

Анализ воздействия изменения температуры на водные биоресурсы и качество среды их обитания на примере Черного моря

DOI: 10.37663/0131-6184-2023-6-53-57 EDN rptwrv

Научная статья
УДК 574.52

Царёв Андрей Вячеславович – заместитель начальника Центрального управления по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации (ФГБУ «ЦУРЭН»);

Попова Елена Олеговна – заместитель начальника отдела научно-методического обеспечения информационных ресурсов и баз данных, @ elena.popova.0202@gmail.com, ФГБУ «ЦУРЭН»;

Ерина Оксана Николаевна – кандидат географических наук, заведующая лабораторией гидрологии рек и водных ресурсов кафедры гидрологии суши географического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Адреса:

1. Центральное управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации – 125009, г. Москва, Большой Кисловский пер., д. 10, стр. 1
2. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова – 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

Аннотация.

В статье приводится краткий обзор работы, посвященной анализу действующего норматива качества воды по температуре. Представлен ретроспективный анализ вопроса становления и развития системы нормирования качества вод водных объектов как в России, так и за рубежом, анализ нормативной правовой базы, регулирующей вопрос установления требований к нормативам качества воды. Проведен анализ фондовых данных и литературных источников по вопросу изучения влияния температуры на состояние гидробионтов, включая ихтиофауну. Установлено, что при утверждении действующего норматива по температуре не были проведены исследования на морских экосистемах, а также не учитывались особенности температурного режима южных морей. Для выработки обоснованных предложений о необходимости корректировки норматива по температуре разработана программа комплексных морских исследований на акватории Черного моря.

Ключевые слова:

нормирование температуры, температура, Черное море, нормирование температуры в США, Канаде, Великобритании, региональный норматив по температуре, опреснительные установки, тепловое воздействие на морские экосистемы

Для цитирования:

Царёв А.В., Попова Е.О., Ерина О.Н. Анализ воздействия изменения температуры на водные биоресурсы и качество среды их обитания на примере Черного моря // Рыбное хозяйство. 2023. № 6. С. 53-57. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-6-53-57 EDN rptwrv

ANALYSIS OF THE IMPACT OF TEMPERATURE CHANGES ON AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES AND THE QUALITY OF THEIR HABITAT ON THE EXAMPLE OF THE BLACK SEA

Andrey V. Tsarev – Deputy Head of the Central Department of the Fisheries Expertise and Standards for Conservation, Reproduction of Aquatic Biological Resources and Acclimatization (FSBI "TSUREN");

Elena O. Popova – Deputy Head of the Department of Scientific and Methodological support of Information Resources and Databases, FSBI "TSUREN";

Oksana N. Erina – Candidate of Geographical Sciences, Head of the Laboratory of Hydrology of Rivers and Water Resources of the Department of Land Hydrology of the Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University

Addresses:

1. Central Directorate for Fisheries Expertise and Standards for the Conservation, Reproduction of Aquatic Biological Resources and Acclimatization – 125009, Moscow, Bolshoy Kislovsky Lane, 10, p. 1

2. Lomonosov Moscow State University – 119991, Russian Federation, Moscow, Leninskie Gory, 1

Annotation. The article provides a brief overview of the work devoted to the analysis of the current water quality standard for temperature. The article presents a retrospective analysis of the formation and development of the system of water quality regulation of water bodies both in Russia and abroad, an analysis of the regulatory legal framework governing the issue of establishing requirements for water quality standards. The analysis of stock data and literature sources on the study of the influence of temperature on the state of aquatic organisms, including ichthyofauna, is carried out. It was found that when approving the current temperature standard, no studies were conducted on marine ecosystems, and the peculiarities of the temperature regime of the southern seas were not taken into account. In order to develop reasonable proposals on the need to adjust the temperature standard, a program of integrated marine research in the Black Sea has been developed.

Keywords:

temperature regulation, temperature, Black Sea, temperature regulation in the USA, Canada, Great Britain, regional temperature regulation, desalination plants, thermal impact on marine ecosystems

For citation:

Tsarev A.V., Popova E.O., Erina O.N. Analysis of the impact of temperature changes on aquatic biological resources and the quality of their habitat on the example of the Black Sea // Fisheries. 2023. No. 6. Pp. 53-57. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-6-53-57 EDN rptwrv

Вопрос опреснения морской воды в Причерноморском регионе остается актуальным [28]. При эксплуатации опреснительных установок в Черном море будет осуществляться сброс подогретых солоноватых вод [17].

В статье приведен краткий обзор имеющихся данных по влиянию сброса подогретых вод на водные организмы и среду их обитания, проблем нормирования такого сброса, а также анализ действующего норматива по температуре.

Среди экологических факторов одним из наиболее важных для жизни рыб и других водных организмов является температура. С температурой среды связаны процессы питания, размножения, миграций и поведения водных организмов. В сильной степени от нее зависит интенсивность обмена веществ в организме. Повышение температуры в известных пределах стимулирует развитие микрофлоры, ход процессов самоочищения, ускоряет обмен веществ и потребление кислорода. При медленном изменении температуры до неблагоприятной рыба уходит с данного участка, а при резком – может погибнуть. Разные виды организмов реагируют на изменение температуры неодинаково [7]. К тому же на разных широтах (климатических зонах) влияние температурного фактора неодинаково. Наиболее чувствительны к изменениям (повышению) температуры гидробионты северных широт, в отличие от обитателей южных морей [21].

В целях рационального использования природных ресурсов, сохранения естественных экологических систем, генетического фонда водных орга-

низмов, в системе действующего природоохранного законодательства устанавливается норматив качества водной среды по температуре.

Впервые требования к качеству воды рыбохозяйственных водоемов были разработаны в 60-х годах XX века лабораторией ВНИОРХ под руководством А.Г. Гусева, на основе проведения большого количества полевых и экспериментальных работ на пресноводных объектах [10]. Изучалось влияние сточных вод и их компонентов на рыб, представителей планктона и бентоса [11]. Согласно полученным результатам этих работ, были сформулированы задачи нормирования по температуре, как «недопущение создания в рыбохозяйственных водоемах таких температур, которые нарушали бы нормальную жизнедеятельность гидробионтов. Таких нарушений можно избежать, если температура поверхностных слоев воды водоема, под влиянием тепловых загрязнений, не будет повышаться по сравнению с природной в летний период больше чем на 3°C, а в зимний период – на 5°C. Подогрев всей массы воды недопустим также как и нагрев поверхностных слоев летом выше 25-30°C» [9].

В 1958 г. эти требования были утверждены Минрыбпромом в качестве «Временных правил охраны рыбохозяйственных водоемов от загрязнения». В 1961 г. они вошли в общесоюзные правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Таким образом, в нормативно-правовом акте были впервые сформированы и закреплены основные требования к температурному режиму водных объектов [19].

В настоящее время, практически в неизменном виде, эти требования изложены в приказе Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»:

Температура воды не должна повышаться под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) по сравнению с естественной температурой водного объекта более чем на 5°C, с общим повышением температуры не более чем до 20°C летом и 5°C зимой для водных объектов, где обитают холодолюбивые рыбы (лососевые и сиговые) и не более чем до 28°C летом и 8°C зимой в остальных случаях. В местах нерестилищ налима запрещается повышать температуру воды зимой более чем на 2°C.

При этом, норматив качества воды или ее природные свойства должны соблюдаться в максимально загрязненной струе контрольного створа на расстоянии (для акватории – в радиусе) не далее 500 м от места сброса сточных вод.

Анализ действующих требований по соблюдению температурного режима, при сбросе сточных вод в водные объекты рыбохозяйственного значения, позволил сделать следующие выводы:

- норматив был разработан в середине XX в. и с момента его разработки не уточнялся;
- норматив был разработан на основании результатов исследований пресноводных объектов (рыб, представителей планктона и бентоса) и не отражает различия между пресной и морской средой обитания;
- норматив был разработан на основании результатов исследований обитателей средних широт (умеренной климатической зоны), без учета различных климатических особенностей;
- не проведены исследования на представителях различных трофических звеньев водного объекта (микроорганизмы, фито-, зоопланктон, фитобентос, зообентос), за исключением рыб.

Помимо этого, действующий норматив по температуре содержит некорректные формулировки (например, «естественная температура водного объекта», «общее повышение температуры»), не имеющие методической основы.

В то же время необходимо отметить, что изучение влияния температуры на состояние гидробионтов и среду их обитания продолжается. В современных исследованиях (как российских, так и зарубежных) отмечается, что температура играет решающую роль не только в физиологических процессах, но и поведенческих реакциях рыб и других обитателей водных экосистем (исследования Голованова, 2014; Coutant, 1977; Jobling, 1981; Алабастер, Ллойд, 1982; Cherry, Cairns, 1982 и др.) [6; 18; 23].

Однако, как ранние исследования, так и современные выполняются в основном на пресноводных объектах [16; 7; 18; 20]. Комплексные работы по изучению влияния температурного фактора на состояние представителей всех тро-

фических звеньев морских экосистем отсутствуют. Обзор зарубежных исследований по влиянию опреснительных установок на морские экосистемы (опреснительные установки Алжира, Ливии, США, Израиля, ОАЭ, Испании) также показал, что при проведении исследований чаще всего выбираются отдельные группы морских обитателей, комплексные исследования на представителях всех трофических звеньев морских экосистем отсутствуют. При этом в большинстве случаев авторами отмечается незначительное локальное воздействие сброса подогретых соленых вод в море от опреснительных установок [12; 13; 16; 24; 25; 26; 27].

Анализ зарубежного опыта (стран Европы и Северной Америки) нормирования теплового воздействия на водные объекты показал, что в большинстве рассмотренных нормативно-правовых актов нормирование теплового воздействия носит относительный характер, и допустимая температура сбрасываемых сточных вод, как правило, устанавливается на уровне отклонения от средней температуры воды в ненарушенных водных объектах для каждого из месяцев года по региону. Также следует отметить использование регионального подхода нормирования теплового воздействия (для стран с наличием различных климатических зон).

В Великобритании (Англии и Уэльсе) нормирование температуры сточных вод осуществляется следующим образом: разница в температуре воды между водозабором из водного объекта и температурой сточных вод не должна превышать 8°C. При этом максимально допустимое значение температуры сточных вод составляет 25°C, тогда как минимальное значение не установлено [20].

В Шотландии температура воды сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, не должна отличаться более чем на 2 градуса от средней температуры воды за месяц для водных объектов с высоким экологическим статусом (аналог высшей рыбохозяйственной категории в России) и не более чем на 3 градуса – для остальных водных объектов. При этом существует и верхняя температурная граница для сточных вод, которая равна температуре воды в водных объектах региона 98% обеспеченности (то есть той температуре воды, которая не превышает в 98% случаях из ста, для Шотландии такая температура воды составляет 28-32°C [22].

В Соединенных Штатах Америки нет единого правила нормирования температуры сточных вод, и каждый штат самостоятельно устанавливает законодательные требования на основе национальных Методических рекомендаций. При разработке нормативов термического воздействия анализируется видовой состав рыб и их чувствительность к термическому шоку. Среди проанализированных требований нескольких штатов с разными климатическими условиями и с разным уровнем рыбохозяйственной ценности (Джорджия, Висконсин, Вашингтон, Невада) были выявлены общие черты. Так, для водных объектов с высокой рыбохозяйственной значимостью (места обита-

ния и нереста лососевых видов рыб) не допускается превышение среднемесячной температуры воды в водных объектах штата. Для водных объектов с меньшей рыбохозяйственной ценностью допустимое отличие температуры сточных вод от среднемесячной температуры воды в водных объектах составляет не более 2 градусов по Фаренгейту (около 1,2°C). При этом различие температуры воды между забором и сбросом не должно превышать 5 градусов по Фаренгейту (около 3°C). Максимальная допустимая температура сточных вод устанавливается в зависимости от климатических условий и составляет 23-32°C [3; 4].

В Канаде также используется региональный подход, и каждая провинция вправе либо установить свои ограничения для термического воздействия на водные объекты, либо использовать национальные стандарты. В качестве основы используется максимальная температура воды в водных объектах за конкретную неделю года, которая не должна превышать в сточных водах в регионах обитания ценных видов рыб (лососевые), и может отличаться на 2-3°C в остальных случаях. В некоторых провинциях устанавливаются как максимальные, так и минимальные значения температуры воды, как правило, в зонах обитания и размножения особо ценных видов рыб [8].

Вопрос воздействия сброса подогретого соленого концентрата в морские водные объекты и его нормирование в последнее время приобретает все большую актуальность, в связи с возможным строительством опреснительных установок в Черном море [28].

Многолетние гидрологические исследования показывают, что температура воды во всех морях России растет в последние 40 лет. Температура воды Черного моря увеличивается со скоростью до 0,52°C в 10 лет [1]. В настоящее время средняя температура воды Черного моря в летний период местами может достигать 30°C, а зимой поднимается до 10°C [2; 14].

Действующие нормативы по температуре устанавливают требование, как уже упоминалось выше, о не превышении температуры воды водного объекта при сбросе сточных вод, по сравнению с естественной температурой водного объекта более чем на 5°C, с общим повышением температуры не более чем до 28°C летом и 8°C зимой.

Таким образом, в настоящих условиях складывается ситуация, когда соблюдение требований установленного норматива по температуре не представляется возможным по объективным причинам.

Для более корректного и объективного нормирования температуры предлагается внесение изменений в действующий норматив по температуре.

Реализация данной инициативы возможна двумя путями:

- **внесение более четкой формулировки в действующий общероссийский норматив по температуре с учетом разделения на климатические зоны;**
- **установление регионального норматива для южных морей.**

В основу предложений о внесении изменений в действующие нормативные требования по температуре должны быть положены данные государственного экологического мониторинга. Однако для обоснования максимально допустимого температурного воздействия на всех представителей трофических звеньев морской экосистемы требуется проведение комплексных исследований, в соответствии с требованиями действующих Методических указаний № 695 [15].

Результаты исследования позволят получить более четкое представление о последствиях теплового воздействия на морские экосистемы и их компоненты, с целью обоснования предложения по корректировке действующего норматива качества по показателю «температура».

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад авторов в работу: Царёв А.В. – идея работы, окончательная проверка статьи; Попова Е.О. – сбор и анализ данных, подготовка статьи Ерина О.Н. – сбор и анализ данных.

The authors declare that there is no conflict of interest. The authors' contribution to the work: Tsarev A.V. – the idea of the work, the final verification of the article; Popova E.O. – data collection and analysis, preparation of the article; Erina O.N. – data collection and analysis.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Adobovskiy V.V. et al. (2011). Reactions of aquatic ecosystems of the northwestern Black Sea region on the climate anomalies // Proc. 3-rd Bi-annual Conf. (Odessa, 1-4 Nov. 2011). Odessa.
2. Белокопытов В.Н. О климатической изменчивости термохалинной структуры Черного моря // Экологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу. 2013. №. 27. С. 226-230.
3. Water Quality Standards Handbook. Chapter 3: Water Quality Criteria. Environmental Protection Agency, USA. 2003. 57 p.
4. Washington Department of Ecology (WDOE). (2002). Evaluating Standards for Protection Aquatic Life in Washington's Surface Water Quality Standards, Temperature Criteria, Draft Discussion Paper and Literature Summary. Pp.17-30.
5. Винберг Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. Минск: Изд-во Белорус. ун-та. 1956. 253 с
6. Водные биоресурсы и аквакультура Юга России: материалы III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных / ответственный редактор Г. А. Москул. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т. 2022. 132 с.
7. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб. Москва: Полиграф-Плюс. 2013. 300 с.
8. Guidance document: Environmental effects assessment of freshwater thermal discharge. / Environmental Protection Operations Division (Ontario), Environmental Stewardship Branch, Environment and Climate Change Canada. 2019. 170 p.
9. Гусев А.Г. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения. – Пищевая Промышленность. 1975. 367 с.
10. Гусев А.Г. Методическая схема комплексных исследований влияния сточных вод, их компонентов и других загрязнителей на водные организмы, рыбохозяйственные водоемы и установление в них ПДК вредных веществ. – «Известия ГосНИОРХ». 1971. т. 78, с. 29-43;
11. Гусев А.Г. Научные и практические итоги и перспективы исследований в области санитарной охраны рыбохозяйственных водоемов. В кн.: Научная сессия ГосНИОРХ. Л. 1967. с. 59-61.
12. El-Hajaji A.H.S. Desalination Technologies and Environmental Aspects: Case Study in Libya. – Liverpool John Moores University (United Kingdom). 2018.
13. Kamal Mohammedi, Anissa Talamali, Youcef Smaili, Imane Saadoun, Aomar Ait-Aider. Environmental Impact of Seawater Desalination

Plants: Case Study in Algeria. American Journal of Environmental Protection. Vol. 2, No. 6, 2013. Pp. 141-148.

14. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2019. Под ред. Коршенко А.Н. Москва: «Наука». 2020. 232 с.

15. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения, утвержденные приказом Федерального агентства по рыболовству от 4 августа 2009 г. № 695.

16. Mizutani D. (2016). Sustainable Options for Desalination: A look into Renewable Energies and Brine Disposal.

17. Кисель А.В. Опреснение морской воды Черного, Азовского и Каспийского морей методами мембранных технологий // Вестник науки. 2019. Т. 3. №. 2 (11). С. 79-94.

18. Поведение рыб. / Материалы докладов V Всероссийской конференции. 8-9 ноября 2014 г., Борок, Россия. – Кострома: Костромской печатный дом. 2014. 307 с.

19. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами, утвержденные Минздравом СССР, Минводхозом СССР, Минрыбхозом СССР 16 мая 1974 г.

20. Standard rules SR2010No2 – Discharge to surface water: cooling water and heat exchangers/ The Environmental Permitting (England and Wales) Regulations. 2016. 7 p.

21. Строганов Н.С. Экологическая физиология рыб. М.: Изд-во МГУ. 1962. с.422.

22. Supporting Guidance (WAT-SG-85). Application of Standards to Thermal Discharges. Scottish Environmental Protection Agency. 2016. 12 p.

23. Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. – Борок: Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2019. Вып. 86(89). 102 с.

24. Kenigsberg C., Abramovich S., Hyams-Kaphzan O. (2020). The effect of long-term brine discharge from desalination plants on benthic foraminifera // PLoS One. Т. 15. №. 1. Pp. 227-589.

25. Sola I. et al. (2020). Sustainable desalination: Long-term monitoring of brine discharge in the marine environment // Marine Pollution Bulletin. Т. 161. Pp. 111-813.

26. Dewar M. et al. (2022). Impact potential of hypersaline brines released into the marine environment for CCS reservoir pressure management // International Journal of Greenhouse Gas Control. Т. 114. Pp. 103-559.

27. Purnama A., Shao D. (2015). Modeling brine discharge dispersion from two adjacent desalination outfalls in coastal waters // Desalination. Т. 362. Pp. 68-73.

28. РИА новости Крым. Цена ошибки огромна: ученый РАН о рисках опреснения воды в Крыму. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ras.ru/digest/showdnews.aspx?id=93dc4732-ee7c-4b0b-a319-4c1caa2d18c8>. (Дата обращения: 19.03.2021).

REFERENCES AND SOURCES

1. Adobovskiy V.V. et al. (2011). Reactions of aquatic ecosystems of the northwestern Black Sea region on the climate anomalies // Proc. 3-rd Bi-annual Conf. (Odessa, 1-4 Nov. 2011). Odessa. (In Russ.).

2. Belokopytov V.N. (2013). On the climatic variability of the thermohaline structure of the Black Sea // Ekologichna bezpeka priberezhno that shelf zones that complex vikoristannya resources shelf. No. 27. Pp. 226-230. (In Russ.).

3. Water Quality Standards Handbook. Chapter 3: Water Quality Criteria. Environmental Protection Agency, USA. 2003. 57 p.

4. Washington Department of Ecology (WDOE). (2002). Evaluating Standards for Protection of Aquatic Life in Washington's Surface Water Quality Standards, Temperature Criteria, Draft Discussion Paper and Literature Summary. Pp.17-30.

5. Vinberg G.G. (1956). Intensity of metabolism and nutritional needs of fish. Minsk: Belarusian Publishing House. un-ta. 253 p. (In Russ.).

6. Aquatic bioresources and aquaculture of the South of Russia: materials of the III All-Russian Scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists / executive editor G.A. Moskul. – Krasnodar: Kuban State University-T. 2022. 132 p. (In Russ.).

7. Temperature criteria for the vital activity of freshwater fish. Moscow: Polygraph-Plus. 2013. 300 p. (In Russ.).

8. Guidance document: Environmental effects assessment of freshwater thermal discharge. / Environmental Protection Operations Division (Ontario), Environmental Stewardship Branch, Environment and Climate Change Canada. 2019. 170 p.

9. Gusev A.G. (1975). Protection of fishery reservoirs from pollution. – Food Industry. 367 p. (In Russ.).

10. Gusev A.G. (1971). Methodological scheme of comprehensive studies of the influence of wastewater, its components and other pollutants on aquatic organisms, fisheries reservoirs and the establishment of MPC of harmful substances in them. – "Izvestia GosNIORKh". vol. 78. Pp. 29-43. (In Russ.).

11. Gusev A.G. (1967). Scientific and practical results and prospects of research in the field of sanitary protection of fishery reservoirs. In: Scientific Session of GosNIORH. L. Pp. 59-61. (In Russ.).

12. El-Hajaji A.H.S. (2018). Desalination Technologies and Environmental Aspects: Case Study in Libya. – Liverpool John Moores University (United Kingdom).

13. Kamal Mohammedi, Anissa Talamali, Youcef Smaili, Imane Saadoun, Aomar Ait-Aider. (2013). Environmental Impact of Seawater Desalination Plants: Case Study in Algeria. American Journal of Environmental Protection. Vol. 2. No. 6. Pp. 141-148.

14. Sea water quality by hydrochemical indicators. Yearbook 2019. Ed. Korshenko A.N. Moscow: "Science". 2020. 232 p. (In Russ.).

15. Methodological guidelines for the development of water quality standards for water bodies of fishery significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery significance, approved by Order of the Federal Agency for Fisheries dated August 4, 2009 No. 695. (In Russ.).

16. Mizutani D. (2016). Sustainable Options for Desalination: A look into Renewable Energies and Brine Disposal.

17. Kisel A.V. (2019). Desalination of seawater of the Black, Azov and Caspian seas by methods of membrane technologies // Bulletin of Science. Vol. 3. No. 2 (11). Pp. 79-94. (In Russ.).

18. Behavior of fish. / Materials of reports of the V All-Russian Conference. November 8-9, 2014, Borok, Russia. – Kostroma: Kostroma Printing House. 2014. 307 p. (In Russ.).

19. Rules for the protection of surface waters from sewage pollution, approved by the Ministry of Health of the USSR, the Ministry of Water Management of the USSR, the Ministry of Fisheries of the USSR on May 16, 1974. (In Russ.).

20. Standard rules SR2010No2 – Discharge to surface water: cooling water and heat exchangers/ The Environmental Permitting (England and Wales) Regulations. 2016. 7 p.

21. Stroganov N.S. (1962). Ecological physiology of fish. M.: Publishing House of Moscow State University. 422 p. (In Russ.).

22. Supporting Guidance (WAT-SG-85). Application of Standards to Thermal Discharges. Scottish Environmental Protection Agency. 2016. 12 p.

23. Proceedings of the I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences. – Borok: I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences. 2019. Issue 86(89). 102 p. (In Russ.).

24. Kenigsberg C., Abramovich S., Hyams-Kaphzan O. (2020). The effect of long-term brine discharge from desalination plants on benthic foraminifera // PLoS One. Vol. 15. No. 1. Pp. 227-589.

25. Sola I. et al. (2020). Sustainable desalination: Long-term monitoring of brine discharge in the marine environment // Marine Pollution Bulletin. Vol. 161. Pp. 111-813.

26. Dewar M. et al. (2022). Impact potential of hypersaline brines released into the marine environment for CCS reservoir pressure management // International Journal of Greenhouse Gas Control. vol. 114. Pp. 103-559.

27. Purnama A., Shao D. (2015). Modeling brine discharge dispersion from two adjacent desalination outfalls in coastal waters // Desalination. Vol. 362. Pp. 68-73.

28. РИА новости Crimea. The cost of the mistake is huge: a scientist of the Russian Academy of Sciences about the risks of desalination of water in the Crimea. [electronic resource]. – Access mode: <https://www.ras.ru/digest/showdnews.aspx?id=93dc4732-ee7c-4b0b-a319-4c1caa2d18c8>. (Accessed: 03/19/2021). (In Russ.).

Материал поступил в редакцию / Received 26.10.2023
Принят к публикации / Accepted for publication 30.10.2023