

### Список использованных источников

1. Мелешко, Ю. В. Региональная кластеризация как новая форма аллокации экономических ресурсов // Новые формы капитализации экономических ресурсов: моногр./ С. Ю. Солодовников [и др.]; под ред. О. В. Володько. МИНСК: МИСАНТА, 2015. 239 С. ГЛ. 10. С.163–182.
2. Бидзюра, Е. А. Теоретические аспекты определения экономической безопасности как экономической категории // Экономическая наука сегодня : сб. науч. ст. / БНТУ. Минск, 2021. Вып. 14. С. 123–132.
3. Солодовников, С. Ю. Парадигмальный кризис белорусской экономической науки, цифровизация и проблемы подготовки кадров в сфере обеспечения национальной безопасности // Экономическая наука сегодня : сб. науч. ст. / БНТУ. Минск, 2019. Вып. 10. С. 182–194.
4. Бидзюра, Е. А. Теоретико-методологические подходы к определению экономической безопасности промышленных предприятий // Экономическая наука сегодня : сб. науч. ст. / БНТУ. Минск, 2022. Вып. 15. С. 100–108.
5. Кузьмицкая, Т. В, Сергиевич Т. В. Налоговые инструменты стимулирования экологического поведения населения в Республике Беларусь // Туризм и гостеприимство. 2019. № 1. с. 3–11.

### References

1. Meleshko, Yu. V. Regional'naya klasterizatsiya kak novaya forma allokatsii ekonomicheskikh resursov // Novye formy kapitalizatsii ekonomicheskikh resursov: monogr./ S. Yu. Solodovnikov [i dr.]; pod red. O. V. Volod'ko. – MINSK: MISANTA, 2015. 239 S. GL. 10. S.163–182.
2. Bidzyura, E. A. Teoreticheskie aspekty opredeleniya ekonomicheskoy bezopasnosti kak ekonomicheskoy kategorii // Ekonomicheskaya nauka segodnya : sb. nauch. st. / BNTU. Minsk, 2021. Vyp. 14. S. 123–132.
3. Solodovnikov, S. Yu. Paradigmal'nyj krizis belorusskoj ekonomicheskoy nauki, cifrovizatsiya i problemy podgotovki kadrov v sfere obespecheniya nacional'noj bezopasnosti // Ekonomicheskaya nauka segodnya : sb. nauch. st. / BNTU. Minsk, 2019. Vyp. 10. S. 182–194.
4. Bidzyura, E. A. Teoretiko-metodologicheskie podhody k opredeleniyu ekonomicheskoy bezopasnosti promyshlennyh predpriyatij // Ekonomicheskaya nauka segodnya : sb. nauch. st. / BNTU. – Minsk, 2022. – Vyp. 15. – S. 100–108.
5. Kuz'mitskaya, T. V., Sergievich T. V. Nalogovye instrumenty stimulirovaniya ekologicheskogo povedeniya naseleniya v Respublike Belarus' // Turizm i gostepriimstvo. 2019. № 1. s. 3–11.

© Bidzyura E. A., 2023

УДК 631.6, 556.541:004.94

## УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ЦЕЛЯХ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

А. А. Бубер

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», Россия, г. Москва, ул. Б. Академическая, д. 44, корп. 2  
alina020387@bk.ru

*Целью работы являлась разработка модели управления водными ресурсами Большого Ставропольского канала и постановка сценарных исследований водообеспечения и водопользования на мелиоративных системах с применением гидродинамического моделирования и методов многокритериального анализа результатов.*

*Ключевые слова: Мелиорация, сельское хозяйство, управление водными ресурсами, гидродинамическое моделирование, водообеспеченность, водопользование, многокритериальный анализ, эффективность водораспределения.*

## **WATER RESOURCES MANAGEMENT FOR THE SUSTAINABLE FUNCTIONING OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

A. A. Buber

All-Russian research center for hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov, Russia, Moscow, st. B. Akademicheskaya, 44, bldg. 2  
alina020387@bk.ru

*The aim of the work is a developing of water resources' management model for Bolshoy Stavropolsky canal and conducting a scenario research of water supply level and water use on reclamation systems using a hydrodynamic modeling and multi-criteria analysis of the results.*

*Keywords: reclamation, agriculture, water resources management, hydrodynamic modeling, water supply level, water use, multi-criteria analysis, water distribution efficiency.*

**Введение.** Северо-Кавказский федеральный округ расположен на юге Европейской части России, занимая Центральную и Восточную зоны Северного Кавказа. В округ входят семь субъектов федерации: Ставропольский край и Республики Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкарская, Карачаево-Черкесская, Северная Осетия-Алания и Чеченская Республика.

В Северо-Кавказском федеральном округе насчитывается более 300 водохранилищ в основном сезонного или суточного регулирования. Зарегулированный сток используется главным образом для орошения сельскохозяйственных угодий и рыборазведения. Реки Кубань, Терек, Сулак и Сунжа являются главными водными магистралями.

Территория округа характеризуется сравнительно напряженным водохозяйственным балансом с дефицитами воды даже в среднезасушливые годы, вызывающим проблемы в коммунальном, промышленном и сельскохозяйственном водоснабжении.

Наибольшее развитие перераспределение стока рек получило в Ставропольском крае, где эксплуатируется около 100 водохранилищ суммарной полезной емкостью 2,15 км<sup>3</sup>. Крупные наливные водохранилища расположены на магистральных каналах - это Сенгилеевское водохранилище, работающее на воде р. Кубань, поступающей по Невинномысскому каналу; Кубанское водохранилище, расположенное на Большом Ставропольском канале, перераспределяющем воду р. Кубань в безводные районы бассейна Каспийского моря; Егорлыкское водохранилище, частично работающее на воде р. Кубань и регулирующее сток р. Егорлык [1].

Объектом исследований является мелиоративная система Большого Ставропольского канала, который осуществляет забор воды из р. Кубань и обеспечивает водой 4 гидроэлектростанции и группу городов Кавказских Минеральных Вод [2].

Строительство Кубань-Калаусской обводнительно-оросительной системы (с 1968 г. Большого Ставропольского канала) было вызвано необходимостью подать воду в засушливые и безводные районы центральной и северо-восточной зон Ставропольского края. Канал осуществляет переброску части стока р. Кубань в долины рек Кумы, Калауса, Восточного Маныча и имеет комплексное назначение: обводнение 3 млн. гектаров и орошение 0,2 млн. гектаров земель; обеспечение водоснабжения населения, промышленности городов и населенных

пунктов в 18 районах Ставропольского края; обеспечение работы каскада ГЭС общей мощностью 401,9 тыс. кВт.

Основными элементами Кубань-Калаусской обводнительно-оросительной системы являются: головной узел сооружений на р. Кубани выше г. Усть-Джегута, обеспечивающий водозабор в систему; Кубанское водохранилище с насосной станцией для регулирования речного стока; Большой Ставропольский канал; Барсучковский сбросной канал; каскады ГЭС на каналах; Калаус-Кумский канал.

**Материалы и методы.** Для разработки модели управления водными ресурсами Большого Ставропольского канала предложено использование программного комплекса MIKE 11. Это профессиональный инженерный программный пакет для моделирования течения воды в реках, водохранилищах, ирригационных системах, каналах и других водных объектах. MIKE 11 – инструмент динамического квази-двумерного моделирования для детального анализа, проектирования, регулирования, управления и эксплуатации простых и комплексных водных систем, включающих реки, каналы и гидротехнические регулирующие сооружения [3].

Трасса Большого Ставропольского канала от Усть-Джегутинского гидроузла на р. Кубань до балки Камбулат вблизи п. Горный в Петровском городском округе Ставропольского края, включающая 4 очереди строительства, построенная в среде MIKE 11 на спутниковом снимке приведена на рисунке 1. Протяженность участка составляет 321,9 км.

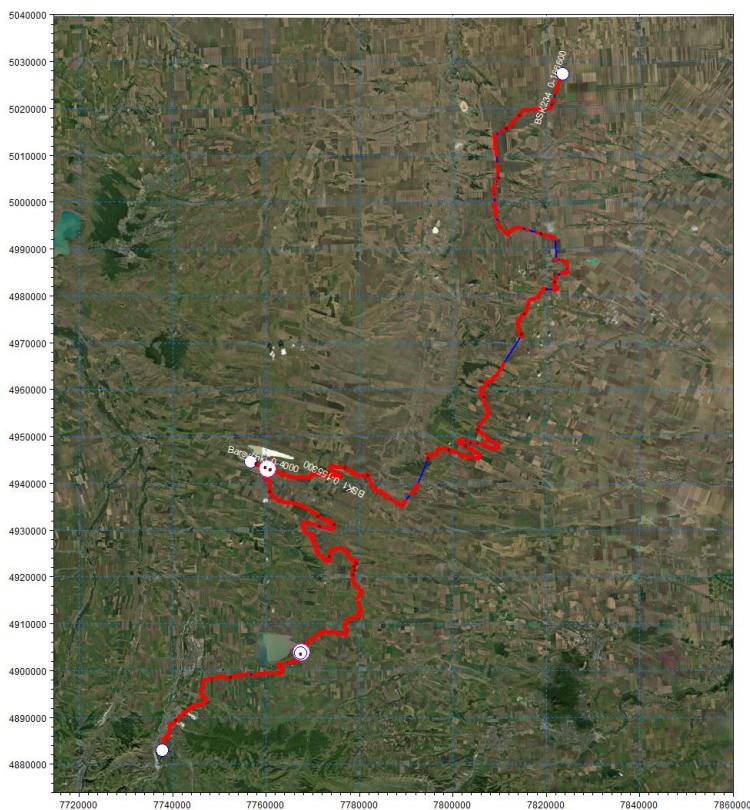


Рис. 1 Трасса Большого Ставропольского канала

Для идентификации параметров поперечных сечений гидродинамической модели были использованы данные о рельефе местности, а также генеральные планы и проектные схемы 1, 2, 3 и 4 участков Большого Ставропольского канала, разработанные проектным институтом «Севкавгипроводхоз», МВХ РСФСР (Пятигорск – 1981-1987 гг.).

Калибровка гидродинамической модели выполнялась по наблюдаемым данным за уровнем и расходом воды в створе БСК-1 на 0,1 км и ВБ ШР-0. Горизонтальная (базовая) калибровка модели выполнена под расход  $40 \text{ м}^3/\text{с}$  – соответствует среднемесячному значению за апрель 2021 г. Вертикальная калибровка выполнялась под расходы 60, 80, 100, 120, 140, 160 и  $180 \text{ м}^3/\text{с}$  (максимальный расход). Погрешность расчетов составила до 5 см. Проведена

оценка адекватности работы модели и верификация результатов одномерного моделирования по наблюдаемым данным. В результате верификации можно сделать вывод, что параметры гидродинамической модели идентифицированы с требуемой точностью.

Для проведения сценарных расчетов на гидродинамической модели были сформированы исходные данные о режимах водозабора в БСК из Усть-Джегутинского водохранилища в годы различной обеспеченности по водности; диспетчерские графики работы Кубанского водохранилища со сниженными на 10 и 20 % зонами отдачи; о планах водопользования по БСК 1, 2, 3 и 4 очередям Большого Ставропольского канала.

Выполнен расчет для 5 групп возможных сценариев водопользования:

1) Водозабор в БСК осуществляется в зависимости от обеспеченности стока р. Кубань (в соответствии с ПИВР) 75 и 95 % и согласно плану водопользования 2021 г.

2) Наполнение и сработка Кубанского водохранилища осуществляется по диспетчерским графикам со сниженными зонами отдачи 10 и 20 % (в соответствии с ПИВР).

3) Водоподача на Барсучковские ГЭС осуществляется в соответствии с: вариант 1 - планами водопользования - 70% от водоподачи на концевой участок БСК-1; вариант 2 - снижение водоподачи до 60 % от подачи на концевой участок БСК-1.

4) Водозабор для орошения земель, подвешенных к распределителям Широкий, Александровский, Саблинский, Чернолесский, Журавский, Грушевский, Октябрьский и Елизаветинский, а также из р. Калаус, русел БСК-2, БСК-3 и БСК-4 осуществляется согласно плану водопользования на 2021 г. Варианты 2 и 3: Водозабор для орошения земель перечисленных выше распределителей и каналов, рассчитанный по средневзвешенной оросительной норме для лет 75 и 95% обеспеченности осадков (с учетом КПД каналов распределительной сети и площадь орошаемых земель, с учетом их размещения по районам).

5) Водозабор других не сельскохозяйственных водопользователей осуществляется: вариант 1 - в соответствии с планом водопользования, вариант 2 – с допустимой урезкой на 10 % от плановых значений.

Санитарные попуски в балку Камбулат осуществляются гарантированным расходом 3 м<sup>3</sup>/с с мая по сентябрь включительно.

Результаты выполненных на гидродинамической модели расчетов были проанализированы средствами многокритериального анализа, проведена визуализация сценарных расчетов в процессе принятия «оптимального» компромиссного решения на разработанном в вычислительном центре им. А.А. Дородницына (автор Лотов А.В.) программном комплексе «Pareto Front Viewer», реализующем метод достижимых целей [4].

По результатам многокритериального анализа для водопользователей сельского хозяйства, осуществляющих водозабор оросительной нормой согласно плана, наибольшую эффективность показывают точки 15, 22 и 14, которые соответствуют сценариям 43, 64 и 40. Матрица недоминируемых решений для данной группы приведена на рисунке 2, обеспеченность водопользователей вычисляется в %.

Описание наиболее оптимального сценария (Сценарий 43):

1. Водозабор в БСК осуществляется по диспетчерскому графику для года 75 % обеспеченности стока р. Кубань (в соответствии с ПИВР).

2. Наполнение и сработка Кубанского водохранилища осуществляется по диспетчерскому графику со сниженными зонами отдачи 10 % (в соответствии с ПИВР).

3. Водоподача на Барсучковские ГЭС осуществляется с урезкой на 10%.

4. Водозабор для орошения земель распределителя Широкого, Александровского, Саблинского, Чернолесского, Журавского, Грушевского, Октябрьского и Елизаветинского распределителей, р. Калаус, а также БСК-2, БСК-3 и БСК-4 осуществляется согласно плану водопользования 2021 г.

5. Водозабор остальных водопользователей осуществляется с допустимой урезкой на 10 %.

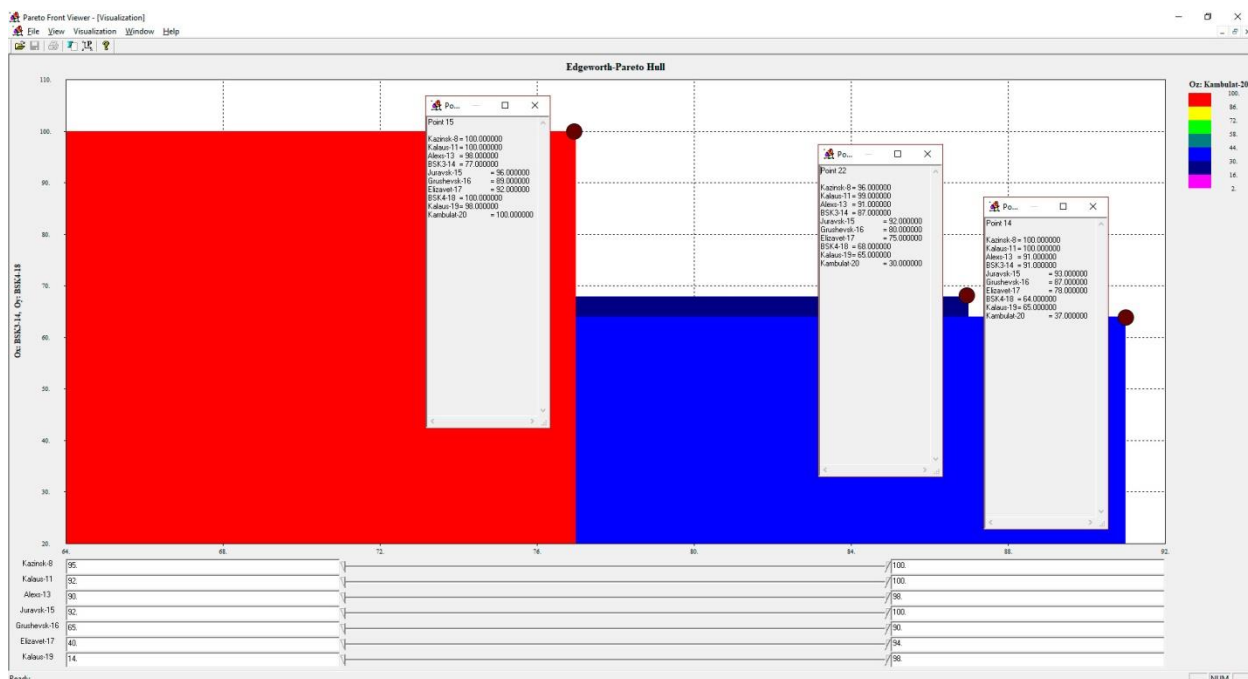


Рис. 2 Матрица недоминируемых решений (водопользование согласно плана)

**Результаты и обсуждения.** В результате сценарных исследований показано, что потери на испарение и фильтрацию на участке БСК-1 составляют 10 % от водозабора; на участках БСК-2-3-4 (в том числе и распределителях), потери составляют до 18 % от водоподачи на участок БСК-2. В результате выполнения работ по реконструкции русла канала и распределителей достигается увеличение объемов обеспечения водопользователей дополнительными водными ресурсами в размере до 5 % от водозабора.

Осуществление экологического попуска в б. Камбулат, как показали результаты моделирования, в полной мере (с мая по сентябрь 3 м<sup>3</sup>/с) невозможно без урезки на 10 % водопользователей с жесткими требованиями на воду.

Согласно приведенным расчетам, при любых сценариях на 100 % обеспечиваются требования следующих водопользователей: Обводнение г. Усть-Джегута, АО "Водоканал" г. Черкесска, Карачаево-Черкесский филиал ФГУ Управление Карачаево-Черкесскмелиоводхоз, Орошение сельского хозяйства БСК-1, Наполнение Кубанского водохранилища, Кубанские очистные сооружения, Подача в р. Куршава, Водоснабжение п. Ударный, Подача воды в Барсучковский участок ГЭС-3, Распределитель Широкий, Водозабор из БСК-2.

Найденные в результате сценарных исследований оптимальные решения распределения водных ресурсов между всеми водопользователями для различных лет по обеспеченности стока р. Кубани и осадков позволили выявить компромиссные варианты гарантированного обеспечения водопользователей с наименьшим дефицитом для предприятий сельского хозяйства и экологии.

Разработана технология поиска элементов множества оптимальных реализаций конкретных сформированных сценариев водораспределения, которая включает: гидродинамическую модель БСК, средства многокритериального анализа и вычислительные схемы в среде Excel препроцессорной и постпроцессорной обработки исходных данных и результатов моделирования [5].

### Список использованных источников

1. Правила использования водных ресурсов водохранилищ ГТС Верхней и Средней Кубани (Краснодарское, Кубанское (Большое), Усть-Джегутинское, Невинномысского гидроузла). М.: Росводресурсы, 2014. 480 с.

2. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна рек Каспийского моря междуречья Терека и Волги, Книга 1 Общая характеристика речного бассейна, Утверждена Приказом Западно-Каспийского БВУ от 30 июня 2014 Г. №37-П

3. Компьютерное моделирование систем рек и каналов МИКЕ 11 / Научная консалтинговая фирма «Волга», Москва, 2013, 84 с.

4. Lotov A.V., Riabikov A.I., Buber A.L. A multi-criteria decision-making procedure with an inherited set of starting points of local optimization of the scalarizing functions / Scientific and Technical Information Processing. 2019. Т. 46. № 5. С. 328-336

5. Alina Buber, Yuri Dobrachev, Alexander Buber and Evgenii Ratkovich Theoretical Approaches to Water Use Optimization for Rice Irrigation Systems in the Lower Kuban // Irrigation and Drainage - Recent Advances [Working Title], Submitted: May 4th, 2022 Reviewed: May 23rd, 2022 Published: June 14th, 2022, DOI: 10.5772/intechopen.105521/ URL: <https://www.intechopen.com/online-first/theoretical-approaches-to-water-use-optimization-for-rice-irrigation-systems-in-the-lower-kuban>.

### References

1. Pravila ispol'zovaniya vodnyh resursov vodohranilishh GTS Verhnej i Srednej Kubani (Krasnodarskoe, Kubanskoe (Bol'shoe), Ust'-Dzhegutinskoe, Nevinnomysskogo gidrouzla). М.: Rosvodresursy, 2014. 480 s.

2. Shema kompleksnogo ispol'zovaniya i ohrany vodnyh ob#ektov bassejna rek Kaspijskogo morja mezhdurech'ja Tereka i Volgi, Kniga 1 Obshhaja harakteristika rechnogo bassejna, Utverzhdena Prikazom Zapadno-Kaspijskogo BVU ot 30 ijunja 2014 G. №37-P

3. Komp'juternoe modelirovanie sistem rek i kanalov MIKE 11 / Nauchnaja konsaltingovaja firma «Volga», Moskva, 2013, 84 s.

4. Lotov A.V., Riabikov A.I., Buber A.L. A multi-criteria decision-making procedure with an inherited set of starting points of local optimization of the scalarizing functions / Scientific and Technical Information Processing. 2019. Т. 46. № 5. S. 328-336

5. Alina Buber, Yuri Dobrachev, Alexander Buber and Evgenii Ratkovich Theoretical Approaches to Water Use Optimization for Rice Irrigation Systems in the Lower Kuban // Irrigation and Drainage - Recent Advances [Working Title], Submitted: May 4th, 2022 Reviewed: May 23rd, 2022 Published: June 14th, 2022, DOI: 10.5772/intechopen.105521 - URL: <https://www.intechopen.com/online-first/theoretical-approaches-to-water-use-optimization-for-rice-irrigation-systems-in-the-lower-kuban>.

© Buber A. A., 2023

УДК 69.003:504.03

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СУБЪЕКТОВ МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В БЕЛАРУСИ

А. А. Волчек<sup>1</sup>, Л. В. Образцов<sup>1</sup>, Л. Г. Срывкина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Брестский государственный технический университет  
Республика Беларусь, г. Брест, ул. Московская, 267  
E-mail: Volchak@tut.by

*Представлена характеристика применяемых в республике методов, направленных на экологизацию строительной деятельности субъектов малого и среднего предпринимательства, выявлены направления их развития.*