
AQUATIC SCIENCES AND FISHERIES

DOI: <https://doi.org/>

Melikhov V.V.¹, Medvedeva L.N.^{2*}, Frolova M.V.³, Medvedev A.V.⁴

^{1,2,3} All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia;

² Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia;

⁴ STRELA LLC, Volgograd, Russia

* Corresponding author (milena.medvedeva2012[at]yandex.ru)

Received: 27.10.2022; Accepted: 15.11.2022; Published: 19.12.2022

BIOTECHNOLOGIES IN ENSURING THE QUALITY OF NATURAL WATER IN THE TSIMLYANSK RESERVOIR

Research article

Abstract

The article discusses the issues of the state of natural water in the Tsimlyansk reservoir, suggests biotechnology aimed at preserving biological resources and improving water quality. The main factors affecting the state of natural water are natural biological processes in reservoirs and active human activity. The Tsimlyansk reservoir has been experiencing a high anthropogenic load for many years, gradually losing its ability to self-repair. Heated and enriched with organic, mineral substances, the surface layer of water creates favorable conditions for the vital activity of problematic biogens, causes the rapid development of blue-green algae. Bioremediation allows for suspending the degradation of the fishery reservoir, the Tsimlyansk reservoir, with unique natural complexes. Developed at the All-Russian Scientific Research Institute of Hunting and Breeding Named After Professor B.M. Zhitkov (Volgograd, Russia) biotechnology, which is the introduction of *Chlorella vulgaris* IFR No. C 111 strain into the bays of the Tsimlyansk reservoir makes it possible to improve the sanitary and hygienic indicators of water, reduce the blooming effect, improve the species composition of biological aquatic and coastal resources.

Keywords: reservoirs, water quality, ecology, "water blooming", green and blue-green microalgae, zooplankton, biotechnology, *Chlorella vulgaris* strain IFR No. C-111.

Мелихов В.В.¹, Медведева Л.Н.^{2*}, Фролова М.В.³, Медведев А.В.⁴

^{1,2,3} Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград, Россия;

² Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия;

⁴ ООО Стрела, Волгоград, Россия

* Корреспондирующий автор (milena.medvedeva2012[at]yandex.ru)

Получена: 27.10.2022; Доработана: 15.11.2022; Опубликована: 19.12.2022

МОНИТОРИНГ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РЫБОВОДНЫХ ПРУДАХ

Научная статья

Аннотация

Современное комплексное использование водных ресурсов в Российской Федерации сложно представить без прудового рыбоводства. Управление экосистемой прудов и поддержание их на высокопродуктивном уровне можно достичь за счет установления определенных взаимоотношений между основными гидробионтами, оперативным подстраиваем пищевых цепочек под хозяйственные цели, регулярным наблюдением за качеством воды и биоресурсов. Антропогенное воздействие приводит к высокой концентрации водоемах азота, фосфора, хлорсодержащих веществ, являющиеся основой питания сине-зеленых водорослей, размножение которых приводит к эффекту цветения водоемов. С учетом возрастающей антропогенной нагрузки ключевыми требованиями к организации мониторинга становятся: мобильность, оперативность и автоматическая обработка данных. *Целью исследования* является формирование концептуальных подходов к поддержанию высокой продуктивности рыбоводных водоемов через проведение мониторинга и альголизацию. *Материал и методика.* Объектом исследования являются рыбоводные пруды ООО Прибой (Волгоградская область). Информационной базой послужили материалы по организации биосферного мониторинга, применению биотехнологий, а также экспедиций на рыбоводные пруды. Представлены результаты испытаний автоматизированного плавсредства для мониторинга водоемов, проведения альголизации водоемов. *Выводы.* Теоретическая значимость исследования заключается в обосновании концептуальных подходов к проведению биосферного мониторинга, использованию технических средств, позволяющих получать результаты мониторинга в

режиме онлайн; практическая – в увеличении доказательной базы применения *Chlorella vulgaris* в оздоровлении прудовых водоемов.

Ключевые слова: природные водоемы, аквакультура, биосферный мониторинг, рыбоводные хозяйства, качество воды, плавсредства, биоремедиация, *Chlorella vulgaris*.

1. Введение

Рыбоводство в России, как и в большинстве стран мира, относится к сельскому хозяйству и на него приходится, с учетом аквакультуры, 5,3 млн. тонны рыбы в год. Страна входит в пятерку лидеров по вылову и является одной из немногих стран, где благодаря научным подходам к искусственному воспроизводству увеличивается выпуск мальков водоемы [1]. На развитие прудового рыбоводства нацелена Программа: «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года», в цели которой входит: восстановление производственных баз, увеличение производства рыбной продукции, создание чистых линий основных видов промысловых рыб, внедрение умных технологий, разработка и производство сбалансированных кормов, оздоровление водоемов [2]. По данным статистики, большинство рыбы выращивается в Южном Федеральном округе – 63,5% от общего объема. Лидеры – Краснодарский край, Ростовская и Астраханская области [1]. Современное прудовое рыбоводство состоит из процессов: выращивания рыб в искусственных и естественных водоемах с применением комбикорма и систем УЗВ, проведение биосферного мониторинга качества атмосферы, воды и биоресурсов, оздоровление и очистка прудов, установка рыбовыпускных сооружений, рыбоходов, рыбоподъемников, линий по раздаче корма [1], [3]. В связи с усилением антропогенной нагрузки на водоемы, появлением эффекта «цветения воды», создаваемого сине-зелеными водорослями, важным становится организация биосферного мониторинга и проведение биоремедиации (альголизации, как одного из направлений). Выделяемые сине-зелеными водорослями токсины, обладают нейро-, иммуно-, мутагенностью, оказывающей угнетающее воздействие на зоопланктон и рыб. Для снятия «эффекта цветения» воды применяются механическая и биологическая очистка водоемов. В число биологических методов входит альголизация водоемов с помощью *Chlorella vulgaris* [4], [5]. Целью исследования стало определение концептуальных подходов к поддержанию высокой продуктивности рыбоводных водоемов, организация биосферного мониторинга и биоремедиация.

2. Материалы и методы

Качественная устойчивость пруда, сложившаяся пластичность пищевых отношений основных продуцентов, достигается за счет постоянного мониторинга атмосферы, воды, биоресурсов и целенаправленной деятельности человека [1]. Под мониторингом водоемов понимается описание и контроль воздушными, гидрохимическими и биологическими процессами, организация системы наблюдений (постов), анализ динамики поведения экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов. С учетом возрастающей хозяйственной деятельности человека ключевыми требованиями к организации мониторинга становятся: мобильность и оперативность, получаемой информации; автоматизация обработки и хранения данных, прогнозирование и стратегирование процессов [6], [7]. Для примера, гидрологический мониторинг обеспечивает постоянное наблюдение за состоянием водоемов, организацию оценки процессов природного и антропогенного генезиса, моделирование «водосбора – водотока», прогнозирование изменений в системе «водосбор – водный объект» [8]. Экологический мониторинг на рыбоводных водоемах позволяет оценивать биосферный статус или степень отклонения биоценоза от оптимального состояния, определять интенсивность воздействия антропогенных факторов, изменчивость климата. Исследования водоемов организуются по гидрохимическим, токсикологическим и микробиологическим показателям, имеющим важное значение для содержания рыб. Отраслевой стандарт (ОСТ 15.572-87), устанавливающий общие требования к оптимальным условиям выращивания рыбы, включает: качество воды по группе показателей: температура, pH, прозрачность, цветность, сестон (методика ВНИОХР, 1981); уровень кислорода, диоксида углерода, сероводорода, аммиака, нитритов, нитратов, фосфора, железа, БПК, хлоридов и сульфатов (методика ВНИИП, 1984); наличие взвешенных веществ (Лурье, 1973); численность микроорганизмов и сапрофитов (Антипчук, 1979). Установление экологически обоснованных норм поступления биогенных элементов в экосистему рыбоводных прудов проводится на основе изучения внутригодовой динамики содержания биогенных элементов в основном водохранилище, а также морфометрических показателей блока «водосбор – водоём»: площадь и коэффициент удельного водосбора, объём водоёма и коэффициент условного водообмена [6], [8]. Компьютерное моделирование состояния экосистемы пруда проводится на основе анализа всех уровней и нишей живых организмов. Для примера, в нагульных прудах фотосинтез фитопланктона протекает значительно интенсивнее, чем деструкция органических веществ, естественно, что и углекислый газ, находясь в наиболее удобной форме, используется фитопланктоном в процессе фотосинтеза. Бактериальные процессы минерализации органических веществ в водной толще и донных отложениях насыщают воду углекислым газом, в результате чего показатель pH сдвигается в кислую сторону. В утренние часы на рыбоводных прудах наблюдается кислая реакция воды, а в вечерние – щелочная. Газовый режим рыбоводного пруда теснейшим образом связан с биологическими процессами, протекающими в нём, для интенсивного развития микробиологических процессов требуется поддержание на определенном уровне: концентрации кислорода, азота и фосфора. Различают пруды, расположенные в естественных котловинах, и пруды, которые регулярно заполняются водой [9]. Исследования по организации мониторинга и альголизации прудов проводились в ООО «Прибой» (Быковский район, Волгоградская область). На балансе организации находятся несколько прудов, которые заполняются водой из водохранилища.

Таблица 1 – Пруды, находящиеся на балансе ООО «Прибой», Волгоградская область, 2022 г

Пруды	Кол-во	Площадь, га	Назначение
Нагульные действующие	4	297/255	Товарная рыба
Выростные	2	27	Посадочный материал
Мальковые	3	0,6	Подращивание малька
Маточные	3	0,6	Содержание РМС
Карантинные	2	0,4	Карантин
Зимовальные	5	1,0	Посадочный материал
Зимовальные садки	2	0,03	Товарная рыбы

В ходе экспедиции было проведено картирование прудов (опытного № 2 на схеме В, контрольного №1 на схеме А) с установлением постов наблюдения и зон вселения *Chlorella vulgaris* (рисунок 1); систематически проводилось взятие проб воды и биоматериалов (таблица 2,3).



Рис. 1 – Схема картирования прудов А (№1), В (№2) с установкой постов наблюдения и зон биоремедиации (1-8), ООО «Прибой», Волгоградская область, 2022

Таблица 2 – Показатели состояния воды в прудах ООО «Прибой», с мая по август 2022 год

Показатели	Контрольный пруд		Опытный пруд	
	Май-август	сред	Май-август	сред
pH	6,3 – 8,1	7,2	7,6 – 8,2	7,9
Растворенный кислород, мг O ₂ /дм ³	4,9 – 5,6	5,2	8,3 – 12,1	10,2
БПК _{полн.} , мгO ₂ /дм ³	0,5– 3,4	1,95	0,9 – 2,3	1,600
XПК, мгO/дм ³	8,4 – 23,9	16,1	12,1 – 25,6	18,6
NH ₄ ⁻ мг/дм ³	0,2 – 1,36	0,78	0,24 – 0,39	0,315
NO ₂ ⁻ мг/дм ³	0,006 – 0,037	0,022	0,006 – 0,020	0,013
P-PO ₄ ³⁻ мг/дм ³	0,03 – 0,08	0,055	0,03 – 0,59	0,31
Fe _{цп.} мг/дм ³	н/о-0,19	-	н/о-0,13	-
Σ биогенов мг/дм ³	3,599 – 5,091	4,345	2,919 – 2,935	2,927

Примечание: составлено авторами

Таблица 3 – Гидрофизические показатели прудов ООО «Прибой», 2022

Заливы	Месяц	t ^o C	Прозрачность, м	Растворенный кислород, мгO ₂ /дм ³
Контрольный пруд №1	июнь	20,9	0,7	6,3
	июль	27,2	0,7	7,2
	август	29,3	0,6	6,5
	сентябрь	19,0	0,6	8,1
Опытный пруд №2	июнь	21,6	0,6	8,9
	июль	26,3	0,6	8,7
	август	27,5	0,5	10,5
	сентябрь	18,0	0,5	14,1

Примечание: составлено авторами

Исследования показали, что содержание кислорода в опытном пруде №2 были выше нормы, в пределах от 8,7-14,1 мгО₂/дм³ Прозрачность воды была в пределах нормы, в опытном пруде №2 среднее значение составило 5,5 м. Расчет параметров вселения *Chlorella vulgaris* в пруд №2 проводился с помощью программ для ЭВМ «Система искусственного интеллекта для альголизации пресноводных водоемов Юга России штаммом *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 в расчете на площадь водного зеркала» (№ 2021617064 от 06.05.2021), «Моделирование параметров процесса альголизации водоема на основе определения степени адаптации *Chlorella Vulgaris* к воде природных и искусственных водоемов» (№ 2021680606 от 13.12.2021). Вселение проводилось с помощью плавсредства (патент на полезную модель 209044 U1, 31.01.2022). Вселение *Chlorella vulgaris* в опытный пруд №2 проводилось по схеме: март-апрель по 20 л суспензии; май – 40 л; июнь-август по 60 л на 1 га площади водного зеркала.

3. Результаты и обсуждение

В ходе исследования были получены определенные положительные результаты. Показатель «желательности» (далее – D), который представляет собой алгоритм перевода натуральных значений: концентрации кислорода, прозрачности воды, биомассы зеленых водорослей, зоопланктона, синезелёных водорослей, в единую числовую шкалу от 0 до 1, рассчитывается по формуле:

$$D = 0,169 + 0,0557 \ln(P) \quad (1)$$

где D – значение функции желательности в конце вегетационного сезона;

P – суммарная альголизация, литр /га,

D составил – 0,68, что указывает на высокую эффективность *Chlorella vulgaris* [10], [11]. Для биосферного мониторинга водоемов используются средства: термооксиметры, РН-метры, метеостанции, датчики уровня воды, надводные и подводные видеокамеры [6], [12], [13]. Стационарные посты мониторинга не позволяет охватить все водные объекты, их увеличение требует значительных материальных затрат на установку, обеспечение сохранности и работоспособности. Традиционные методы биосферного мониторинга с отбором проб и их анализом в стационарных или полевых лабораториях также имеют ряд упущений: отбор проб требует выдвижения к водному объекту квалифицированных сотрудников, использование лодочных средств и значительное количество приборов. Проведение анализа в мобильных лабораториях сокращает время, но требует больших затрат. Развитие умных технологий позволяет часть задач мониторинга передать роботизированным мобильным комплексам, способным проводить экспресс-анализ [6], [7], [12], [13]. На рынке представлены разработки зарубежных и российских компаний, позволяющие определять качество пресной и солёной водой в водоёмах. Готовым решением для мониторинга являются модули Smart Water PRO и Аква МП-700.010, способные проводить до 9 физико-химических анализов [13], [14]. В целях дальнейшего развития биосферного мониторинга на прудах ООО «Прибой» проводилось испытание, разработанного учеными ФГБНУ ВНИИОЗ и ВолгГТУ плавсредства с дистанционным управлением, способного в режиме онлайн проводить анализ воды по 16 параметрам (см. рисунок 2).



Рис. 2 – Модель автоматизированного плавсредства проведения мониторинга на водоемах

Примечание: источник – авторы

В качестве основы был выбран катамаран, который состоит из двух гидродинамически обтекаемых корпусов, обеспечивающих необходимый запас устойчивости. В рубке размещаются: блок-системы управления плавсредством с интегрированной системой геолокационного позиционирования; блок беспроводной передачи информации с датчиков на удаленное устройство. Управление плавсредством осуществляется с ПДУ или планшета по беспроводным каналам связи. Сигнал с датчиков передается на удаленное устройство, на котором в режиме реального времени отражаются измеряемые параметры. Проведенный мониторинг прудов показал, что содержание растворенного кислорода на опытном пруде №2 не опускалось ниже рыбохозяйственной нормы, составлял от 8.9 до 14.1 мг О₂/дм³ Максимальные показатели кислорода: 14.1 – 19,4 мг О₂/дм³ были отмечены после вселения *Chlorella vulgaris* в опытном пруде №2, по сравнению с контрольным №1. Наблюдалось снижение концентрации соединений азота и фосфора в 2,3 – 3,5 раза.

4. Заключение

Концептуально-методологические основы формирования биосферного мониторинга с картированием и выделением зон биоремедиации на водохозяйственных системах и рыбоводных прудах позволяют повысить

эффективность предпринимательской деятельности и обеспечить продвижение инноваций. Разработка автоматизированного плавсредства для проведения биосферного мониторинга позволит улучшить контроль за состоянием воды и биоресурсов в водоемах. Искусственный интеллект и предписывающая аналитика позволяют обеспечить управление прудовым бизнесом с учетом территориальных особенностей, технологий биоремедиации. Полученная в ходе исследования доказательная база применения штамма *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111 в оздоровлении водоемов, использовании в качестве живого корма, расширяет представления о биологических технологиях, применяемых в прудовом рыбоводстве. Результаты экспедиций на Волгоградское и Цимлянское водохранилище с 2019 по 2022 гг. докладывались на конференциях АКВАКУЛЬТУРА 2021, АКВАКУЛЬТУРА 2022 представлены в статьях, опубликованных в журналах, входящих в международные базы цитирований Google Scholar (GS), Web of Science (WoS) и Scopus [15].

Funding

This work was supported by the Administration of the Volgograd Region within the framework of scientific project No. 6 dated December 20, 2021 "Conceptual and methodological foundations for the formation of an ecological ecotone in water management systems with the construction of agent-based models of biospheric monitoring and bioremediation"

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 6 от 20 декабря 2021 года «Концептуально-методологические основы формирования экологического экотона на водохозяйственных системах с построением агент-ориентированных моделей биосферного мониторинга и биоремедиации».

Conflict of Interest

None declared.

Конфликт интересов

Не указан.

References

1. Мелихов В.В. Развитие прудового предпринимательства на конвергентной природосберегающей платформе / В.В. Мелихов, Ю.И. Сизов, Л.Н. Медведева и др. // Развитие и современные проблемы аквакультуры. – Ростов-на-Дону, 2021. – С. 45 - 49.
2. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года / М. : ФГБНУ Росинформагротех, 2019. – 68 с.
3. Муратова Е.Н. Организация прудового хозяйства: оценка доходности и перспективы развития / Е.Н. Муратова // International agricultural journal. – 2019. – №4. – С 195-203.
4. Богданов Н.И. Биологическая реабилитация водоёмов / Н.И. Богданов. – Пенза. – 2008 – 126 с.
5. Московец М.В. Особенности влияния штамма *Chlorella vulgaris* ИФР N C-111 на качество воды в прудовом рыбоводстве / М.В. Московец, Л.А. Птицына, А.Ю. Торопов // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 3. – С. 46 - 49.
6. Кропотова Н.А. Роботизированная платформа, обеспечивающая мониторинг обстановки на водных объектах / Н.А. Кропотова // NovaInfo. – 2020. – № 114. – С. 2- 4.
7. Исмаилов Г.Х. К вопросу создания ведомственной автоматизированной системы гидрологического мониторинга / Г.Х. Исмаилов // Природообустройство. – 2011. – № 3. – С. 43-46.
8. Гусева Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Т. В. Гусева [и др.]. – М. : Социально-экологический союз, 2000. – 148 с.
9. Овчарова А.Ю. Пруды Волгоградской области и их состояние / А.Ю. Овчарова, В.Ф. Лобойко, А.В. Лобойко // Нива Поволжья. – 2020. – № 2 (55). – 77-83.
10. Медведева Л.Н. Внедрение природосберегающих технологий – экологический императив в развитии регионов / Л.Н. Медведева // Вестник Волгу. Экономика. – 2019. – Т. 21. – С. 126 -140.
11. Торопов А.Ю. Использование кормовой добавки хлореллы при выращивании стерляди в прудовых хозяйствах / А.Ю. Торопов // Орошаемое земледелие. – 2020. – № 3. – С. 54-57.
12. Костин В.Е. Автоматизированная система управления многофункциональными устройствами докорма и защиты рыбы в прудовых хозяйствах / В.Е. Костин, А.В. Савчиц, А.С. Корнеев и др. – ВПИ (филиал) ВолгГТУ : Волгоград, 2018. – С. 48-50.
13. Ильин К. Разработка устройства для мониторинга состояния водоемов / К. Ильин, Д. Меркулов, В. Броздецкий и др. // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2012.– № 3 (123). – С. 101-103
14. Melikhov V. V. Tutorial for increasing the potential of microalgae in restoring the ecosystem of the Don River / V. V. Melikhov, L. N. Medvedeva, M. V. Moskovec et. al // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES).1069 (2022) 012030.
15. Medvedeva L. N. Research of natural functional ekotons in providing balanced development of the Tsimlyan reservoir in South Russia / L. N. Medvedeva // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1069. 2022. 012017.doi:10.1088/1755-1315/1069/1/012017

References in English

1. Melikhov V.V. Razvitie prudovogo predprinimatel'stva na konvergentnoj prirodosberegajushhej platforme [Development of pond entrepreneurship on a convergent nature-saving platform] / V.V. Melikhov, Yu.I. Sizov,

L.N. Medvedev et al. // Razvitie i sovremennye problemy akvakul'tury [Development and modern problems of aquaculture]. – Rostov-on-Don, 2021. – 45- 49 pp [in Russian].

2. Strategija razvitija rybohozajstvennogo kompleksa Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda [Strategy for the development of the fishery complex of the Russian Federation for the period up to 2030] / M. : Roicnformagrotech. – 2019. – 68 p [in Russian].

3. Muratova E. N. Organizacija prudovogo hozjajstva: ocenka dohodnosti i perspektivy razvitija [Organization of pond farming: profitability assessment and development prospects] / E. N. Muratova // International agricultural journal. – 2019. – №. 4 – P. 95-203 [in Russian].

4. Bogdanov N.I. Biologicheskaja reabilitacija vodojomov [Biological rehabilitation of reservoirs] / N.I. Bogdanov. – Penza. – 2008. – 126 p. [in Russian].

5. Moskovets M.V. Osobennosti vlijaniya shtamma *Chlorella vulgaris* IFR N C-111 na kachestvo vody v prudovom rybovodstve [Features of the influence of strain *Chlorella vulgaris* IGF N C-111 on water quality in pond fish farming] / M.V. Moskovets, L.A. Ptitsyna, A.Yu. Toropov // Oroschaemoe zemledelie [Irrigated agriculture]. – 2019. – №. 3. – P. 46 – 49 [in Russian].

6. Kropotova N.A. Robotizirovannaja platforma, obespechivajushhaja monitoring obstanovki na vodnyh ob'ektah [Robotic platform for monitoring the situation at water bodies] / N.A. Kropotova // NovaInfo. – 2020. – №. 114 – P. 2-4 [in Russian].

7. Ismailov G.Kh. K voprosu sozdaniya vedomstvennoj avtomatizirovannoj sistemy gidrologicheskogo monitoringa [On the issue of creating a departmental automated system of hydrological monitoring] / G.Kh. Ismailov // Prirodoobustrojstvo [Nature Engineering]. – 2011. – № 3 – P. 43-46 [in Russian].

8. Guseva T.V. Gidrohimicheskie pokazateli sostojanija okruzhajushhej sredy: spravochnye materialy [Hydrochemical indicators of the state of the environment: reference materials] / T.V. Guseva [et al.] // M. : Social'no-jekologicheskij sojuz [Socio-ecological union], 2000. – 148 p [in Russian].

9. Ovcharova A.Yu. Prudy Volgogradskoj oblasti i ih sostojanie [Ponds of the Volgograd region and their condition] / A.Yu. Ovcharova, V.F. Loboiko, A.V. Loboiko // Niva Povolzhya. – 2020. – № 2 – P. 77-83 [in Russian].

10. Medvedeva L. N. Avtomatizirovannaja sistema upravlenija mnogofunkcional'nymi ustrojstvami dokorma i zashhity ryby v prudovyh hozjajstvah [Implementation of nature-saving technologies is an environmental imperative in the development of regions] / L. N. Medvedeva // Volgograd State University. Economy. – 2019 – Vol. 21 – P. 126 -140 [in Russian].

11. Toropov A.Yu. Ispol'zovanie kormovoj dobavki hlorelly pri vyrashhivanii sterljadi v prudovyh hozjajstvah [The use of chlorella feed additive in the cultivation of sterlet in pond farms] / A.Yu. Toropov // Oroschaemoe zemledelie [Irrigated agriculture]. – 2020 – № 3 – P. 54-57[in Russian].

12. Kostin V.E. Avtomatizirovannaja sistema upravlenija mnogofunkcional'nymi ustrojstvami dokorma i zashhity ryby v prudovyh hozjajstvah [Automated control system for multifunctional devices for feeding and protecting fish in pond farms] / V.E. Kostin, A.V. Savchits, A.S. Korneev et al. // Volgograd : VPI (branch) VolgGTU, 2018. – 48-50 pp [in Russian].

13. Ilyin K. Razrabotka ustrojstva dlja monitoringa sostojanija vodoemov [Development of a device for monitoring the state of water bodies] / K. Ilyin, D. Merkulov, V. Brozdetsky et al. // Ispol'zovanie i ohrana prirodnyh resursov v Rossii [Use and protection of natural resources in Russia]. – 2012 – № 3 (123) P. – 101-103 [in Russian].

14. Melikhov V. V. Tutorial for increasing the potential of microalgae in restoring the ecosystem of the Don River / V. V. Melikhov, L. N. Medvedeva, M. V. Moskovec et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES).1069 (2022) 12030

15. Medvedeva L. N. Research of natural functional ekotons in providing balanced development of the Tsimlyan reservoir in South Russia / L. N. Medvedeva // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1069 2022. 012017.doi:10.1088/1755-1315/1069/1/012017