

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 631.95:627.83

doi: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-45-54

Экологическое обеспечение безопасности водозаборов систем сельскохозяйственного водоснабжения

Елгуджа Демурович Хецуриани¹, Фатман Шакроевна Курдагия²,
Теона Елгуджевна Хецуриани³, Тимур Елгуджович Хецуриани⁴

^{1, 2, 3}Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

^{1, 4}Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону,

Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Елгуджа Демурович Хецуриани, goodga@mail.ru

Аннотация. Цель: обоснование актуальности обеспечения экологической безопасности водозаборно-очистных сооружений в системах сельскохозяйственного водоснабжения путем создания комплекса специализированных защитных средств. **Материалы и методы.** В основу методологических подходов данной работы в области изучения и совершенствования водохозяйственных объектов легли работы отечественных и зарубежных ученых. **Результаты и обсуждение.** Проводился анализ работы систем сельскохозяйственного водоснабжения в Ростовской, Волгоградской, Астраханской областях, Ставропольском, Краснодарском и Алтайском краях и Ямало-Ненецком автономном округе, в результате выявлена недостаточность обеспечения экологической безопасности водозаборов систем водоснабжения. Для решения этой задачи проведено научное обоснование экологически устойчивого функционирования специализируемого типа природно-технической системы «природная водная среда – водохозяйственный комплекс – система сельскохозяйственного водоснабжения». **Выводы.** Предложенный системный подход к решению жизненно важных проблем обеспечения экологической безопасности водозаборов водохозяйственных систем позволит обеспечить бесперебойную при любых режимах работы систем сельскохозяйственного водоснабжения (шуга, взвесь, планктон, дрейссена и др.) подачу потребителям требуемых расчетных расходов качественной воды. Одновременно комплекс водозаборно-очистных сооружений будет оздоравливать речную экосистему.

Ключевые слова: природный водоем, водоросли, автохтонные организмы, водоснабжение, биообрастание, водные ресурсы

ECOLOGY

Original article

Ensuring water intakes ecological safety of agricultural water supply systems

Elgudzha D. Khetsuriani¹, Fatman Sh. Kurdagia², Teona E. Khetsuriani³,
Timur E. Khetsuriani⁴

^{1, 2, 3}South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov,

Novocherkassk, Russian Federation

^{1, 4}Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Corresponding author: Elgudzha D. Khetsuriani, goodga@mail.ru



Abstract. Purpose: substantiation of the relevance of ensuring environmental safety of water purification facilities in agricultural water supply systems by creating a complex of specialized protective equipment. **Materials and Methods.** The methodological approaches of this work in studying and improving water projects are based on the work of domestic and foreign scientists. **Results and Discussion.** An analysis of the agricultural water supply systems operation in Rostov, Volgograd, Astrakhan regions, Stavropol, Krasnodar and Altai regions and the Yamalo-Nenets Autonomous District was carried out, as a result, the lack of environmental safety of water intakes of water supply systems was revealed. To solve this problem, a scientific substantiation of the environmentally sustainable operation of a specialized type of natural-technical system “natural water environment – water industry complex – agricultural water supply system” was carried out. **Conclusions.** The proposed systematic approach to solving vital problems of ensuring the environmental safety of water intakes of water industry systems will ensure uninterrupted supply of the required estimated high-quality water supply to consumers under any operating modes of agricultural water supply systems (slush, suspension, plankton, dreisen, etc.). At the same time, the complex of water purification facilities will improve the river ecosystem.

Keywords: natural reservoir, algae, autochthones, water supply, biofouling, water resources

Введение. В результате исследований, проведенных рядом российских ученых и специалистов, установлено несовершенство используемых защитных устройств водозаборов от попадания в них из источника водоснабжения (природного водного объекта) в процессе эксплуатации различных видов рыб, донных и взвешенных наносов, шуги, плавающих предметов и токсичных сине-зеленых водорослей, автохтонных организмов (особенно опасных моллюсков дрейссены), вызывающих ухудшение качества воды и биообрастание водозаборов и трубопроводов систем водоснабжения [1, 2]. Осложнения водоснабжения по причине биообрастания иногда на треть диаметра водопровода были в крупных городах России, снабжающихся водой из поверхностных источников.

Например, на водозаборе системы водоснабжения г. Ставрополя с производительностью 190 тыс. м³ воды в сутки, обеспечивающей питьевой водой 600 тыс. чел., из-за отсутствия защитных устройств от биообрастания ежегодно на борьбу с дрейссеной расходуется более 60 млн руб. [1–5].

Защиту водозаборов от механических загрязнений и водной биоты, включая дрейссену, необходимо рассматривать не только как обеспечение

бесперебойного водоснабжения городов, но и как предварительную меру улучшения качества воды, экономии электроэнергии, сокращения расходов на дополнительную очистку воды и увеличения срока службы водопроводов водопроводной системы.

Целью исследований являлось обоснование актуальности обеспечения экологической безопасности водозаборно-очистных сооружений на системах сельскохозяйственного водоснабжения путем создания комплекса специализированных защитных средств.

Материалы и методы. В основу методологических подходов данной работы в области изучения и совершенствования водохозяйственных объектов легли работы таких отечественных и зарубежных ученых: В. Н. Азаров, А. Д. Большеротов, В. В. Козин, В. А. Петровсковский, Г. А. Хорунжей, А. Г. Шмаль, В. В. Денисов, В. В. Гутенёв, Л. Н. Фесенко, В. А. Волосухин, Н. И. Куликов, Ю. И. Вдовин, Н. И. Богданов, А. С. Образовский, М. Г. Журба, А. М. Курганов, G. Ceballos, T. Fidelis, V. Haworth, V. Hjoerland, T. Richard, D. Thilo и многие другие.

Системный подход к экологической безопасности водохозяйственных систем представлен в научных работах В. Л. Бондаренко, В. А. Волосухина, А. И. Блясова, Е. А. Семенов и др. [6–9].

Результаты и обсуждение. Необходимо создать водозаборы с предварительной очисткой воды, т. е. водозаборно-очистные сооружения, обеспечивающие:

- сохранение биоразнообразия в природном водоеме;
- отсутствие механических и биологических загрязнений в отбираемой воде из природного водного объекта.

Серьезные отечественные и зарубежные научно-технические разработки, безусловно, повысили экологическую безопасность водохозяйственных систем. Однако с учетом современных эколого-экономических

и санитарно-гигиенических требований уровень экологической безопасности водохозяйственных систем в настоящее время является недостаточным [10–13].

Очевидно, что в связи с разнообразием негативных природных и антропогенных факторов не может быть универсальным защитное устройство, обеспечивающее экологическую безопасность водозабора. Поэтому в настоящее время неоспорима актуальность дальнейших исследований рисков водопользования и разработки комплекса специализированных защитных средств, обеспечивающих высокий уровень экологической безопасности водозаборов в системах сельскохозяйственного водоснабжения [2–16].

Направления исследования

1 Поиск технических средств повышения экологической безопасности водозаборов в системах сельскохозяйственного водоснабжения на основе действующих защитных устройств для сохранности биоразнообразия в природных водоемах и защиты от механического и биологического загрязнения отбираемой воды.

2 Развитие теоретических положений расчета параметров и конструкций защитных устройств водозаборов.

3 Разработка и совершенствование технологий активной и пассивной защиты водозаборов от механического и биологического загрязнения отбираемой воды с использованием физических явлений: гравитационных, электростатических, электроимпульсных и гидродинамических.

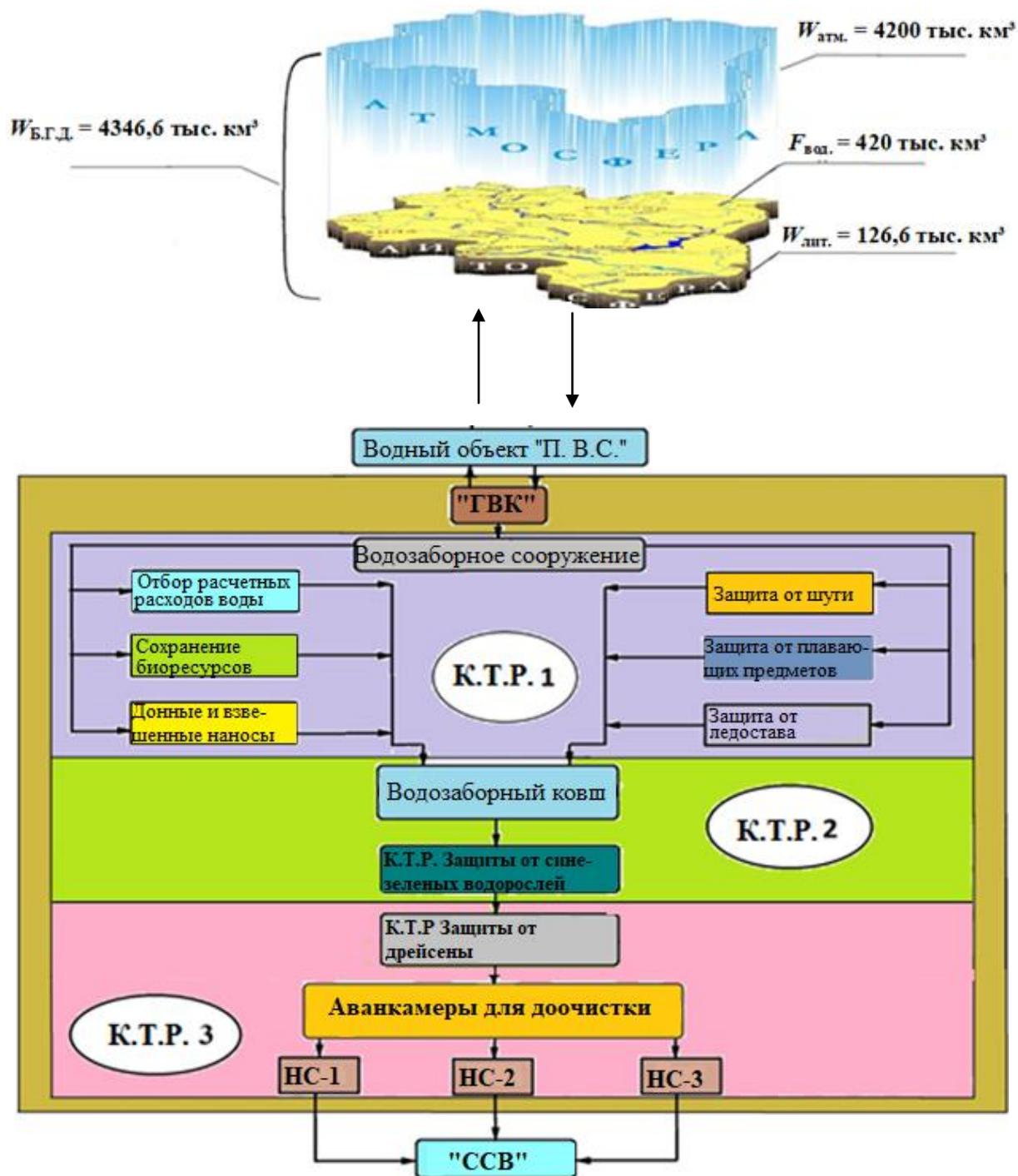
4 Экспериментальные исследования воздействия потока воды на осаждение механических загрязнений, влияния электростатических полей на влажное осаждение сине-зеленых водорослей и электроимпульсных токов на инактивацию водной биоты.

5 Разработка рекомендаций по экологическому обеспечению безо-

пасности водозаборно-очистных сооружений систем сельскохозяйственно-го водоснабжения.

В статье представлено научное обоснование экологически устойчивого функционирования специализируемого типа природно-технической системы «природная водная среда – водохозяйственный комплекс – система сельскохозяйственного водоснабжения», в составе которой одновременно применяются конструктивно-технологические решения, взаимосвязь, взаимодействие и взаимоотношение которых обеспечивают экологическую безопасность в системах сельскохозяйственного водоснабжения на уровне 90–95 %. На рисунке 1 представлена перспективная схема специализируемого типа природно-технической системы «природная водная среда – водохозяйственный комплекс – система сельскохозяйственного водоснабжения».

Формируемое экологическое состояние как фактор экологической безопасности в зонах влияния водозаборов на системах сельскохозяйственного водоснабжения в составе специализируемого типа природно-технической системы «природная водная среда – водохозяйственный комплекс – система сельскохозяйственного водоснабжения» обуславливается комплексом защитных мероприятий и разработкой технических устройств защиты на системах сельскохозяйственного водоснабжения. Эти мероприятия определяют достигнутые результаты в виде обеспечения экологической безопасности в хозяйственной деятельности по использованию водных ресурсов в системах сельскохозяйственного водоснабжения, что в системном рассмотрении представляет собой экологически устойчивое развитие данного вида хозяйственной деятельности, где понятие «развитие» – это необходимое, направленное, закономерное изменение в компонентах окружающей среды.



П.В.С. – природная водная среда; ГВК – водохозяйственный комплекс; ССВ – система сельскохозяйственного водоснабжения; НС – насосная станция;
 К.Т.Р. – конструктивно-технологические решения

Рисунок 1 – Схема специализируемого типа природно-технической системы «природная водная среда – водохозяйственный комплекс – система сельскохозяйственного водоснабжения»

Системный подход к экологической безопасности на системах сельскохозяйственного водоснабжения, который подразумевает взаимосвязь,

взаимодействие и взаимоотношения конструктивно-технологических решений в области защиты отбираемой воды, определил экологически устойчивое функционирование специализируемого типа природно-технической системы «природная водная среда – водохозяйственный комплекс – система сельскохозяйственного водоснабжения», где формируются количественные и качественные показатели водных ресурсов.

Экологическая безопасность – свойство природно-технической системы «природная водная среда – водохозяйственный комплекс – система сельскохозяйственного водоснабжения» обеспечивать защищенность водозаборов на системах сельскохозяйственного водоснабжения от негативных факторов, связанных с попаданием ихтиофауны, влекомых донных и взвешенных наносов, плавающих предметов, шуги и ледостава при отборе расчетных расходов воды из водного объекта в водоприемник, от токсичных сине-зеленых водорослей и явления обрастания технологического оборудования дрейссеной.

Выводы и рекомендации. Исходя из системного принципа главенствующей роли целого в развитии сформулированного понятия «экологическая приемлемость» как важного фактора в творческом процессе формирования новых идей, по результатам исследований обоснован ряд концептуальных утверждений, которые должны способствовать созданию более совершенных конструктивных решений и технологий более рационального использования водных ресурсов.

Предложенный системный подход к решению жизненно важных проблем обеспечения экологической безопасности водозаборов водохозяйственных систем позволит обеспечить бесперебойную при любых условиях и режимах работы систем сельскохозяйственного подачу потребителям требуемых расчетных расходов качественной воды.

Список источников

1. Сетевое издание «Блокнот Ставрополь» [Электронный ресурс]. URL: <https://bloknot-stavropol.ru/bloknot/contacts.php> (дата обращения: 01.09.2021).

2. Анализ работы Александровского ковшового водозабора с учетом руслового режима и рыбоводно-биологических показателей реки Дон / Е. Д. Хецуриани, Л. Н. Фесенко, А. Н. Богачев, М. М. Мордвинцев, Г. Н. Пурас, А. Ю. Душенко, Р. С. Бечвая, А. В. Пельчер // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. 2015. № 4. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_18_Fesenko.pdf_e7bb2e55be.pdf (дата обращения: 01.09.2021).

3. Хецуриани Е. Д., Бондаренко В. Л. Водозаборные технологические комплексы в составе природно-технических систем многоцелевого водоснабжения // Известия вузов. Строительство. 2018. № 6. С. 38–47.

4. Методологические основы оценки зон влияния водозаборных технологических комплексов систем многоцелевого водоснабжения городских хозяйств и объектов экономики / Е. Д. Хецуриани, В. Л. Бондаренко, А. И. Ылясов, Е. А. Семенова // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2019. № 4(28). С. 25–35.

5. Образовский А. С., Ереснов Н. В., Ереснов В. Н. Водозаборные сооружения из поверхностных источников. М.: Стройиздат, 1976. 368 с.

6. Экологическая безопасность в природообустройстве, водопользовании и строительстве: оценка экологического состояния бассейновых геосистем: монография / В. Л. Бондаренко, Г. М. Скибин, В. Н. Азаров, Е. А. Семенова, В. В. Приваленко; Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М. И. Платова. Новочеркасск, 2016. 419 с.

7. Экологическая безопасность в строительстве. Инженерно-экологические изыскания в комплексе изысканий под строительство водохозяйственных объектов: монография / В. Л. Бондаренко, О. В. Клименко, Е. А. Семенова, Д. А. Николаенко; Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова Донского ГАУ. Новочеркасск, 2016. 309 с.

8. Решение экологических проблем при проектировании гидротехнических сооружений (на примере бассейновой геосистемы Верхней Кубани): монография / В. Л. Бондаренко, В. В. Приваленко, А. В. Кувалкин, В. С. Поляков, С. Г. Прыганов. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. 306 с.

9. Будыко М. И., Авакян А. Б. Глобальная экология. М.: Мысль, 1977. 328 с.

10. Журба М. Г., Соколов Л. И., Говорова Ж. М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учеб. пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: АСВ, 2004. В 3 т.

11. Курганов А. М. Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения: учеб. пособие. М.; СПб.: АСВ; СПбГАСУ, 1998. 246 с.

12. Evaluation of environmental safety of waterworks for urban water supply systems / E. D. Khetsuriani, V. L. Bondarenko, A. I. Yliasov, E. A. Semenova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 698(7). International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development”. 2019. № 077060. DOI: 10.1088/1757-899X/698/7/077060.

13. Methodological measurement basis environmental safety in construction and operation of water management facilities / E. D. Khetsuriani, V. L. Bondarenko, O. V. Klimenko, E. A. Semenova // E3S Web of Conferences. Vol. 126. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2019). 2019. № 00066. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912600066>.

14. Методические подходы к экологическому нормированию антропогенного сокращения речного стока // Водные ресурсы. 1996. № 1. С. 78–85.

15. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами / сост.: Б. А. Ревич, Ю. Е. Саэт, Р. С. Смирнова, Е. П. Сорокина. М.: Изд-во ИМГРЭ, 1982. 112 с.

16. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими элементами: СанПиН 4266-87: утв. зам. Гл. гос. санитар. врача СССР Э. М. Саакьянцем 13.03.87. М., 1987.

References

1. *Setevoe izdanie "Bloknot Stavropol"* [Online news media "Notebook Stavropol"], available: <https://bloknot-stavropol.ru/bloknot/contacts.php> [accessed 01.09.2021]. (In Russian).
2. Khetsuriani E.D., Fesenko L.N., Bogachev A.N., Mordvintsev M.M., Puras G.N., Dushenko A.Yu., Bechvaya R.S., Pelcher A.V., 2015. *Analiz raboty Aleksandrovskogo kovshovogo vodozabora s uchetom ruslovogo rezhima i rybovodno-biologicheskikh pokazateley reki Don* [Analysis of the Alexandrovsky water inlet taking into account the channel regime and fish-biological indicators of the Don River]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], no. 4, available: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_18_Fesenko.pdf_e7bb2e55be.pdf [accessed 01.09.2021]. (In Russian).
3. Khetsuriani E.D., Bondarenko V.L., 2018. *Vodozabornye tekhnologicheskie komplekсы v sostave prirodno-tekhnicheskikh sistem mnogotsелеvogo vodosnabzheniya* [Water intake technological complexes as part of natural-technical systems of multi-purpose water supply]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [Bull. of Higher Institutions. Civil Engineering], no. 6, pp. 38-47. (In Russian).
4. Khetsuriani E.D., Bondarenko V.L., Ylyasov A.I., Semenova E.A., 2019. *Metodologicheskie osnovy otsenki zon vliyaniya vodozabornykh tekhnologicheskikh komplekсов sistem mnogotsелеvogo vodosnabzheniya gorodskikh khozyaystv i ob"ektov ekonomiki* [Methodological foundations for assessing the zones of influence of water intake technological complexes of multipurpose water supply systems for urban households and economic facilities]. *Biosfernaya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biosphere Compatibility: Person, Region, Technology], no. 4(28), pp. 25-35. (In Russian).
5. Obrazovsky A.S., Eresnov N.V., Eresnov V.N., 1976. *Vodozabornye sooruzheniya iz poverkhnostnykh istochnikov* [Water Intake Facilities from Surface Sources]. Moscow, Stroyizdat Publ., 368 p. (In Russian).
6. Bondarenko V.L., Skibin G.M., Azarov V.N., Semenova E.A., Privalenko V.V., 2016. *Ekologicheskaya bezopasnost' v prirodobustroystve, vodopol'zovanii i stroitel'stve: otsenka ekologicheskogo sostoyaniya basseynovykh geosistem: monografiya* [Ecological Safety in Environmental Engineering, Water Use and Civil Engineering: Assessment of Ecological Condition of Basin Geosystems: monograph]. South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, Novocherkassk, 419 p. (In Russian).
7. Bondarenko V.L., Klimenko O.V., Semenova E.A., Nikolaenko D.A., 2016. *Ekologicheskaya bezopasnost' v stroitel'stve. Inzhenerno-ekologicheskie izyskaniya v komplekse izyskaniy pod stroitel'stvo vodokhozyaystvennykh ob"ektov: monografiya* [Environmental Safety in Civil Engineering. Engineering and Environmental Surveys in the Complex of Surveys for the Construction of Water Facilities: monograph]. Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov of Donskoy State Agrarian University, Novocherkassk, 309 p. (In Russian).
8. Bondarenko V.L., Privalenko V.V., Kuvalkin A.V., Polyakov V.S., Pryganov S.G., 2009. *Reshenie ekologicheskikh problem pri proektirovanii gidrotekhnicheskikh sooruzheniy (na primere basseynovoy geosistemy Verkhney Kubani): monografiya* [Solution of Environmental Problems in Design of Hydraulic Structures (on the Example of the Basin Geosystem of the Upper Kuban): monograph]. Rostov-on-Don, YSC RAS Publ., 306 p. (In Russian).
9. Budyko M.I., Avakyan A.B., 1977. *Global'naya ekologiya* [Global Ecology]. Moscow, Mysl' Publ., 328 p. (In Russian).
10. Zhurba M.G., Sokolov L.I., Govorova Zh.M., 2004. *Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzheniy: uchebnoe posobie* [Water Supply. Design of Systems and Structures: textbook]. 2nd ed., Moscow, ASV Publ., in 3 vol. (In Russian).
11. Kurganov A.M., 1998. *Vodozabornye sooruzheniya sistem kommunal'nogo vodo-*

snabzheniya: uchebnoe posobie [Water Intake Structures of Municipal Water Supply Systems: textbook]. Moscow, Saint Petersburg, ASV, SPbGASU, 246 p. (In Russian).

12. Khetsuriani E.D., Bondarenko V.L., Yliasov A.I., Semenova E.A., 2019. Evaluation of environmental safety of waterworks for urban water supply systems. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 698(7). International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development”, no. 077060, DOI: 10.1088/1757-899X/698/7/077060.

13. Khetsuriani E.D., Bondarenko V.L., Klimenko O.V., Semenova E.A., 2019. Methodological measurement basis environmental safety in construction and operation of water management facilities. E3S Web of Conferences. Vol. 126. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2019), no. 00066, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912600066>.

14. *Metodicheskie podkhody k ekologicheskomu normirovaniyu antropogennogo so-krashcheniya rechnogo stoka* [Methodological approaches to environmental antropogenic decrease in river water flow]. *Vodnye resursy* [Water Resources], 1996, no. 1, pp. 78-85. (In Russian).

15. Revich B.A., Sayet Yu.E., Smirnova R.S., Sorokina E.P., 1982. *Metodicheskie rekomendatsii po geokhimicheskoy otsenke zagryazneniya territoriy gorodov khimicheskimi elementami* [Recommendations on the Geochemical Assessment of Urban Pollution by Chemical Elements]. Moscow, IMGRE Publ., 112 p. (In Russian).

16. *SanPiN 4266-87. Metodicheskie ukazaniya po otsenke stepeni opasnosti zagryazneniya pochvy khimicheskimi elementami* [Guidelines for Assessing the Degree of Danger of Soil Pollution by Chemical Elements]. Moscow, 1987. (In Russian).

Информация об авторах

Е. Д. Хецуриани – кандидат технических наук, доцент, профессор, goodga@mail.ru

Ф. Ш. Курдагия – магистрант, goodga@mail.ru

Те. Е. Хецуриани – аспирант, goodga@mail.ru

Т. Е. Хецуриани – магистрант, goodga@mail.ru

Information about the authors

E. D. Khetsuriani – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, goodga@mail.ru

F. Sh. Kurdagia – Master's student, goodga@mail.ru

Te. E. Khetsuriani – Postgraduate student, goodga@mail.ru

T. E. Khetsuriani – Master's student, goodga@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.06.2021; одобрена после рецензирования 14.09.2021; принята к публикации 15.09.2021.

The article was submitted 04.06.2021; approved after reviewing 14.09.2021; accepted for publication 15.09.2021.