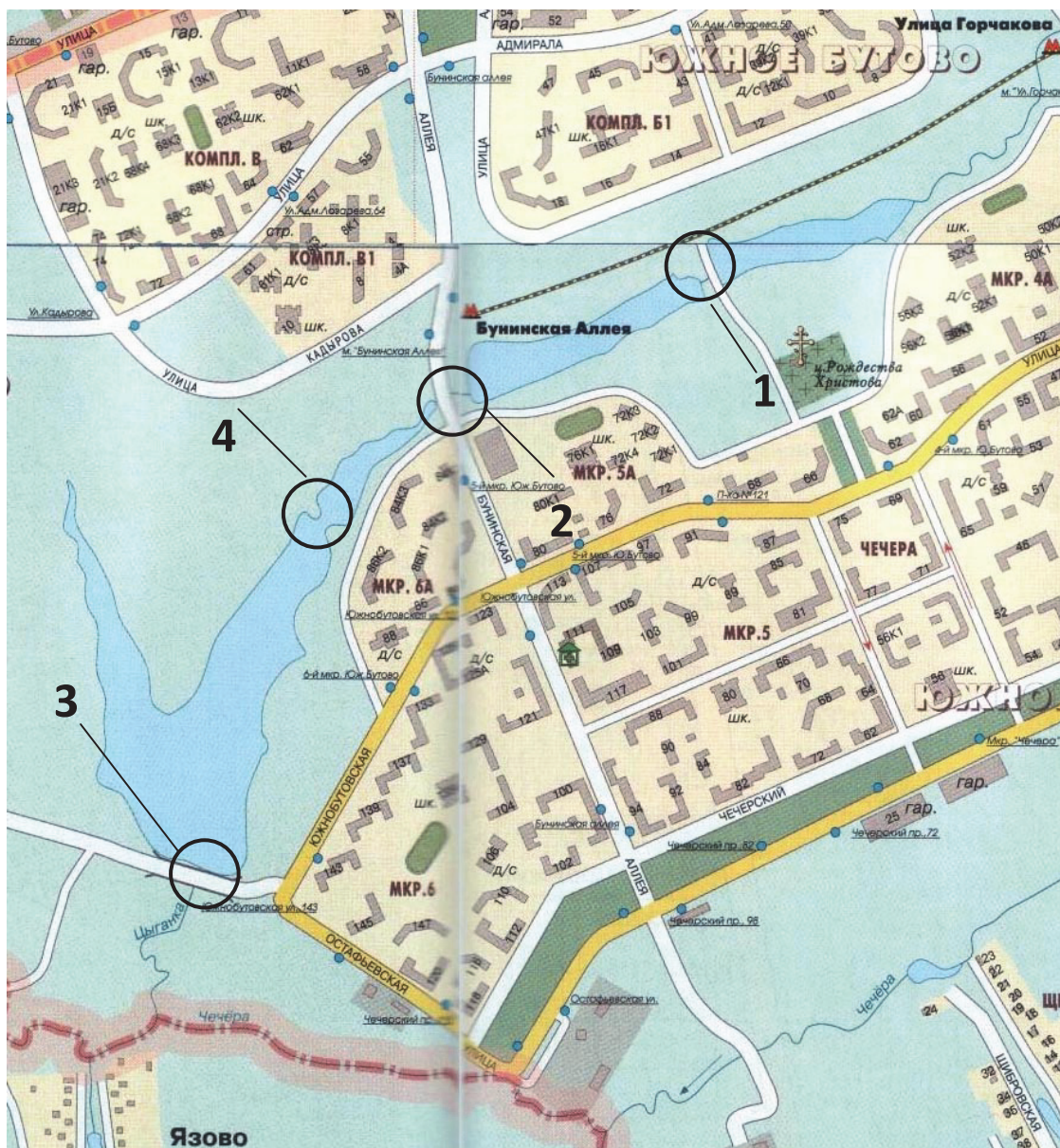


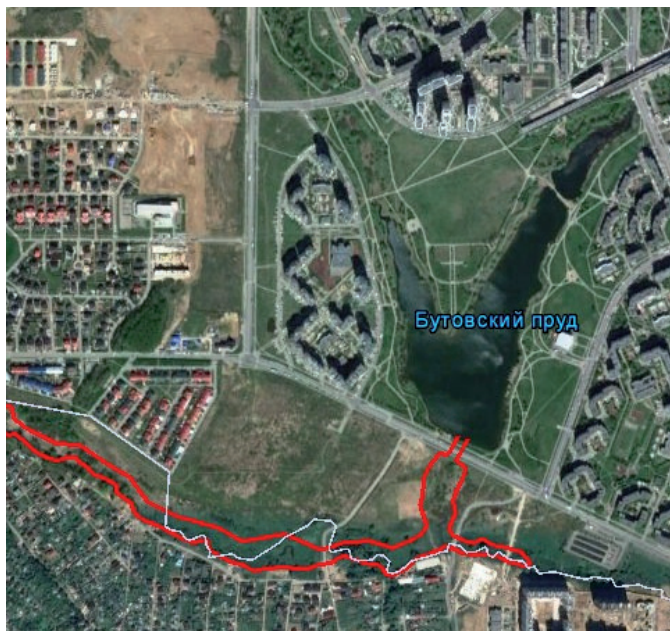
Рис. 1. Каскад прудов №№ 1, 2, 3 на р. Чуре в д. Чернево, Южное Бутово ЮЗАО г. Москвы. М 1:12500; 1, 2, 3 – створы плотин прудов №№ 1, 2, 3 соответственно; 4 – створ разрушенной плотины

В 2011-2014 гг. были проведены работы по очистке последнего и самого большого пруда № 3 каскада (длина – 900 м, максимальная ширина – 280 м, площадь зеркала – 15 га, средняя глубина – 2 м) и обустройству прилегающей парковой территории, практически не затрагивающие основные гидротехнические сооружения этого гидроузла: грунтовую плотину и закрытый водосброс (рис. 2а). Выполненные расчёты по определению параметров волны прорыва рассмотренными наиболее простыми инженерными методами, позволяющими оперативно оценивать степень опасности низконапорного гидроузла для нижнего бьефа наиболее крупных каскадов столичных прудов, по-

казали, что по самому наиболее вероятному и наиболее тяжёлому сценарию аварии максимальная глубина затопления нижнего бьефа в районе створа плотины может составить порядка 3,5...4 м. В нижнем бьефе пруда № 3 в Чернево на расстоянии 250 м от оси плотины, где ранее проходила граница с Московской областью и начинаются участки частных строений и городские новостройки, её величина может составлять около 2,3 м. Это грозит затоплением и значительным материальным ущербом частным домам микрорайона Язово, ЖК Новое Бутово и расположенным ниже по течению р. Цыганки садовым участкам и коттеджному посёлку Потапово (рис. 2б).



а



б

Рис. 2. Пруд № 3 каскада прудов в усадьбе «Чернево»:  
а – остатки разрушенной плотины в верхней части пруда;  
б – возможные границы зоны затопления в нижнем бьефе при гипотетическом прорыве плотины № 3 каскада (показаны красным цветом)

Расхождения между значениями  $h_{max}$ , подсчитанными по зависимостям (1) и (2), оказались для прудов мегаполиса незначительными: например, для каскада прудов в усадьбе «Чернево» они составляют менее 4...8%, а по программе МЧС достигают более 20% (рис. 3). Следует отметить, что для городских низконапорных гидроузлов на урбанизированной и густо застроенной территории, с забранными в коллекторы отводящими руслами водотоков расчёты по зависимостям (1) и (2) также следует считать приближёнными.

Выполненные практические расчёты и анализ вероятных ситуаций аварий позволили вычлнить ряд гидроузлов Москвы, в основном с прудами полукопанями или с плотинными прудами, у которых нижний бьеф засыпан и спланирован, и потому вероятность образования волны прорыва и зоны затопления ничтожно мала (Патриарший пруд, каскад Красногвардейских прудов, Владимирский пруд, Селезнёвский пруд, Большой Садовый пруд и др.).

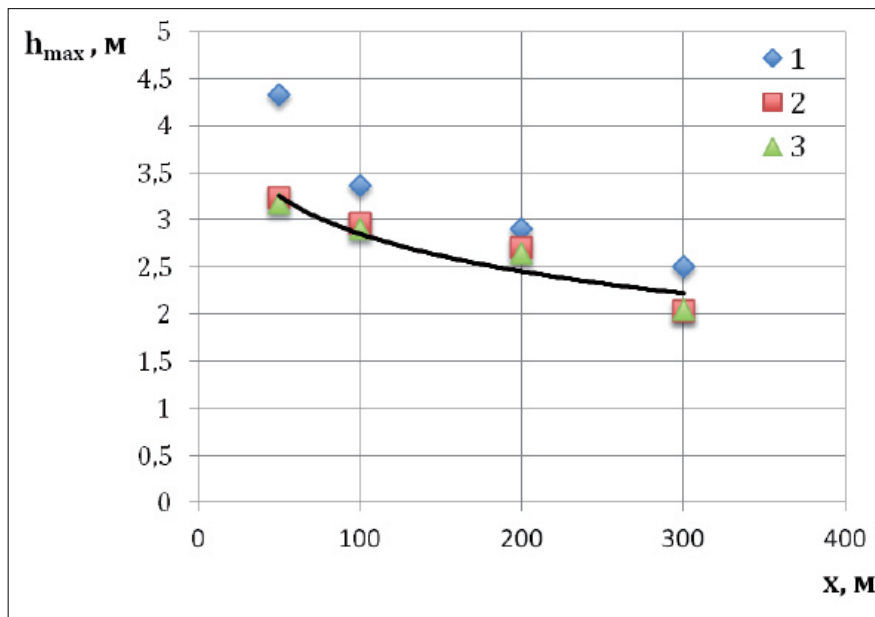


Рис. 3. График изменения максимальной глубины волны прорыва  $h_{max}$  в различных створах нижнего бьефа Черневского (Бутовского) гидроузла, подсчитанной: 1 – по методике ВНИИ ГОЧС [7]; 2 – по формуле И.А. Секисовой (1); 3 – по зависимости В.И. Волкова (2)

### Выводы

Расчёты глубины затопления упрощёнными методами для мегаполиса, разработанные на кафедре гидротехнических сооружений РГАУ-МСХА применительно к низконапорным плотинам в агроландшафтах, удовлетворительно согласуются с результатами расчета по методикам, базирующимся на численных методах решения уравнения Сен-Венана, заложенных в программы «БОР», MIKE11 и MIKE21. Результаты расчета по методике ВНИИ ГОЧС заметно отличаются от рассмотренных методов. Для использования этой методики требуется её доработка, в особенности для урбанизированных территорий с интенсивной застройкой.

Представляется целесообразным для определения параметров волны прорыва при оперативном выполнении экспертных оценок в случае прорыва напорного фронта низконапорных гидроузлов при отсутствии подпора со стороны нижнего бьефа и объектов возможных разрушений (промышленного и жилого фонда), а также видов хозяйственных элементов, которые могут привести к реальному ущербу, применять формулу В.И. Волкова, являющуюся упрощённой аппроксимацией зависимости И.А. Секисовой и Г.М. Каганова.

Целесообразно для реальных высокозначимых водных объектов столицы провести расчёты и по другим методикам, бази-

рующимся на численных методах решения уравнения Сен-Венана. Требуется более детальная оценка ошибок расчета по этой методике при наименьшем числе допущений. При этом в дальнейшем желательно сопоставить полученные результаты с данными экспериментальных исследований и натуральных наблюдений.

В качестве необходимого элемента программы обеспечения безопасности ГТС Москвы нужна разработка полноценной системы постоянного мониторинга всех городских ГТС независимо от формы их собственности.

Считаем, что расчет по определению параметров возможной волны прорыва, зоны затопления, а затем и ущербов для ряда основных каскадных гидроузлов мегаполиса, находящихся на вновь присоединённых или трансграничных с областью территориях, является обязательным и целесообразным, так как в зону катастрофического затопления могут попасть жилой фонд, промышленные зоны, складские помещения, автодороги, ценные земельные угодья, лесные массивы, ООПТ и другие объекты, затопление которых может причинить ущерб третьим лицам.

### Библиографический список

1. Алтунин В.И., Черных О.Н. Оценка безопасного состояния низконапорных гидроузлов в Москве // Вестник МАДИ. – 2014. – № 2. – С. 81-87.

2. Черных О.Н., Волков В.И., Сабитов М.А., Алтунин В.И. О некоторых аспектах оценки размера вероятного вреда в результате аварии гидротехнических сооружений // Природообустройство. – 2014. – № 4. – С. 46-52.

3. Черных О.Н., Алтунин В.И. Особенности технического мониторинга прудов на территории центра Москвы // Природообустройство. – 2015. – № 1. – С. 66-71.

4. О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 117-ФЗ (ред. от 28.12.2013 г.) [Электронный ресурс]. – URL: <http://focdoc.ru/article/a-43.html> (Дата обращения – 16.05.2014 г.).

5. Каганов Г.М., Волков В.И., Секисова И.А. Приближённая оценка глубины затопления территории в нижнем бьефе при прорыве напорного фронта низконапорных гидроузлов // Гидротехническое строительство. – 2010. – № 4.

6. Школьников С.Я., Секисова И.А. Опыт математического моделирования гидродинамических аварий и оценка вызванных ими ущербов // Гидротехническое строительство. – 2008. – № 10. – С. 48-55.

7. Пчёлкин В.И. Безопасность зданий и сооружений в зоне гидродинамических аварий на гидротехнических сооружениях. Тех-

нологии гражданской безопасности // Вестник ФЦ «ВНИИ ГОЧС». – 2004. – № 2(4).

8. Волков В.И., Черных О.Н., Алтунин В.И., Секисова И.А. Оценка условий и последствий прорыва напорного фронта речного гидроузла: Учебное пособие. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 180 с.

Материал поступил в редакцию 18.01. 2016 г.

#### Сведения об авторах

**Черных Ольга Николаевна**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Гидротехнические сооружения», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; тел.: 8 (499) 190-53-43; e-mail: gtsmgup@mail.ru

**Волков Владимир Иванович**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Гидротехнические сооружения», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; тел.: 8 (499) 153-86-48; e-mail: volcov\_vi45@mail.ru

**Бурлаченко Алена Владимировна**, специалист АО «Мерседес-Бенц РУС»; 125167, Москва, Ленинградский пр-т, 39А; тел.: 8 (499) 6180514; e-mail: alena.burlachenko@daimler.com

#### O.N. CHERNYH, V.I. VOLKOV

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»

#### A.V. BURLACHENKO

АО «Mercedes-Bents RUS», Moscow

## PROBLEMS OF SAFETY OF DOWNSTREAM TERRITORIES OF THE CAPITAL PONDS

*There are considered various issues and approaches to assessing the safety of downstream low pressure metropolitan waterworks and parameters of waves breaking at a possible failure of hydraulic structures under the conditions of the existing urban infrastructure and in areas joined to the city. It is noted that calculation of parameters of the wave break and areas of possible flooding is one of the major components of the GTS safety Declaration, whether it is a large hydroelectric unit or a small recreational dammed reservoir in the megalopolis territory. It was found that both foreign and domestic software developments on calculation of wave break parameters do not always pass the required tests set for low pressure hydraulic units being the prevailing majority in the capital city, they have some difficulties for usage both for designers and operation specialists. There are given comparison results of the calculated data developed by simplified methods at the GTS Department with the calculation data made on program complexes proposed by NIIES and VNI GOCHS (Institute of Civil Defense and Emergencies). There is shown a prospect of transition to purely empirical dependencies for assessment of the accident dynamics in Moscow taking into account the location of the dam in the cascade and absence of support in the low pond from the downstream hydraulic unit.*

*Safety, area of the low pond, scenario of the accident, breakage wave, flood zone, cascade of ponds, depth of flooding, damage in the accident.*



## References

1. Altunin V.I., Chernyh O.N. Otsenka bezopasnogo sostoyania nizkonapornyh gidrouzlov v Moskve // Vestnik MADI. – 2014. – № 2. – S. 81-87.

2. Chernyh O.N., Volkov V.I., Sabitov M.A., Altunin V.I. O nekotorykh aspektah otsenki razmera veroyatnogo vreda v resul'tate avarii gidrotehnicheskikh sooruzhenij // Prirodoobustrojstvo. – 2014. – № 4. – S. 46-52.

3. Chernyh O.N., Altunin V.I. Osobennosti tehničeskogo monitoring prudov na territorii tsentra Moskvy // Prirodoobustrojstvo. – 2015. – № 1. – S. 66-71.

4. O bezopasnosti gidrotehnicheskikh sooruzhenij: Federaljny zakon ot 21.07.1997 g. № 117-FZ (red. ot 28.12.2013 g.) [Electronny resurs]. – URL: <http://focdoc.ru/article/a-43.html> (Data obrashcheniya – 16.05.2014 g.).

5. Kaganov G.M., Volkov V.I., Sekisova I.A. Priblizhennaya otsenka glubiny zatopeniya territorii v nizhnem bjefe pri proryve napornogo fronta nizkonapornyh gidrouzlov // Gidrotehnichaskoye stroiteljstvo. – 2010. – № 4.

6. Shkolnikov S.Ya., Sekisova I.A. Opyt matematicheskogo modelirovaniya gidrodinamicheskikh avarij i otsenka vyzvannykh imi ushcherbov // Школьников С.Я., Секисова И.А. Опыт математического моделирования гидродинамических аварий и оценка вызванных ими ущербов // Gidrotehnichaskoye stroiteljstvo. – 2008. – № 10. – S. 48-55.

7. Pchelkin V.I. Bezopasnostj zdaniy i sooruzhenij v zone gidrodinamicheskikh avarij na gidrotehnicheskikh sooruzheniyah. Tehnologii grazhdanskoj bezopasnosti // Vestnik FTS «VNII GOCHS». – 2004. – № 2(4).

8. Volkov V.I., Chernyh O.N., Altunin V.I., Sekisova I.A. Otsenka uslovij i posledstvij proryva napornogo fronta rechnogo gidrouzla: Uchebnoe posobie. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2015. – 180 s.

The material was received at the editorial office  
18.01. 2016

## Information about the authors

**Chernyh Olga Nikolaevna**, candidate of technical sciences, professor of the chair «Hydraulic engineering structures», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B Academicheskaya, d. 44; tel.: 8 (499) 190-53-43; e-mail: [gtsmgup@mail.ru](mailto:gtsmgup@mail.ru)

**Volkov Vladimir Ivanovich**, candidate of technical sciences, professor of the chair «Hydraulic engineering structures», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B Academicheskaya, d. 44; tel.: 8 (499) 153-86-48; e-mail: [volcov\\_vi45@mail.ru](mailto:volcov_vi45@mail.ru)

**Burlachenko Alena Vladimirovna**, specialist AO «Mercedes-Bents RUS»; 125167, Moscow, Leningradsky prospect, 39A; tel.: 8 (499) 6180514; e-mail: [alena.burlachenko@daimler.com](mailto:alena.burlachenko@daimler.com)