

Водно-энергетические расчеты. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 223 с.

2. Бусалаев И. В. Сложные водохозяйственные системы. – Алма-Ата: Наука, 1980. – 232 с.

3. Великанов А. Л., Коробова Д. Н., Пойзнер В. И. Моделирование процессов функционирования водохозяйственных систем. – М.: Наука, 1983. – 106 с.

4. Брик И. Ван, Лаукс П. Планирование и управление водохозяйственными системами. Введение в методы, модели и приложения. – М.: ФАВР, 2009. – 660 с.

5. Исмайылов Г. Х., Прошляков И. В., Перминов А. В. Математическая модель распределения водных ресурсов трансграничных рек // Природообустройство. – 2013. – № 1. – С. 77–82.

6. Пряжинская В. Г., Ярошевский Д. М., Левит-Гуревич Л. К. Компьютерное моделирование в управлении водными ресурсами. – М.: Физматлит, 2002. – 496 с.

7. Проблемы надежности при много-

целевом использовании водных ресурсов / А. Л. Великанов [и др.]. – М.: Наука, 1994. – 223 с.

8. Хранович И. Л. Управление водно-ресурсными системами: потоковые модели. – М.: Научный мир, 2001. – 295 с.

Материал поступил в редакцию 16.05.13.

*Исмайылов Габил Худуш оглы, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Гидрология, метеорология и регулирование стока»*

*Тел. 8 (495) 976-23-68*

*E-mail: gabil-1937@mail.ru*

*Перминов Алексей Васильевич, кандидат технических наук, доцент*

*E-mail: alexperminov@gmail.com*

*Раткович Лев Данилович, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Комплексное использование водных ресурсов»*

*E-mail: levkivr@mail.ru*

УДК 502/504:556.18

**Н. И. АЛЕКСЕЕВСКИЙ, Н. Л. ФРОЛОВА, М. Г. ГРЕЧУШНИКОВА,  
О. М. ПАХОМОВА**

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

## **ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛОВОДЬЯ 2010 ГОДА НА СОЦИАЛЬНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС СТРАНЫ\***

*На основе информационно-аналитических материалов всех бассейновых водных управлений (БВУ) страны, а также статистических данных проведен анализ влияния маловодья 2010 года на условия работы социально-хозяйственного комплекса Российской Федерации.*

*Маловодье, безопасность водопользования.*

*The influence of the low water level in 2010 on the social-economic complex of the Russian Federation was analyzed on the basis of the information – analytical data received from all water basin administrations of the country as well as different statistical sources.*

*Low water level, water use safety.*

Увеличивающиеся потребности в воде демонстрируют все большую уязвимость населения и хозяйства от малово-

дий и засух [1]. Из 64 случаев учтенного ущерба из-за дефицита воды в 1991–2007 годах 50 приходится на 2001–2007 годы. Частота ущербов по причине дефицита воды в текущем столетии увеличилась почти в 5 раз по сравнению с последним десятилетием прошлого века [2]. Маловодье 2010 года сформировалось в условиях рекордно жаркого лета и аномально

\* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Московско-Окского БВУ (госконтракт № 12), РФФИ (проект № 10-05-00252), гранта Правительства РФ (№11.Г.34.31.00077) для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских вузах.

теплой осени. Экстремальные метеорологические условия оказались характерными для большинства регионов России [3]. Цель данной работы – оценка влияния маловодья 2010 года на некоторые отрасли социально-хозяйственного комплекса страны.

Проблемы социальной и экономической жизни страны возникли из-за дефицита водных ресурсов, обмеления рек, недостаточного разбавления сточных вод, снижения урожайности возделываемых культур, потерь в выработке электроэнергии и т. п. Экологические ущербы были связаны с относительным увеличением содержания загрязняющих веществ в водных объектах, их истощением и деградацией, угнетением гидробионтов. Социальный ущерб отражал ухудшение условий жизни и здоровья населения, рост социальной напряженности, возникновение «водных» конфликтов, необходимость введения ограничений на использование воды в условиях ожидания еще более сложной водохозяйственной обстановки.

Во время аномально жаркой погоды летом 2010 года приоритетными категориями водопользователей считались питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение населения, промышленное водоснабжение, включая тепловые и атомные станции, орошаемое земледелие. Несмотря на пониженные отметки уровней природные и искусственные водные объекты располагали достаточными ресурсами для обеспечения потребностей населения и объектов экономики в воде. Существующие системы регулирования стока оказали исключительно позитивное влияние на водохозяйственную обстановку в регионах, подвергшихся маловодью 2010 года. Они исключили крупные социальные, экономические и экологические потери, обеспечили бесперебойную работу основных (приоритетных) водопользователей. Например, в бассейне Дона опасные последствия маловодья были нейтрализованы использованием защитного потенциала территории, включающего 917 водохранилищ, 8000 прудов и других регулирующих сооружений различного назначения суммарным полным объемом 31,8 км<sup>3</sup>.

Ущерб водоснабжению заключался в необходимости затрат на восстановление гарантированного водопользования,

прерванного из-за отказа или выхода из строя водозаборных сооружений. В целом система водоснабжения страны в условиях маловодья 2010 года сработала надежно. Даже в пределах Европейской территории России водопользование приоритетных категорий потребителей осуществлялось в штатном режиме. Природные и техногенные водные объекты располагали требующимися запасами воды для обеспечения потребностей населения и объектов экономики. Наличие этих запасов обеспечила развитая сеть гидротехнических сооружений, созданная в основном в XX веке. Отсутствие этой сети (или потеря ею полезных функций) превратило бы многие угрозы в реальные социальные, экономические и экологические ущербы.

На юге Европейской России сезонный дефицит водных ресурсов ощущался в водопользовании слабее за счет большей приспособленности водохозяйственного комплекса этого региона страны к работе в условиях маловодий. Для покрытия дефицита воды и нормального водоснабжения населения и объектов экономики здесь успешно использовалась водохозяйственная система, работа которой основана на внутриводосборных и межводосборных перебросках стока реки Терек, регулировании стока реки Сулак.

Величина ущербов от маловодья для водного транспорта возрастает при уменьшении глубины водных потоков и продолжительности периода, в течение которого габариты пути оказываются не соответствующими их гарантированным значениям [4]. Ущерб в данном случае связан с задержкой доставки грузов и пассажиров. При прочих равных условиях потери на судоходных реках возрастают в процессе перехода от водных путей 7 класса к водным путям 1 и 2 класса. Величина предотвращенного ущерба определена стоимостью обеспечения гарантированных глубин на время навигации за счет дноуглубительных, дноочистительных и выправительных работ, осуществления запланированных грузоперевозок весной или осенью до наступления летней межени или во время сезонных паводков. Анализ колебаний уровней воды на изученных участках рек показал, что межень 2010 года в разной мере ограничивала условия судоходства. Наиболее сложные условия для судоходства наблюдались на

реках европейской части страны. Для некоторых из них продолжительность стояния уровней воды на отметках, ниже которых невозможно безопасное движение судов, превышала 150 дней. На многих участках рек Европейской России такая ситуация существовала от 1,5 до 5 месяцев и более. Примерно на 20 % участков судоходных рек глубины превышали их гарантированные значения. Наиболее сложная ситуация сложилась в бассейне реки Белая, по длине которой наблюдались самые низкие уровни за весь период наблюдений. С 3 июля на верхнем участке реки Белая судоходство было прекращено в связи с малыми глубинами.

Маловодье – мощный фактор влияния на эффективность сельского хозяйства. В условиях длительного дефицита водных ресурсов негативные последствия характерны для любого вида сельскохозяйственного производства (для растениеводства, животноводства). Эти последствия возрастают, если сезонное маловодье данного года сочетается с серией маловодных лет или общим изменением климата. В 2010 году гибель сельскохозяйственных культур началась уже в начале лета. В ноябре 2010 года пострадавшими от засухи были признаны 43 субъекта Российской Федерации. Гибель посевов сельскохозяйственных культур произошла на площади более 13,3 млн га. Ущерб сельского хозяйства от засухи 2010 года составил 41,8 млрд р. По потерям сельскохозяйственной продукции засуха 2010 года – наиболее значимая в стране за последние 60 лет. Обусловленный засухой недобор урожая яровых зерновых культур превысил 50 % от уровня урожая 2008 года (наиболее урожайного года) в Центральном, Приволжском и Южном федеральных округах [5]. Валовой сбор зерна в стране за 2000–2009 годы составил 82,4 млн т. В 2010 году он уменьшился на 26 % по сравнению со средним показателем и составил около 61 млн т. По сравнению с 2009 годом урожай зерновых культур сократился еще больше – на 37 %.

Маловодья влияют на потери при выработке электроэнергии вследствие уменьшения притока воды в водохранилища. Этот фактор стал главным в снижении выработки электроэнергии на основных ГЭС страны в 2010 году (помимо реконструк-

ции Саяно-Шушенской ГЭС). Выработка электроэнергии Волго-Камским каскадом ГЭС в 2010 году сократилась на 9,6 % по сравнению с ее средними значениями в 2000–2009 годах. Наибольший спад производства был характерен для Волжской ГЭС – 17 %. Объекты ОАО «РусГидро», расположенные в центральных регионах Европейской России, в 2010 году дали 35 816 млн кВт·ч электроэнергии, что на 13 % меньше по сравнению с 2009 годом. По другим ГЭС это уменьшение колебалось от 15 (каскад Верхневолжских ГЭС) до 22 % (Камская, Воткинская ГЭС) [6].

В условиях критического маловодья 2010 года особенно остро встали проблемы распределения водных ресурсов между различными водопользователями (питьевое и промышленное водоснабжение, орошение, судоходство, гидроэнергетика и др.).

#### Выводы

Для обеспечения максимального удовлетворения потребностей всех отраслей в условиях изменяющегося климата и угрозы сокращения водных ресурсов необходимо пересмотреть правила регулирования стока, оценить необходимость создания дополнительных регулирующих емкостей в бассейнах с наличием или потенциальной возможностью дефицита водных ресурсов, провести модернизацию гидротехнических сооружений. Важно уменьшить водоемкость производственных процессов в экономике нашей страны и потери при транспортировке воды в сельском и жилищно-коммунальном хозяйстве.

*Авторы благодарят сотрудников ОАО «Гидропроект», ГП «РОСНИИВХ», руководство государственных бассейновых управлений водного пути и сообщений, представителей Минморречфлота, ВВУ Агентства водных ресурсов Российской Федерации за сотрудничество и предоставленные материалы.*

1. Алексеевский Н. И., Фролова Н. Л. Безопасность водопользования в условиях маловодий // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2011. – № 6. – С. 6–17.

2. Семенов В. А. Климатически обусловленные изменения опасных и неблагоприятных гидрологических явлений на реках России // Метеорология и

гидрология. – 2011. – № 2. – С. 74–82.

3. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 год [электронный ресурс]. – URL: <http://www.meteorf.ru> (дата обращения 01.06.12).

4. Гришанин К. В., Дегтярев В. В., Селезнёв В. С. Водные пути. – М.: Транспорт, 1986. – 400 с.

5. Основные показатели сельского хозяйства в России в 2010 году. – М.: Статистика России, 2011. – 68 с.

6. РусГидро [электронный ресурс]. – URL: [www.rushydro.ru](http://www.rushydro.ru) (дата обращения 01.06.12).

Материал поступил в редакцию 18.06.12.

*Алексеевский Николай Иванович, доктор географических наук, профессор*  
E-mail: [n\\_alex50@mail.ru](mailto:n_alex50@mail.ru)

*Фролова Наталья Леонидовна, доктор географических наук, доцент*  
E-mail: [frolova\\_nl@mail.ru](mailto:frolova_nl@mail.ru)

*Гречушниковая Мария Георгиевна, кандидат географических наук*  
E-mail: [allavis@mail.ru](mailto:allavis@mail.ru)

*Пахомова Ольга Михайловна, кандидат географических наук*  
E-mail: [olpah@mail.ru](mailto:olpah@mail.ru)

УДК 502/504:628.17:004. 896

**А. Б. СОРОКИН**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики»

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ НА БАЗЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

*Рассматриваются вопросы моделирования и применения нечеткой логики для процесса управления термостатическим смесителем и насосной станцией. Цель – повысить эффективность функционирования водоразборной арматуры и насосных станций.*

*Нечеткая логика, фаззификация, нечеткие правила, дефаззификация.*

*There are considered problems of simulation and application of fuzzy logic for the control process of the thermostatic mixer and pump station. The aim is to increase the efficiency of functioning of hydrant fittings and pump stations.*

*Fuzzy logic, fuzziness, fuzzy rules, defuzziness.*

Экономия воды является неотъемлемой частью комплекса мероприятий, направленных на сокращение затрат для оплаты коммунальных услуг. Меры по обеспечению экономии воды включают в основном установление счетчиков расхода. Культуру потребления воды стараются повысить либо повышением тарифов, либо автоматизацией исполнительных устройств.

В таких автоматизированных системах управления возникает множество ситуаций, определяющих текущее состояние объекта управления и проблемной среды. Для обнаружения ситуаций и принятия управленческих решений используется ситуационный подход. При этом под проблемной средой следует понимать часть внешней среды, с которой взаимодействует автоматизированная система управления. С помощью системы управ-

ления проводится оценка текущего состояния и осуществляется ее формирование. Затем информация передается в анализатор, где определяется, насколько данная ситуация близка по своему содержанию к целевой ситуации. При этом, если целевая и текущая ситуации равны по содержанию, никаких мероприятий в системе управления не проводится. В противном случае информация о текущей ситуации передается в блок вывода решений. Находится соответствующий ей класс ситуаций и определяются управленческие мероприятия, позволяющие перевести систему в требуемое состояние.

Использование классических методов для решения задач оптимизации режимов водоснабжения в помещениях зданий и сооружений связано с необходимостью проведения их математического моделирования. Применение большого