

Information about the authors

Karpenko Nina Petrovna, doctor of technical sciences, associate professor, professor of the chair «Hydrology, hydrogeology and flow regulation», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev”, 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel.: e-mail: npkarpenko@yandex.ru

Mustafayev Zhumakhan Suleimenovich, doctor of technical sciences, professor, Kazakh National Agrarian University; Kazakhstan,

0500010, Almaty, Abai Avenue 8; e-mail: z-mustafa@rambler.ru

Kozykeyeva Aliya Tobazhanovna, doctor of technical sciences, Kazakh National Agrarian University; Kazakhstan, 0500010, Almaty, Abai Avenue 8; e-mail: aliya.kt@yandex.ru

Mustafayev Kanat Zhumakhanovich, candidate of economic sciences, Kazakh National Agrarian University; Kazakhstan, 0500010, Almaty, Abai Avenue 8; e-mail: kanatm79@gmail.com

УДК 502/504:627.51:532.5

DOI 10.34677/1997-6011/2019-2-117-122

И.Е. КОЗЫРЬ, И.Ф. ПИКАЛОВА

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, г. Москва, Российская Федерация

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ В РАЙОНЕ МУЗЕЙНОГО КОМПЛЕКСА «ОСТАФЬЕВО» ПРИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЛОВОДЬЯ МАЛЫМ ВОДОТОКОМ

Целью исследований является анализ возможного подтопления музейного комплекса «Остафьево» во время паводка на реке Любуче. Для такого прогноза был выбран моделируемый участок, расположенный ниже по течению от реконструированной недавно земляной плотины, построенной в середине XVIII века. Расчеты гидравлических характеристик потока при пропуске кратковременного паводка проводились с помощью программного комплекса HEC-RAS. Была создана гидродинамическая модель движения воды на участке реки Любучи в районе Остафьево. В результате имитационных расчетов, проведенных на компьютерной модели, получена карта затопления рассматриваемого района и графики изменения скорости движения по длине русла. Сделан вывод о том, что опасности подтопления музейного комплекса нет. Анализ изменения гидравлических характеристик по длине русла позволил определить участки возможного размыва русла.

Открытые русла, гидравлические и морфометрические характеристики, гидродинамическая модель, коэффициент шероховатости, программный комплекс.

Введение. Одной из важных задач управления водными ресурсами является расчет и прогноз половодья и паводков, приводящих к затоплению населенных пунктов и других важных объектов. Эти задачи решаются с помощью моделирования движения в речных системах. С развитием вычислительной техники такое моделирование стало очень актуальным и доступным. В математической модели объекта при этом используются реальные характеристики речной системы [1, 2, 3].

Материал и методы исследований. Объектом исследования была выбрана река Любуча, протекающая по территории Московской области (с. Остафьево) и являющаяся левым притоком реки Десны. Остафьево – уникальный памятник русской усадебной культуры XIX века, один из центров культурной

жизни России. При жизни хозяина Остафьева, поэта князя П.А. Вяземского, в усадьбе бывали А.С. Пушкин, В.А. Жуковский, Е.А. Боратынский, А. Мицкевич, А.С. Грибоедов, Н.В. Гоголь. В Остафьево Н.М. Карамзин работал над «Историей государства Российского».

Результаты и обсуждение. Результатом завершившихся в 2016 году в музее-усадьбе реставрационных работ стало полное восстановление дворцового комплекса. За период реставрации был проведен большой объем работ по возрождению усадьбы, и в настоящее время музей «Остафьево – Русский Парнас» стал культурным и экологическим центром. Также была реконструирована земляная плотина на реке Любуче, построенная в середине XVIII века недалеко от усадебного дома. Благодаря строительству плотины

образовался пруд, который и теперь является важным элементом архитектурно-паркового ансамбля усадьбы Остафьево.

Для дальнейшего сохранения музейного комплекса необходим прогноз возможных негативных последствий от природных явлений, в частности, от затопления территории усадьбы при высоких паводках на реке Любуче. Для такого прогноза был выбран моделируемый участок, расположенный ниже по течению от пруда (рис. 1). Он был разбит на 5 створов с шагом примерно 100 метров для переноса топографических данных в модель.

Задачи исследования были следующие:

- создание модели исследуемого участка, отражающей гидрологические, морфометрические и топографические особенности данного речного бассейна;
- проведение имитационных расчётов последствий сброса максимальных

расходов при прохождении весеннего половодья;

- анализ полученных данных с целью определения затопляемых территорий.

Инструментом решения этой задачи является программа HEC-RAS, разработанная центром инженерной гидрологии США [3]. Она предназначена для выполнения гидравлических расчетов сетей естественных русел (рис. 2). Модуль гидравлического расчета этой программы содержит основные уравнения одномерного потока, схемы их решения при различных условиях течения: спокойные, бурные и смешанные потоки. Представлены: уравнения для расчета профиля свободной поверхности, для расчета пропускной способности поперечного сечения; обобщенный коэффициент шероховатости для основного русла; потери напора на трение; потери напора на расширение и сужение; определения критической глубины.

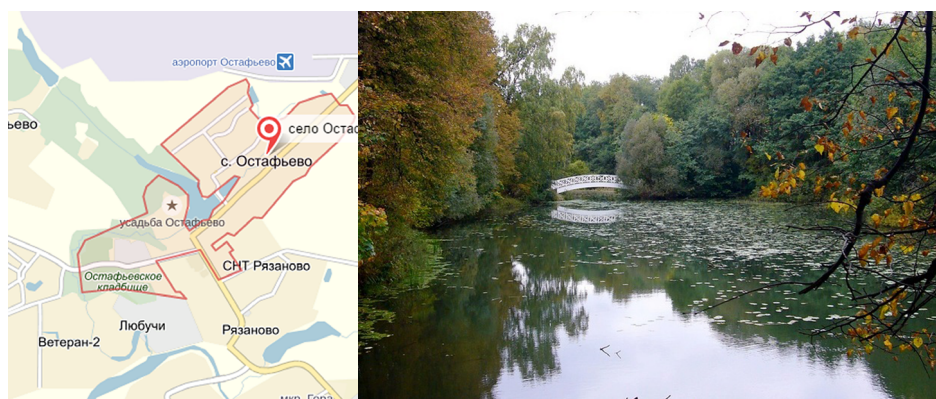


Рис. 1. Карта местности, река Любуча

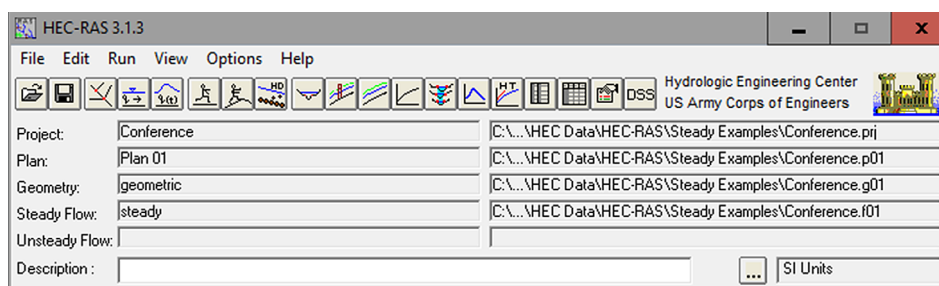


Рис. 2. Главное окно HEC-RAS

При создании компьютерной модели на первом этапе работы с программой HEC-RAS вводились исходные данные, необходимые для создания цифровой модели участка р. Любучи – это гидрологические, топографические и морфометрические характеристики. Была построена схема исследуемого речного участка, на которую были перенесены профили поперечных сечений по выбранным створам (рис. 3).

Отметки профилей поперечных сечений брались с высотной карты исследуемого района, после чего для каждого профиля указывался ряд параметров, включающий в себя: размеры правой и левой поймы, которые определялись тоже с карты местности; коэффициенты шероховатости, расстояние между смежными сечениями. В первом приближении значения коэффициента шероховатости принимались на основе

данных обследования объекта и в соответствии со шкалой шероховатости речных русел и пойм [4]. В соответствии с режимом потока в качестве граничного условия, необходимого для расчетов, было введено значение уклона водосбора, расчет велся по нормальной глубине. Значения коэффициентов шероховатости принимались: $n = 0.03$ для русла и $n = 0.05$ для поймы.

Следующий этап – это определение расчетного максимального расхода воды весеннего половодья. Расчетный максимальный расход воды весеннего половодья при отсутствии данных гидрометрических наблюдений определялся согласно СНиП 2.01.14 [5].

Максимальный (мгновенный) расход 1%-й обеспеченности (сооружения IV класса) для площади водосбора $F = 15 \text{ км}^2$ с учетом

всех характеристик данного района и коэффициентов равен $Q_{1\%} = 21 \text{ м}^3/\text{с}$.



Рис. 3. Карта участка с отмеченными створами

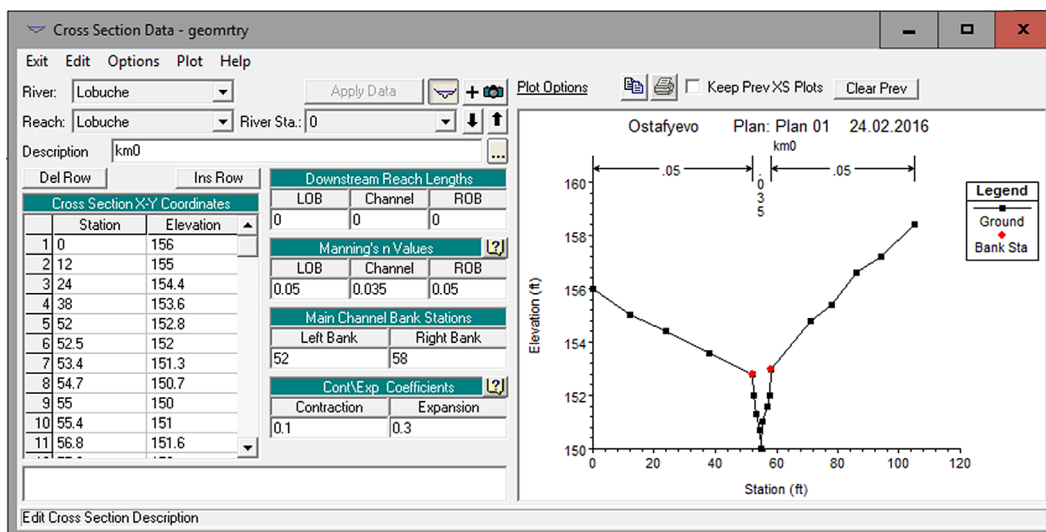


Рис. 4. Данные одного из поперечных сечений

Для определения параметров водопропускных сооружений кроме расчетного максимального расхода необходимо знать расчетный график притока воды к сооружению т. е. расчетный гидрограф. На рисунке 5 представлен расчетный гидрограф весеннего половодья 1% обеспеченности р. Любучи (среднесуточного расхода), построенный по вычисленным координатам по рекомендациям [6].

В результате исследований была создана гидродинамическая модель движения воды на участке реки Любучи в районе Остафьево и проведены имитационные расчеты с целью получения необходимых данных для оценки зоны затопления в результате пропуска максимального паводка. Были получены таблицы с характеристиками потока, профили поперечных сечений

с отметками уровней воды, график изменения скорости по длине русла, 3-D модель исследуемого участка, отображающая затопляемую территорию (рис. 6, 7) [3].

По результатам моделирования построена карта затопления (рис. 8). На ее основе можно сделать заключение о том, что при пропуске во время паводка максимального расхода 1%-й обеспеченности населенные пункты, находящиеся рядом с исследуемым участком не пострадают. Следует также обратить внимание на значения скоростей потока по длине русла. В сечение 2-2 наблюдается увеличение скорости потока относительно других створов в связи с особенностями рельефа. Данный фактор свидетельствует о возможных деформациях русловой и пойменной части при прохождении паводковых расходов.

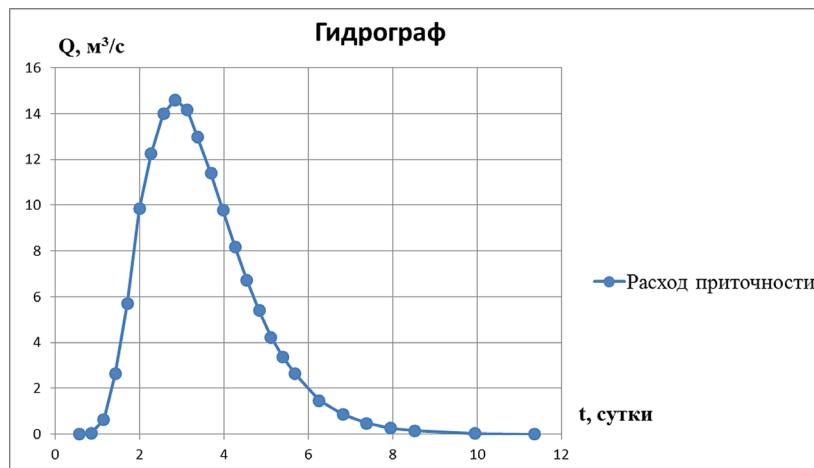


Рис. 5. Расчетный гидрограф весеннего половодья 1% обеспеченности р. Лобучи

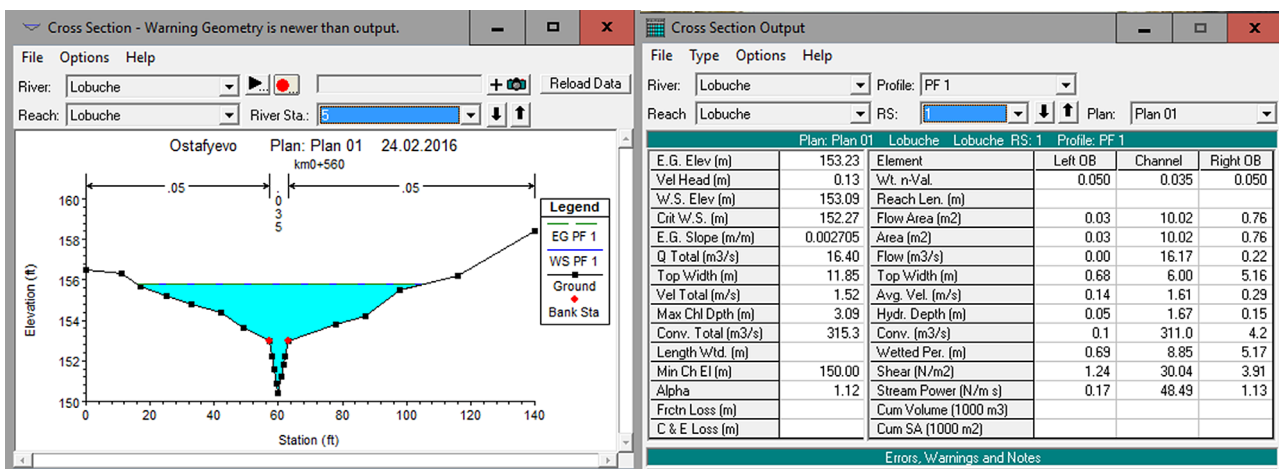


Рис. 6. Таблица выходных гидравлических данных поперечника



Рис. 7. Изменение скорости в русле реки

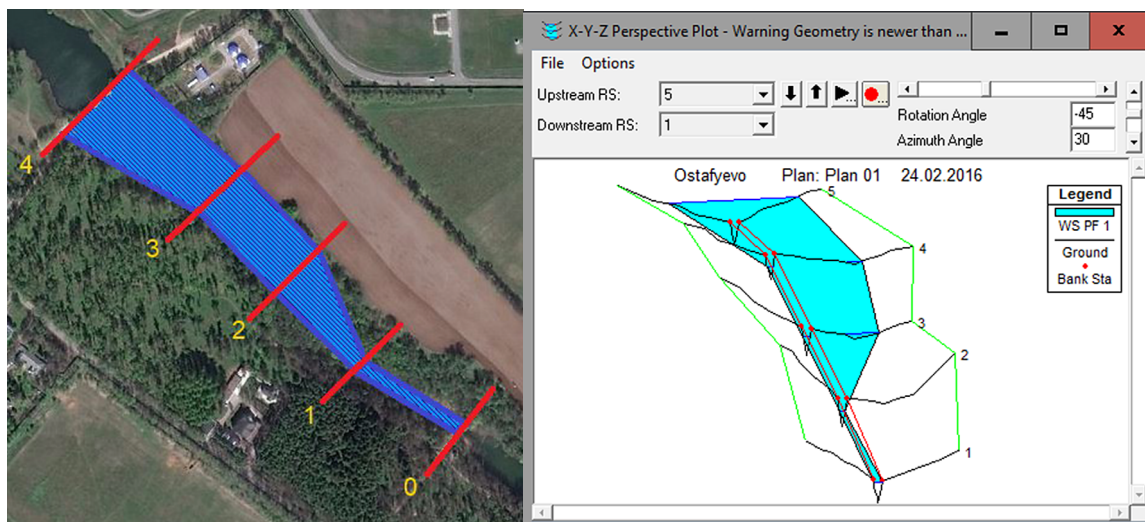


Рис. 8. Зона затопления

Выводы

1. Адаптирована гидродинамическая модель движения воды на одном участке р. Любучи, которая позволила провести имитационные расчеты гидравлических характеристик русла при пропуске паводковых расходов.

2. При пропуске паводкового расхода расчетные уровни воды на всей длине исследуемого участка не превышали отметок бровок, т.е. поток не выходил на пойму и не угрожал затоплением объекту культурного наследия – усадьбе Остафьево.

3. Анализ изменения гидравлических характеристик по длине русла позволил определить участки, наиболее подверженные деформациям.

Библиографический список

1. **Козырь И.Е.** Гидравлические расчеты открытых русел с использованием программного комплекса HEC-RAS: учеб. Пособие. – М.: Изд-во МГУП, 2009. – 104 с.

2. Компьютерное моделирование – современный инструмент решения задач речной гидравлики. Прогнозирование паводков в проекте «Волга-Рейн». / В.В. Беликов, С.О. Бритвин, А.Н. Милитеев и др. / Гидрологическая безопасность и защита окружающей среды и населения от паводков:

научно-технический и производственный сб. «Безопасность энергетических сооружений». – 2003. – № 11. – С. 126-131.

3. Brunne GaryW/ HEC-RAS? RiverAnalysis System Hydraulic User's Manual. Version 3.0, January 2001. UA Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (HEC).

4. **Штеренлихт Д.В.** Гидравлика. Учебник. – СПб.: Лань, 2015. – 656 с.

5. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Гос. комитет СССР по делам строительства, 1985. – 49 с.

6. Практикум по инженерной гидрологии и регулированию стока. / под ред. Е.Е. Овчарова. – М.: Колос, 1996. – 222 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.2018 г.

Сведения об авторах

Козырь Ирина Евгеньевна, проф. кафедры КИВР и гидравлика, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: kozyr_ira@mail.ru

Пикалова Ирина Федоровна, проф. кафедры КИВР и гидравлика, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: Pikalova.if@mail.ru

I.E. KOZYR, I.F. PINKALOVA

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Institute of land reclamation, water economy and construction named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF FLOODING THE TERRITORY IN THE AREA OF THE MUSEUM COMPLEX «OSTAFYEVO» UNDER FLOODING TRANSFORMATION BY A SMALL WATERCOURSE

The aim of the research was the analysis of the possible flooding of the museum complex «Ostafyevo» during a flood on the river Ljubochi. For such a prediction there was chosen a simulated plot downstream the reconstructed earthen dam recently built in the mid-eighteenth century. Calculations of the flow hydraulic characteristics during the flood were conducted using the software package HEC-RAS. The hydrodynamic model of water movement in the Ljubochi River area «Ostafyevo» was created. As a result of simulation calculations carried out with the computer model there was received a map of the flooding area and graphs of speed changes of the movement along the length of the channel. The conclusion was that there was no danger of the museum complex flooding. The analysis of the hydraulic characteristics changes along the channel length allowed determining the areas of possible channel erosion.

Open channels, hydraulic and morphometric characteristics, hydrodynamic model, roughness coefficient, software package.

References

1. **Kozyr I.E.** Gidravlicheskie raschety otкрыtyh rusel s ispolzovaniem programmnoho kompleksa HEC-RAS: ucheb. posobie. – М.: Izd-vo MGUP, 2009. – 104 s.

2. Kompyuternoe modelirovanie – sovremenny instrument resheniya zadach rechnoj gidravliki. Prognozirovanie pavodkov v proekte «Volga-Rein». / V.V. Belikov, S.O. Britvin, A.N. Militeev i dr. / Gidrologicheskaya

bezopasnost i zashchita okruzhayushchej sredy i naseleniya ot pavodkov: nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj sb. «Bezopasnost energeticheskikh sooruzhenij». – 2003. – № 11. – S. 126-131.

3. Brunne Gary W/ HEC-RAS? River Analysis System Hydraulic User's Manual. Version 3.0, January 2001. UA Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (HEC).

4. **Shterenliht D.V.** Gidravlika. Uchebnyk. – SPb.: Lan, 2015. – 656 s.

5. SNiP 2.01.14-83. Opreделение raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik. – M.: Goskomitet SSSR po delam stroitelstva, 1985. – 49 s.

6. Praktikum po inzhenernoj gidrologii i regulirovaniyu stoka. / pod red. E.E. Ovcharova. – M.: Kolos, 1996. – 222 s.

The material was received at the editorial office
19.12.2018 g.

Information about the authors

Kozyr Irina Evgenjevna, professor of the department KIVR and hydraulics, candidate of technical sciences, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49, e-mail: kozyr_ira@mail.ru

Pikalova Irina Fedorovna, professor of the department KIVR and hydraulics, candidate of technical sciences, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49, e-mail: Pikalova.if@mail.ru

УДК 502/504:556

DOI 10.34677/1997-6011/2019-2-122-126

Н.В. ЛАГУТИНА, А.В. НОВИКОВ, О.В. СУМАРУКОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, г. Москва Российская Федерация

Н.О. НАУМЕНКО

Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Российская Федерация

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В СЛЕДСТВИЕ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ВОД

Целью исследовательской работы является обоснование отказа от снижения уровня воды в Рыбинском водохранилище до отметки 98 метров. Для обоснования поставленной цели были проведены расчеты удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ) по ряду лет на разных отметках нормального подпорного уровня (НПУ). Также были выполнены расчеты по изменению концентрации загрязняющих веществ в зависимости от изменения объема воды в водохранилище. На протяжении ряда лет класс качества воды изменяется в диапазоне от 3 – загрязненная, разряд А – загрязненная до 4 – грязная, разряд А – грязная. В результате проведенных расчетов можно сделать вывод – качество воды на отметке 98 метров изменится в худшую сторону, более чем в 2 раза и, как следствие, водохранилище утратит свое назначение. Значительный ущерб будет нанесен жителям Вологодской, Ярославской и Тверской областей.

Рыбинское водохранилище, Череповец, класс качества воды, УКИЗВ, НПУ.

Введение. Вопрос с перспективой использования Рыбинского водохранилища на сегодняшний день остается наиболее актуальным. Срок эксплуатации гидротехнических сооружений Рыбинского водохранилища неминуемо стремится к завершению, в связи с этим неоднократно поднимались вопросы о техническом состоянии и необходимости проведения работ по реконструкции ГТС. Органами власти были предложены радикальные меры по снижению уровня воды до отметки 98 метров в целях снижения нагрузки на гидротехнические сооружения

и продления их срока эксплуатации естественным путем, однако, в научных кругах это вызвало ряд разногласий и споров [1].

Материалы и методы исследования. В работе проведена оценка изменения качества воды водохранилища в результате возможного изменения объема воды.

Показатель УКИЗВ является основным показателем качества воды в Российской Федерации [2]. Расчет удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) проведен по стандартной методике [3].