

УДК 556.532 (282.247.415.5)

В.М. ЮРОВ**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ВОДОРЕГУЛИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ БЕЛОЙ***IMPROVING OF MANAGEMENT TECHNIQUES OF WATER REGULATING COMPLEX IN THE MIDSTREAM OF THE BELAYA RIVER*

Приводится описание усовершенствованных методов управления режимами работы Юмагузинским и Нугушским водохранилищ в составе единого водорегулирующего комплекса среднего течения реки Белой. Экспериментальные исследования возможности применения усовершенствованных методов управления режимами работы единого водорегулирующего комплекса показали, что методы могут применяться для управления режимами работы двух водохранилищ в составе единого водорегулирующего комплекса в рамках выполнения условий единых критериев.

Ключевые слова: водохранилище, методы управления, режимы работы водохранилища, водорегулирующий комплекс, коэффициент стока.

Значение гидротехнических и водорегулирующих сооружений в России в последние годы значительно повышается вследствие участившихся случаев затопления жилых территорий в период паводков и половодий [1-10]. О бедствиях свидетельствуют затопления поселений в районе реки Амур (2013 г.) и на Алтае (2014 г.). Именно эти сооружения и эффективные технические решения в большинстве случаев способны защитить поселения или существенно снизить негативные воздействия водной стихии [11-30].

Водорегулирующий комплекс (ВРК) среднего течения реки Белой Республики Башкортостан представляет собой единую систему из Юмагузинского (ЮВ) и Нугушского (НВ) водохранилищ, выполняющую водохозяйственные функции по защите территории от паводков и обеспечивающую требуемые уровни воды реки Белой в межень для целей промышленного производства городов Мелеуз, Салават, Ишимбай, Стерлитамак (рис. 1) в рамках «несовершенных» правил, разработанных для условий эксплуатации, отличных от проектных.

Для выполнения этих функций автором усовершенствованы методы управления режимами работы названных водохранилищ и разработана

Improved methods of management modes and Yumaguzinskoe and Nugushskoe water reservoirs in the united water-regulating complex in the midstream of the Belaya river are described. Experimental research of possibility of use of management modes improved methods shows that these methods can be applied for reservoir operation modes management in the united water-regulating complex under united criteria conditions.

Keywords: water reservoir, management techniques, reservoir operation modes, water-complex, runoff coefficient.

(совместно с ООО «ИнтроГИС») трехступенчатая имитационная модель [31, 32].

Сравнительно небольшие полезные емкости водохранилищ $W(\text{ЮВ}) = 435$ млн. м^3 и $W(\text{НВ}) = 356$ млн м^3 должны ограничить максимальный расход в половодье до $1500 \text{ м}^3/\text{с}$, а в период межени не допустить снижения минимально разрешенного расхода $Q = 40 \text{ м}^3/\text{с}$ в контрольном створе водомерного поста – в. п. Стерлитамак (Правила технической эксплуатации Юмагузинского водохранилища на р. Белой в Республике Башкортостан. Самара: ИЦЭ Поволжья, 2009. 126 с.).

Для проведения экспериментальных исследований в верхнем и среднем течении р. Белой были задействованы штатные водомерные посты: № 1 – Старосубхангулово; № 4 – Нугушский гидроузел; № 5 – Стерлитамак и дополнительные: № 2 – Кутаново и № 3 – Юмагузинский гидроузел (см. рис. 1).

Метод был применен при пропуске половодья 2012 г. через Юмагузинский (ЮГ) и Нугушский (НГУ) гидроузлы (рис. 2). Из ряда наблюдений был определен год-аналог – 2009 с параметрами половодья, близкими к ожидаемым: годовым объемом стока $0,92 \text{ км}^3$, объемом половодья $0,59 \text{ км}^3$ и макси-

мальным расходом $Q_{max} = 248 \text{ м}^3/\text{с}$. Используя коэффициент отношения стоков, были уточнены параметры годового стока и половодья в створе вод. поста (в.п.) Нугушского гидроузла (НГУ). Для 2009 г. коэффициент отношения стоков составил $K(\text{отн}) = 1,77$. Был определен объем годового стока в створе в.п. НГУ. $W_{\text{год.расч.}}(\text{НГУ}) = 0,92/1,77 = 0,52 \text{ км}^3$. Объем половодья $W_{\text{пол.расч.}}(\text{НГУ}) = 0,59/1,77 = 0,33 \text{ км}^3$.

Фактические объемы в створе в.п. НГУ составили: годовой объем $W_{\text{год.факт}}(\text{НГУ}) = 0,59 \text{ км}^3$; объем половодья $W_{\text{пол.факт.}}(\text{НГУ}) = 0,39 \text{ км}^3$, что составило 12 и 16 % от расчетных величин соответственно.

Одновременно с этим гидрограф половодья привязывался к строке года-аналога (2009) в створе в.п. Старосубхангулово и в.п. Кутаново и сопровождался до створа в.п. ЮГ с запасом одни сутки ($T-1$) (см. рис. 2).

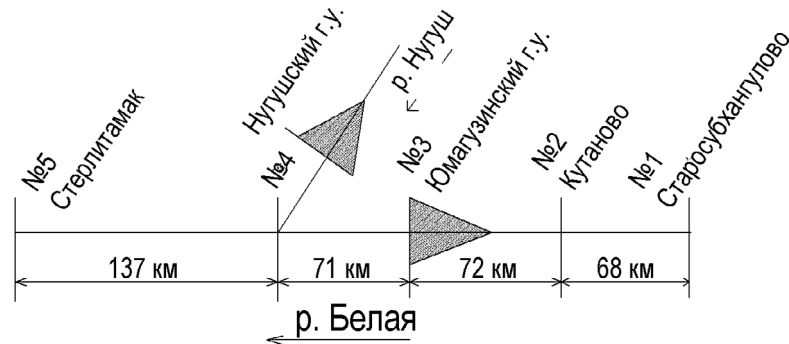


Рис. 1. Схема водомерных постов в среднем течении р. Белой

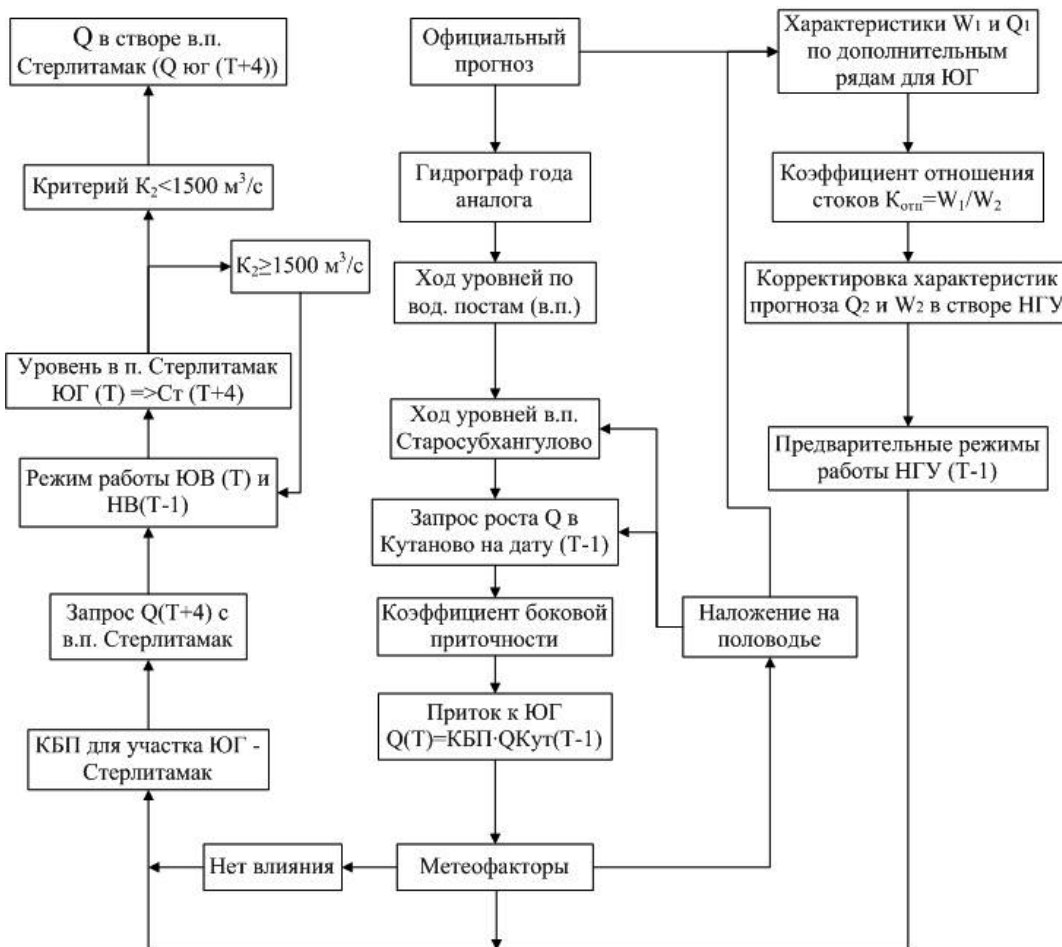


Рис. 2. Блок - схема усовершенствованного метода управления режимом работы водорегулирующего комплекса в период половодья

Коэффициент боковой приточности для периода половодья принимался равным $K=1,2$ - для года обеспеченностью, близкой к 50 %.

Принцип определения расхода в створе в.п. Стерлитамак основан на опытной связи с ним уровнем воды в НБ ЮГ. За аналог принимался 2008 г.

На 26.04.12 (15.04.08) расходу $Q(\text{ЮГ})=117,8 \text{ м}^3/\text{с}$ соответствовал УНБ (ЮГ) – 211,37 м (БС). С учетом сдвига время влияния НВ на формирование расхода в створе в.п. Стерлитамак на 16.04.08 сбросной расход НГУ составил $48,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Влияние боковой приточности (на 18.04.08) на участке ЮГ - в.п. Стерлитамак: $Q_{\text{бок}} = 95 \text{ м}^3/\text{с}$. Определялся суммарный расход в створе в.п. Стерлитамак на перспективу (19.04.08): $\sum Q(\text{Ст})_{\text{год}} - \text{аналог} = Q(\text{ЮГ}) + Q(\text{НГУ}) + Q_{\text{бок}} = 261 \text{ м}^3/\text{с}$. Уровень в.п. Стерлитамак для года-аналога - 2008 составил 123,14 м.

Далее расчеты производились для 2012 г. На 26.04.12 сбросу $114,8 \text{ м}^3/\text{с}$ соответствовал уровень в.п. ЮГ – 211,34 м. Сброс с НГУ на 27.04.12 составил $50 \text{ м}^3/\text{с}$. По году-аналогу определялся расход боковой приточности в створе в.п. Стерлитамак с учетом сдвига времени на четверо суток. На 30.04.12 - $Q_{\text{бок}} = 95 \text{ м}^3/\text{с}$. Определялся суммарный расход для искомого года 2012 г. на 30.04:

$$\sum Q(\text{Ст})_{\text{расч.}} = 114,8 + 50 + 95 = 260 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По связи $h(Q)$ в створе в.п. Стерлитамак определялся уровень воды на 30.04.12, который составил 123,0 м. Сверка расчетных данных с фактическими в створе в.п. Стерлитамак производилась через четверо суток по состоянию на 30.04.12 г.

Фактическая наблюдаемая отметка в створе в.п. Стерлитамак на 30.04.12 составила 122,86 м и соответствовала расходу $Q = 230 \text{ м}^3/\text{с}$. Таким образом, расчетный расход $\sum Q(\text{Стерлитамак})_{\text{расч.}} = 260 \text{ м}^3/\text{с}$, определенный на четверо суток раньше искомого $Q = 230 \text{ м}^3/\text{с}$, отличался на 11,5 %. Исследования проводились автором в межень водохозяйственного 2011-2012 г. с использованием разработанной блок-схемы (рис. 3).

После пропуска пика половодья через ЮГ по $Q_{\text{тах}}$ на в.п.ЮГ ($Q_{\text{тах}} = 756 \text{ м}^3/\text{с}$) определялся год-аналог – 1981 ($P = 61\%$) с $Q_{\text{тах}} = 757 \text{ м}^3/\text{с}$, объемом половодья $W(P = 61\%) = 1,13 \text{ км}^3$ и годовым объемом стока $W(\text{год}) = 1,8 \text{ км}^3$. Естественный максимальный расход и объем годового стока в створе в.п. Стерлитамак (соответственно по многолетним гидрологическим рядам) для $P = 61\%$ составят: $Q_{\text{тах}} = 1160 \text{ м}^3/\text{с}$; $W_{\text{год}}(\text{Стерлитамак}) = 2,7 \text{ км}^3$. Определялись коэффициенты формирования стока:

$$K_{\text{ФС}}(\text{ЮВ}) = 0,55; K_{\text{ФС}}(\text{НВ}) = 0,26;$$

$$K_{\text{ФС}}(\text{БП}) = 0,19.$$

$$\text{Объемы: } W_{\text{год}}(\text{ЮВ}) = 1,5 \text{ км}^3,$$

$$W_{\text{год}}(\text{НВ}) = 0,7 \text{ км}^3, W_{\text{год}} \text{ БП} = 0,5 \text{ км}^3.$$

Расчетные объемы, формируемые стоками рек Белая и Нугуш и боковой приточностью в предстоящую межень:

$$W_{\text{расч.меж}} = (K_{\text{ФС}})W_{\text{год}} \text{ Ст} - W_{\text{пол}};$$

$$W_{\text{меж}}(\text{ЮВ}) = 0,55 \times 2,7 - 1,13 = 0,35 \text{ км}^3,$$

$$W_{\text{меж}}(\text{НВ}) = 0,26 \times 2,7 - 0,59 = 0,11 \text{ км}^3;$$

$$W_{\text{меж}} \text{ БП} = 0,19 \times 2,7 - 0,5 = 0,01 \text{ км}^3;$$

$$\sum W_{\text{расч.ест.меж}} \text{ Стерлитамак} = 0,47 \text{ км}^3.$$

Естественный среднесуточный расход в створе Стерлитамак:

$$Q_{\text{ср.сут}} = 470000000/315 \times 86400 = 17,3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$\text{Дефицит расхода: } \Delta Q = 40 - 17,3 = 22,7 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Объем дефицита (по условию критерия К1) на межень:

$$W(\Delta) = 22,7 \times 86400 \times 315 = 617 \text{ млн м}^3.$$

Участие водохранилищ в выполнении условий критерия К1 оценивалось как суммарная полезная емкость ВРК.

Суммарная полезная емкость водохранилищ: $\sum W_{\text{пол.}} = 791 \text{ млн м}^3$.

Покрытие дефицита:

$$\Delta 1(+) = \sum W_{\text{пол.}} - W(\Delta) = 791 - 617 = 174 \text{ млн м}^3.$$

Меженный гарантированный сток, формируемый в створе в.п. Стерлитамак, оценивался как сумма естественного и трансформируемого стока двумя водохранилищами:

$$\sum W_{\text{меж.гарант.Ст}} = 0,470 + 0,791 = 1,261 \text{ км}^3.$$

После этого производилось сравнение гарантированного объема ($\sum W_{\text{меж.гарант.Ст}} = 1,261 \text{ км}^3$) и объема стока межени года-аналога ($W(\text{год} - \text{аналог}) = 1,8 - 1,13 = 0,67 \text{ км}^3$).

$$\Delta 2(+) = \sum W_{\text{меж.Ст}} - W_{\text{меж.}}(\text{год-аналог}) = 1,261 - 0,67 = 0,591 \text{ км}^3.$$

На 20 мая 2011 г. Юмагузинское и Нугушское водохранилища уже были ориентированы на работу в предстоящую межень в рамках действующих правил с «запасом» межненного стока в $0,591 \text{ км}^3$.

Гарантированный объем межени в контрольном створе позволял обеспечить расход $Q_{\text{расч.ср.сут}} = 1261000000/315 \times 86400 = 46 \text{ м}^3/\text{с}$. Фактический (рассчитанный автором в январе 2013 г.) $Q = 47 \text{ м}^3/\text{с}$. Таким образом, разница в определении $Q_{\text{ср.сут}}$ составила всего 2 %.

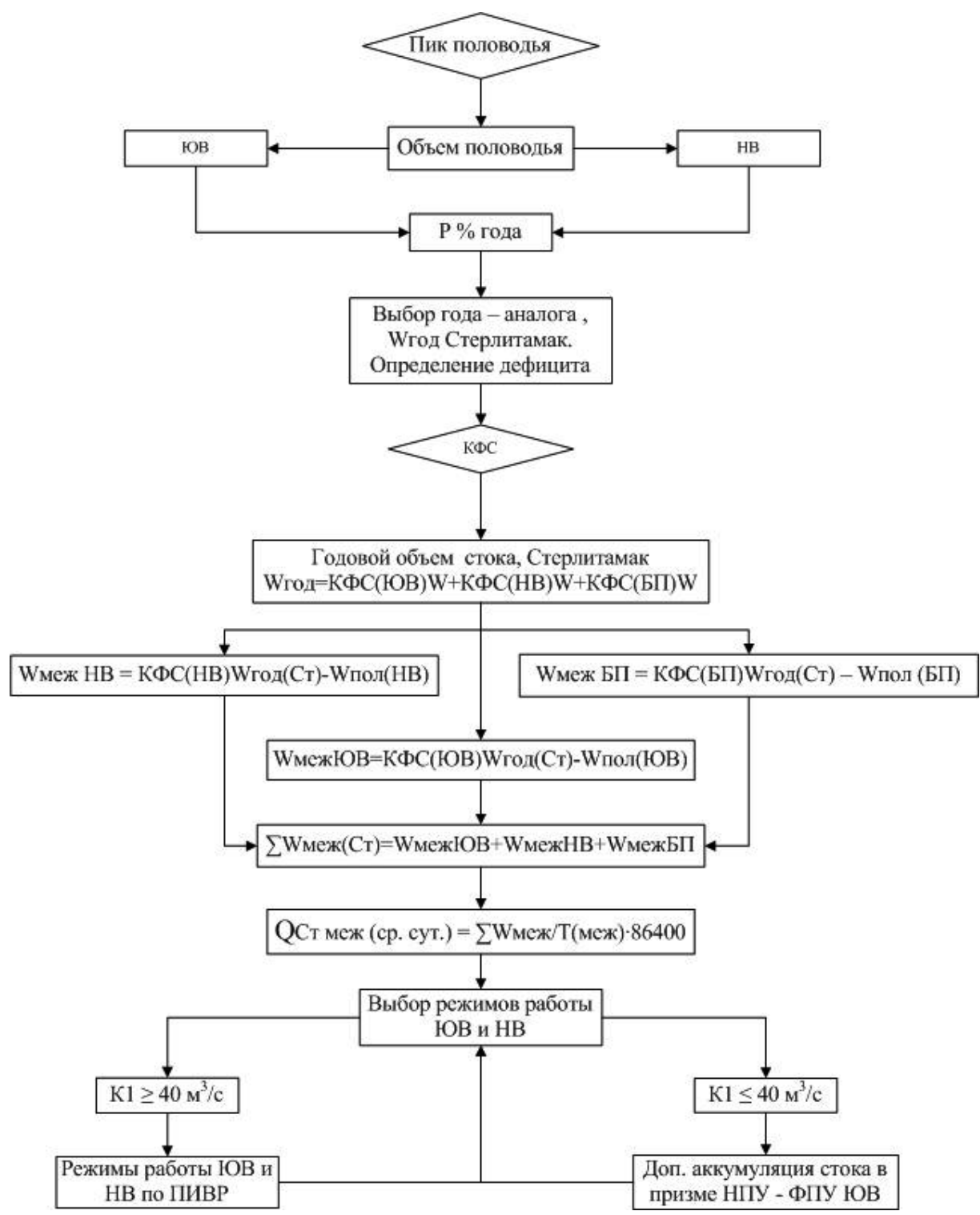


Рис. 3. Блок-схема усовершенствованного метода управления режимом работы ВРК в межень

Однако отсутствие совместных правил эксплуатации Юмагузинского и Нугушского водохранилищ и, как следствие, несогласованность действий не позволили равномерно распределить меженный сток на всю межень, что отразилось на образовании дефицита в контрольном створе в августе и декабре 2011 г. и февраль-марте 2012 г.

Выводы. 1. Применение усовершенствованного метода управления режимами работы ВРК в половодье 2012 г. показало, что разница между расчетным (0,687 км³) и фактическим (0,655 км³) объемами половодья 2012 г. в створе Юмагузинского гидроузла составила 4,5 %. Разница между расчетным объемом года-аналога (0,841 км³) и фактическим объемом половодья (0,655 км³) – 8 %.

2. Соотношение фактического $Q_{\text{факт.ср.сут}} = 47 \text{ м}^3/\text{с}$ и расчетного $Q_{\text{расч.ср.сут}} = 46 \text{ м}^3/\text{с}$ расходов в межень 2010/2011 г. составило 2 %.

3. Экспериментальные исследования возможности применения усовершенствованных методов управления режимами работы единого водорегулирующего комплекса показали, что методы могут применяться для управления режимами работы двух водохранилищ в составе единого водорегулирующего комплекса в рамках выполнения условий единых критериев.

4. Применение эмпирических коэффициентов отношения стоков, боковой приточности и формирования стока обоснованно и способствует приближению расчетных данных параметров фаз водотока с фактическими.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бальзанников М.И., Кругликов В.В., Михасек А.А. Обеспечение защиты городской территории от затопления паводковыми водами // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 11. С. 61-64.
2. Бальзанников М.И., Кругликов В.В., Михасек А.А. Противопаводковый защитный контур жилого района // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. Вып. № 2. С. 69-74.
3. Кругликов В.В., Князева А.С., Михасек А.А. Инженерные решения защиты развивающейся городской территории от затопления в зоне влияния Саратовского водохранилища // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: материалы 67-й научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2010. С.61-64.
4. Бальзанников М.И., Иванов Б.Г., Михасек А.А. Система управления состоянием гидротехнических сооружений // Вестник МГСУ. 2012. № 7. С. 119-124.
5. Бальзанников М.И., Галицкова Ю.М. Проблемы экологии водных объектов, взаимодействующих с крупным городом // Экология и безопасность жизнедеятельности: сб. материалов Междунар. научно-практич. конф. Пенза: изд-во ПДЗ, 2002. С. 210-213.
6. Бальзанников М.И., Путенихин А.Н. Производство земляных работ в пригородной обводненной зоне // Гидротехническое строительство. 2003. № 2. С. 51-54.
7. Шабанов В.А., Ахмедова Е.А., Бальзанников М.И. Концепция развития береговой линии реки в пределах крупного города // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. Вып. 7. Н.Новгород: Нижегород. гос. арх.-строит. ун-т, 2004. С. 27-31.
8. Бальзанников М.И. Водохранилища энергетических объектов и их воздействие на окружающую среду // Энергоаудит. 2007. № 1. С. 32-35.
9. Balzannikov M.I., Vyshkin E.G. Hydroelectric power plants reservoirs and their impact on the environment // Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 8-th International Scientific and Practical Conference. Vol. 1. Rezeknes Augstskova, Rezekne, RA Izdevnieciba. 2011. Pp. 171-174.
10. Бальзанников М.И., Гадыева Р.Х., Шабанов В.А., Шабанова А.В. Исследование путей трансформации водоемов в условиях городской среды. Самара, XIX-XXI вв. // Экологические системы и приборы. 2011. № 7. С. 22-26.
11. Бальзанников М.И., Родионов М.В., Селивёрстов В.А. Повышение экологической безопасности эксплуатируемых грунтовых гидротехнических сооружений // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. № 1. С. 100-105.
12. Галицкова Ю.М. Инженерные мероприятия по охране окружающей среды в районе городов // Окружающая среда для нас и будущих поколений: труды VIII междунар. конф. Самара: СГТУ, 2003. С. 57-58.
13. Бальзанников М.И., Пияевский С.А., Родионов М.В. Совершенствование конструкций низконапорных грунтовых переливных плотин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 5. С. 52-59.
14. Бальзанников М.И., Зубков В.А., Кондратьева Н.В., Хуртин В.А. Комплексное обследование технического состояния строительных конструкций сооружений Жигулёвской ГЭС // Гидротехническое строительство. 2013. № 6. С. 21-27.
15. Bal'zannikov M.I., Zubkov V.A., Kondrat'eva N.V., Khurtin V.A. Complex Inspection of the Technical Condition of Components of Structures at the Zhigulevsk HPP // Power Technology and Engineering (Springer New York Consultants Bureau). 2013. T. 47. № 4. Pp. 267-272.
16. Бальзанников М.И., Шакарна С.М. Вероятностная оценка устойчивости откосов грунтовых плотин // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. Вып. № 1. С. 92-95.
17. Бальзанников М.И., Лукенюк Е.В. Применение интерполяционных и экстраполяционных моделей в управлении качеством окружающей среды // Экология и промышленность России. 2007. № 7. С. 38-41.
18. Бальзанников М.И., Лукенюк Е.В. Использование геоинформационной системы оперативного эко-

логического мониторинга для управления качеством окружающей среды // Экологические системы и приборы. 2008. № 2. С. 3-5.

19. Сеницкий Ю.Э., Михасек А.А. Обеспечение надежности создания противодиффузионного элемента в плотинах из каменных материалов // Приволжский научный журнал. 2012. № 2. С. 58-62.

20. Мецеракова З.В., Катков И.А., Михасек А.А. Реконструкция малых ГЭС // Międzynarodowa konferencja naukowa II Okrągły stół Hydroenergetyki Wisła-Wołga. Wrocław. 2004.

21. Кругликов В.В., Кругликов А.В., Андрусенко С.М., Михасек А.А. Комплексное обследование гидротехнических сооружений водохозяйственного гидроузла на р. М.Сулча в республике Татарстан / Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: материалы 62-й научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2005.

22. Бальзанников М.И., Шабанов В.А., Галицкова Ю.М. Способ защиты берегового откоса от разрушения // Патент РФ 2237129. 2004. Бюл. № 27.

23. Бальзанников М.И., Лукенюк Е.В., Лукенюк А.И. Экологическая система сбора информации о состоянии региона // Патент РФ на полезную модель 70026. 2008. Бюл. № 1.

24. Бальзанников М.И., Шабанов В.А., Михасек А.А. Способ возведения плотины // Патент РФ 2330140. 2008. Бюл. № 21.

25. Бальзанников М.И., Болотова А.А. Способ защиты водоема от загрязнения // Патент РФ 2392375. 2010. Бюл. № 17.

Об авторе:

ЮРОВ Владимир Михайлович

главный инженер
Государственное казенное учреждение Республики Башкортостан "Юмагузинское водохранилище"
(ГКУ РБ Юмагузинское водохранилище)
453338, Республика Башкортостан, Кугарчинский район,
дер. Верхнебиккузино, ул. Набережная, 101
E-mail: umaguz@bk.ru

26. Бальзанников М.И., Селиверстов В.А. Напорный водовод гидроаккумулирующей электростанции // Патент РФ 2392378. 2010. Бюл. № 17.

27. Бальзанников М.И., Родионов М.В. Переливная грунтовая плотина // Патент РФ 2432432. 2011. Бюл. № 30.

28. Бальзанников М.И., Болотова А.А. Способ защиты водного объекта от загрязнения // Патент РФ 2441963. 2012. Бюл. № 4.

29. Бальзанников М.И., Родионов М.В. Грунтовая переливная плотина // Патент РФ на полезную модель 117460. 2012. Бюл. № 18.

30. Balzannikov M.I., Rodionov M.V. Extending the operating life of low embankment dams in Russia [Увеличение срока эксплуатации низконапорных грунтовых плотин в России] // International journal on Hydropower and Dams. 2013. № 6. Pp. 60-63.

31. Юров В.М., Хафизов А.Р., Кулыев И.И., Габдуллин Р.Г. Исследование динамики гидрологических характеристик зарегулированного стока половодий среднего течения реки Белой // Водное хозяйство России. 2013. № 1. С. 60-63.

32. Юров В.М., Кулыев И.И., Хафизов А.Р. Формирование стока среднего течения реки Белой Юмагузинским водохранилищами // Чистая вода России: XII Международный научно-практический симпозиум и выставка. Екатеринбург, 2013. С. 90-93.

© Юров В.М., 2014

YUROV Vladimir

Chief Engineer
State Public Institutions of the Republic of Bashkortostan
Yumaguzinskoe Water eservoir (CCU RB Yumaguzinskoe
Water Reservoir)
453338, Republic of Bashkortostan, Kugarchinsky area,
vil. Verhnebikkuzino, Naberezhnaya str., 101
E-mail: umaguz@bk.ru

Для цитирования: Юров В.М. Совершенствование методов управления режимами водорегулирующего комплекса среднего течения реки Белой // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. № 3(16). С. 77-82.