

УДК 639.3.043.2

DOI: 10.35809/2618-8279-2020-3-9

ХЛОРЕЛЛА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО КОРМОВОГО ИНГРЕДИЕНТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СТЕРЛЯДИ

CHLORELLA AS AN ALTERNATIVE FEED INGREDIENT WHEN GROWING STERLET

М.В. Фролова, кандидат биологических наук,
М. В. Московец,
А.Ю. Торопов

M.V. Frolova, candidate of biological sciences,
M.V. Moskovets,
A.Yu. Toropov

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture

В настоящее время на фоне крайне слабого развития товарного рыбоводства наблюдается истощение биоресурсов в рыбохозяйственных водоемах, которые являются основными источниками рыбы. На рост и развитие рынка отечественной аквакультуры оказывает влияние нерациональное использование водной экосистемы, антропогенное воздействие и браконьерство. В совокупности эти и другие факторы влияют и на снижение численности осетровых, наиболее ценных видов пресноводных рыб. В статье рассмотрено деструктивное воздействие синезеленых водорослей на качество прудовой воды и обоснованы причины снижения продуктивных показателей рыбы. Предложен научный метод предотвращения развития синезеленых водорослей (цианобактерий) за счет вселения в водоемы зеленой микроводоросли хлореллы, способной восстанавливать водный баланс за счет структурных изменений фитопланктоценозов. При этом важное место отводится научному подходу к использованию хлореллы в качестве высококачественного кормового ингредиента, способного полностью удовлетворять потребность в кормовых ресурсах для аквакультуры. Описана методика применения предложенной биотехнологии с учетом бинарного влияния биомассы *Chlorella vulgaris* на негативные процессы «цветения» водоема посредством улучшения гидробиологического и гидрохимического режимов экосистемы прудов в совокупности с восстановлением кормового ресурса для зоопланктона, способствующих увеличению показателей продуктивности стерляди. В результате проведения научно-исследовательской работы получены существенные результаты по биоремедиации водной среды в прудовом фермерском хозяйстве, также отмечен положительный эффект по продуктивным показателям стерляди, ее сохранности. Следовательно, практическое освоение приведенной биотехнологии в прудовых хозяйствах позволит привести к созданию экологически благоприятных условий для жизнедеятельности водной экосистемы, что положительно скажется на увеличении запасов пресноводных ценных пород рыб и расширению ассортимента выпускаемой рыбоводной продукции.

Currently, against the background of extremely weak development of commercial fish farming, there is a depletion of biological resources of fisheries reservoirs, which are the main sources of fish. The sustainable growth and development of the domestic aquaculture market is influenced by the irrational use of the aquatic ecosystem, anthropogenic impact and poaching. Together, these and other factors affect the decline in the number of sturgeon, the most valuable species of freshwater fish. The article considers the destructive influence of blue-green algae on the quality of pond water and explains the reasons for the decrease in fish productivity. The proposed research method for preventing the development of blue-green algae (cyanobacteria) by introducing green microalgae of *Chlorella* into reservoirs is highly rated as capable of restoring the water balance due to structural changes in phytoplankton. At the same time, a scientific approach to the use of *Chlorella* as a high-quality feed ingredient that can fully meet the need for feed resources for aquaculture is important. A method for applying the proposed biotechnology is proposed, taking into account the binary effect of common *Chlorella vulgaris* biomass on the negative processes of «blooming» of the reservoir by improving the hydrobiological and hydrochemical regime of the ecosystem of reservoirs in combination with the restoration of the feed resource for zooplankton, which increases the productivity of sterlet. As a result of the research work, significant results were obtained on the bioremediation of the aquatic environment in the pond economy, as well as a positive effect on the productive indicators of sterlet and its safety. Therefore, practical development of this biotechnology in fish farms will lead to the creation of ecologically favorable conditions for vital aquatic ecosystems that have a positive impact on the increase of the freshwater fish and expanding range of fish products.

Ключевые слова: аквакультура, стерлядь, хлорелла, сохранность, биомасса водорослей, «цветение» воды, фитопланктон, зоопланктон, дафнии, кормовой ресурс, экологически чистая продукция.

Key words: aquaculture, sturgeon, *Chlorella*, safety, and the biomass of the algae «bloom» of water, phytoplankton, zooplankton, *Daphnia*, feed resource, environmentally friendly products.

Введение. Для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации среди других отраслей сельскохозяйственного производства особое место отводится рыбному хозяйству, в частности, аквакультуре [2, 3]. Отдельный интерес в этом аспекте представляет пресноводная рыба стерлядь – новая для наших водоемов рыба из семейства осетровых. Особь достигает веса до десяти килограммов, длина до 65 сантиметров, бывает и больше, но в редких случаях. Запасы этой рыбы сильно сокращаются в морях и океанах, поэтому сейчас ее разводят в искусственных водоемах и промышленных условиях. Главными благоприятными условиями для выращивания стерляди являются: температура воды, которая должна быть около 20-21°C, pH 6,5-7,5, насыщение воды кислородом 100-150%, содержание аммония до 0,5 мг/л, нитритов до 0,2 мг/л, нитратов до 100 мг/л., реализация товарной стерляди может быть при достижении ее массы около 500 г [6, 7].

Для устойчивого роста и развития рынка пресноводных рыб появился спрос на поиск и создание экономически более выгодных, но в то же время высококачественных кормов, которые позволили бы полностью удовлетворять потребность в кормовых ресурсах для аквакультуры [11]. Улучшение кормовой базы рыбхозов тесно связано с вселением в них определенных организмов растительного (фитопланктон) и животного (зоопланктон) происхождения, входящих в рацион промысловых видов рыб. Кормовые организмы не только вселяют в водоемы, но и разводят для последующего кормления рыб разного возраста, как в прудовых, так и в индустриальных условиях [7]. В некоторых проведенных ранее исследованиях учеными было отмечено, что включение водорослей в рационы рыб улучшает показатели роста, эффективность использования корма, кишечную микробиоту, качество туши и физиологическую активность [8, 15]. Популярность использования микроводорослей в аквакультуре корма увеличивается с каждым днем благодаря их соответствующему размеру, высокой питательной ценности и скорости роста, антиоксидантным и антибактериальным свойствам, устойчивости к заболеваниям, а также из-за высокого содержания в них незаменимых полиненасыщенных жирных кислот. В ходе некоторых экспериментов отмечено вероятное преимущество кормления рыбы водорослями, при этом мясо рыбы имеет так называемый естественный речной вкус (для пресноводной рыбы/креветок). Ведь дикая рыба, потребляя водоросли, из которых она получает питательные вещества, формирует лучшее соотношение омега-3:омега-6 в рыбьем жире и

действительно приобретает этот вкус. В отличие от этого, рыба, питающаяся растительными белками, такими как соевая мука или кукурузная мука, содержит низкие уровни омега-3 с эйкозапентаеновыми жирными кислотами и относительно высокий уровень омега-6 арахидоновых жирных кислот [10].

Но не все водоросли являются полезными, при эвтрофикации водных объектов появляется большое количество синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды. Если концентрация биомассы этих водорослей достигает 100 мг/л сухого вещества и более, то снижается содержание кислорода в водоеме, усиливаются процессы разложения. В результате накапливаются органические вещества и продукты их распада, в том числе и токсичные, что приводит к заболеваниям и массовым заморам рыбы [12]. В целях предотвращения этих явлений учеными ФГБНУ ВНИИОЗ (Волгоград) разработана биотехнология применения высокопродуктивных водорослей, которые используются в качестве ингредиента в кормлении рыб, не токсичны и безопасны как для рыб, так и для людей. К таким относится представитель многочисленного семейства микроскопических водных растений из зеленых водорослей хлореллы, имеющая высокую питательную ценность [4].

Хлорелла (*Chlorella vulgaris*) является богатым источником белков, витаминов (комплекс В и аскорбиновая кислота), минеральных веществ (калий, натрий, магний, железо и кальций), β-каротина, хлорофилла и других полезных веществ [15]. Кроме того, формы клеток хлореллы (6-9 мкм) округлые и овальные, что позволяет заполнить вакуум в водной пищевой цепи, поскольку хлорелла вполне способна выступать доступным кормом для зоопланктона, мальков определенных видов рыб, креветок, ракообразных и декоративных видов рыб, личинок беспозвоночных [9].

Экспериментальные корма, содержащие *Chlorella vulgaris*, получили некоторый успех в кормлении севрюги, нильской тилапии, африканского сома, оливковой камбалы, карася, креветок и оливковой камбалы [1, 10, 13, 14]. *C. vulgaris* была показана как эффективный и легкоусвояемый источник каротиноидного пигмента у радужной форели.

Эти факты делают микроводоросль перспективным ингредиентом для корма аквакультуры [14].

Несколько исследований подтвердили, что богатая пищевая ценность *C. vulgaris*, особенно с точки зрения состава жирных кислот, оказывает защиту организма рыб и креветок от стрессовых воздействий окружающей среды. Было высказано предположение, что рационы, обогащенные незаменимыми жирными кислотами, могут улучшить переносимость гипоксии у рыб через влияние на поведение, физиологию дыхания и скорость метаболизма [16]. Еще одной не менее важной особенностью микроводоросли хлореллы является снижение активности синезеленых водорослей за счет структурных изменений фитопланктоценозов [4].

Целью данной работы являлось изучение влияния суспензии хлореллы как кормовой добавки при выращивании стерляди на ее продуктивность и сохранность, с акцентом на экологические требования и биоремедиацию водной среды в прудовом фермерском хозяйстве.

Материалы и методы. Научная работа проводилась на базе ФГУП «Медведицкий экспериментальный рыбоборозводный завод» (Волгоградская область), в 2019 году по схеме адаптации штамма *Chlorella vulgaris* и общепринятым методикам. Анализируемые показатели при проведении исследования: гидрохимический и гидробиологический составы воды, прирост и сохранность стерляди, каждый анализ проводился согласно общепринятым методическим указаниям [5, 7]. Для сравнительного анализа гидрохимического режима использовались нормативы, разработанные Е.Н. Пономаревой, а также применялись руководства по искусственному воспроизводству осетровых рыб, подготовленные М.С. Чебановым, консультантом ФАО по рыбному хозяйству. Отбор проб воды на химический анализ и гидробиологию проводился по общепринятым методикам [7]. Исследуемые водоемы по объему и площади идентичны: контрольный пруд № 2, площадь водного зеркала – 12 га; пруд опытный № 3, площадь зеркала – 13 га. В ходе проведения исследований вначале осуществлялась адаптация штамма *Chlorella vulgaris* ИФП №С-111 к воде вселяемого

Таблица 1 – Биомасса водорослей в опытном пруду №3 (мг/л)

Наименование	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Синезеленые	0,322	0,425	0,433	0,400	0,321	0,201
Зеленые	0,489	0,698	1,305	2,300	2,580	2,810

Таблица 2 – Биомасса водорослей в контрольном пруду №2 (мг/л)

Наименование	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Синезеленые	0,315	0,560	0,740	0,900	1,100	1,188
Зеленые	0,498	0,641	0,509	0,410	0,370	0,310

водоема – опытного пруда № 3. Отбор проб воды для гидрохимических и гидробиологических анализов проводился в опытном пруду № 3, где вселялась хлорелла, а также в контрольном пруду № 2, период отбора – один раз в месяц (с апреля по октябрь)

Культивирование хлореллы проводили в лаборатории ФГБНУ ВНИИОЗ по запатентованной технологии. В течение опытного периода происходило наблюдение за влиянием хлореллы на состояние природного планктона в стадии «цветения» воды, за изменением гидрохимических показателей ее качества, количества растворенного кислорода в воде, интенсивностью развития зеленых водорослей и зоопланктона, за показателями продуктивных качеств и сохранностью стерляди.

Для проведения опытов использовали стерлядь с массой навески 5,2 грамма. Взвешивание посадочного материала стерляди проводилось до вселения хлореллы в опытный и контрольный пруды, а также по окончании исследуемого периода (апрель-октябрь) с помощью электронных весов. Во время проведения эксперимента для стерляди использовалась естественная кормовая база водоемов: планктон (фитопланктон, зоопланктон). В опытный пруд вселяли суспензию хлореллы ежемесячно с апреля по сентябрь в количестве 40 литров на 1 га площади зеркала с интервалом в 15 дней, всего за весь период внесено хлореллы в опытный пруд 3120 литров.

Результаты и обсуждение. Пробы воды на гидрохимические и гидробиологические показатели в прудах отбирались в исследуемый период и оценивались по нормативам качества воды и водных объектов рыбохозяйственного значения [7]. В результате проведенных исследований выявлено снижение концентрации синезеленых водорослей в опытном пруду, что положительно сказалось на динамике гидрохимических показателей воды данного пруда. Однако численность синезеленых водорослей в контрольном пруду показала увеличение биомассы (таблицы 1, 2).

Анализируя данные по гидрохимическим показателям из опытного пруда, стоит отметить, что исследуемые ком-

Таблица 3 – Гидрохимические показатели воды исследуемых прудов

Наименование показателей	Количество наблюдений	Контрольный пруд № 2 (среднее за 5 наблюдений)	Опытный пруд № 3 (среднее за 5 наблюдений)	Значение ПДК (мг/дм ³)
Температура воды t°С	5	18-25	18-25	18-25
Водородный показатель рН (мг/дм ³)	5	7,0-7,8	7,0-7,5	6,5-7,5
Насыщение кислородом %	5	100	97	100
Аммоний (мг/дм ³)	5	0,5	0,45	0,5
Нитриты (мг/дм ³)	5	0,25	0,16	0,08-0,2
Нитраты (мг/дм ³)	5	123	100	100

Таблица 4 – Результаты исследований вселения хлореллы в опытный пруд

№ п/п	Наименование	Контрольный пруд № 1	Опытный пруд № 3
2	Средняя навеска стерляди, посадочный материал, г.	5,2	5,2
3	Период наблюдения, дней	180	180
4	Средняя навеска стерляди в конце опыта, г	480	520
5	Прибавка в граммах	374,8	514,8
6	Увеличение в сравнении с контролем в %	-	37,3
7	Выживаемость, %	75,3	88,6

поненты варьировали в узком диапазоне ПДК, и явных тенденций к росту не наблюдались. Показатели гидрохимии контрольного пруда оказались несколько выше норматива рН, насыщение кислородом ниже предельно допустимых концентраций, и выявлено превышение нитратов и нитритов (таблица 3).

При взвешивании навески стерляди после окончания исследуемого периода получено значительное увеличение продуктивных показателей в опытном пруду (514,8 грамма) в сравнении с контролем (374,8 грамма) (таблица 4).

Показатели сохранности стерляди также оказались выше в опытном пруду (88,6%), чем в контрольном (75,3%).

Заключение. По результатам вселения хлореллы (штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111) в опытный пруд № 3 на базе КФХ Лозина Я.В. (Волгоградская область) в 2019 году было установлено положительное влияние на качество воды в водоеме. Применение хлореллы позволило снизить концентрацию аммония, нитритов и стабилизировать их на безопасном для рыб уровне, повысить уровень кислорода, обеспечить экологическое и биологическое равновесие в опытном водоеме. Так как хлорелла является исключительным кормом для зоопланктона, дафний, вселение ее в опытный пруд в течение исследуемого периода позволило увеличить массу навески стерляди в сравнении с контрольной на 37,3%. Отмечено также повышение иммунитета, снижение вероятности отравлений и хронических заболеваний, что, соответственно, сказалось на увеличении сохранности опытной группы в 13,3%. Полученные результаты доказывают, что использование суспензии хлореллы может быть рекомендовано фермерским прудовым хозяйствам при выращивании стерляди в целях увеличения рыбопродуктивности и снижения сроков получения экологически безопасной рыбной продукции.

Библиографический список

1. Абросимова, Н.А. Продуктивное действие хлореллы *Chlorella vulgaris* beyer в составе стартового комбикорма севрюги / Н.А. Абросимова, Т.В. Арутюнян // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2019. – № 7 (162). – С. 50-55.
2. Абросимова Н.А. Состояние и перспективы развития осетроводства на юге России / Н.А. Абросимова, Л.М. Васильева // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. 2016. № 32. – С. 135-146.
3. Васильева, Л.М. Роль товарного рыбоводства в формировании продовольственного ресурса Южного федерального округа / Л.М. Васильева, Н.В. Судакова, Н.А. Абросимова,

Bibliographic list

1. Abrosimova, N. A. Productive action of *Chlorella vulgaris* beyer as a part of the starter feed of Sevryuga / N. A. brosimova, T. V. Harutyunyan. // Fish farming and fisheries. 2019, no. 7 (162), pp. 50-55.
2. Abrosimova, N. A. State and prospects of development of sturgeon breeding in the South of Russia / N.A. Abrosimova, L.M. Vasilyeva // Issues of fisheries in Belarus. 2016. – No. 32. – Pp. 135-146.
3. Vasilieva, L.M. Role of commercial fisheries in the formation of the food resource of the Southern federal district / L.M. Vasilieva, N.In. Sudakova, N.A. Abrosimova, S.S. Abrosimov //

С.С. Абросимов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК. – 2016. – № 3 (11). – С. 38-43.

4. Мелихов, В.В. Экологическая оценка современной биотехнологии улучшения качества поливной воды для агроландшафтов Волго-Донского междуречья / В.В. Мелихов, М.В. Фролова, А.А. Зибаров, М.В. Московец // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. – № 3(55). – С. 94-101.

5. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения // составители сборника М.В. Соколова, М.В. Медянкина, С.Н. Анисова, А.Т. Лебедев. – М.: Изд-во ВНИРО, 2011. – 257 с.

6. Рыба стерлядь. cicon.ru. Дата обращения 16 ноября 2019. <https://cicon.ru/acipenser-ruthenus-kk.html>

7. Чебанов, М.С. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб. Продовольственная и сельскохозяйственная программа организации ООН. Анкара, 2013, 558 / М.С. Чебанов. Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству.

8. Andrade L.M., Andrade C.J., Dias M, et al. Chlorella and spirulina microalgae as sources of functional foods, nutraceuticals, and food supplements; an overview // *MOJ Food Process Technol.* 2018. Vol. 6(1), pp. 45-58. DOI: 10.15406/mojfpt.2018.06.00144

9. Ahmad M. T., Shariff M., Yusoff F. Md., Goh Y. M., Banerjee S. Applications of microalga *Chlorella vulgaris* in aquaculture // *Reviews in Aquaculture.* 2020, vol. 12, pp. 328-346 <https://doi.org/10.1111/raq.12320>

10. Enyidi U.D. *Chlorella vulgaris* as Protein Source in the Diets of African Catfish *Clarias gariepinus* // *Fishes.* 2017, vol. 2, p. 17.

11. Kiron V., Phromkunthong W., Huntley M., Archibald G., Scheemaker G.D. Marine microalgae from biorefinery as a potential feed protein source for Atlantic salmon, common carp and whiteleg shrimp // *Aquacult. Nutr.* 2012, vol.18 (5): 521-531 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00923.x>

12. Merel S., Walker D., Chicana R., Snyder S., Baures E., Thomas O. State of knowledge and concerns on cyanobacterial blooms and cyanotoxins // *Environment International.* – 2013. – Sep. – Vol. 59. – Pp. 303-327.

13. Pakravan S, Akbarzadeh A, Sajjadi MM, Hajimoradloo A, Noori F. *Chlorella vulgaris* meal improved growth performance, digestive enzyme activities, fatty acid composition and tolerance of hypoxia and ammonia stress in juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* // *Aquacult Nutr.* – 2017. – Vol. 24 (1). – Pp. 1–11. <https://doi.org/10.1111/anu.12594>

14. Radhakrishnan S., Saravana B. P., Seenivasan C., Muralisankar T. Effect of dietary replacement of fishmeal with *Chlorella vulgaris* on growth performance, energy utilization and digestive enzymes in *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae // *International Journal of Fisheries and Aquaculture.* 2015. – Vol. 7. – No. 5. – Pp. 62-70.

15. Roy, S.S., Pal, R. Microalgae in Aquaculture: A Review with Special References to Nutritional Value and Fish Dietetics // *Proc Zool Soc.* 2015. – Vol. 68. – Pp. 1-8. <https://doi.org/10.1007/s12595-013-0089-9>

16. Shah, M.R., Lutz, G.A., Alam, A. et al. Microalgae in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry // *J Appl Phycol.* 2018. – Vol. 30. – Pp. 197-213. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1234-z>

Technology food processing industry agro-industries. 2016. – No. 3(11). – Pp. 38-43.

4. Melikhov, V. V. Ecological estimation of modern biotechnology improve the quality of irrigation water for agricultural lands of the Volga-Don interfluvium / V.V. Melikhov, M.V. Frolov, A.A. Zibarev, M.V. Moskovets // *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.*, 2019. – No. 3 (55) – Pp. 94-101.

5. Standards of water quality of water objects of fishery significance, including standards of maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water objects of fishery significance // *Compilers of the collection M. V. Sokolov, M. V. Medyankina, S. N. Anisova, A. T. Lebedev.* – M.: VNIRO publishing house, 2011. – 257 p.

6. Fish sturgeon. cicon.ru. Accessed November 16, 2019. <https://cicon.ru/acipenser-ruthenus-kk.html>

7. Chebanov, M. S. Guide to artificial reproduction of sturgeon fish. UN food and agriculture programme Ankara, 2013, 558. – M. S. Chebanov FAO technical report on fisheries.

8. Andrade L.M., Andrade C.J., Dias M, et al. Chlorella and spirulina microalgae as sources of functional foods, nutraceuticals, and food supplements; an overview // *MOJ Food Process Technol.* 2018. – Vol. 6(1). – Pp. 45-58. DOI: 10.15406/mojfpt.2018.06.00144. -

9. Ahmad M. T., Shariff M., Yusoff F. Md., Goh Y. M., Banerjee S. Applications of microalga *Chlorella vulgaris* in aquaculture // *Reviews in Aquaculture.* 2020. – Vol. 12/ – Pp. 328-346 <https://doi.org/10.1111/raq.12320>

10. Enyidi U.D. *Chlorella vulgaris* as Protein Source in the Diets of African Catfish *Clarias gariepinus* // *Fishes.* 2017/ – Vol. 2. – P. 17.

11. Kiron V., Phromkunthong W., Huntley M., Archibald G., Scheemaker G.D. Marine microalgae from biorefinery as a potential feed protein source for Atlantic salmon, common carp and whiteleg shrimp // *Aquacult. Nutr.* 2012. – Vol.18 (5): 521-531 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00923.x>

12. Merel S., Walker D., Chicana R., Snyder S., Baures E., Thomas O. State of knowledge and concerns on cyanobacterial blooms and cyanotoxins // *Environment International.* 2013. – Sep. – Vol. 59. – Pp. 303-327.

13. Pakravan S, Akbarzadeh A, Sajjadi MM, Hajimoradloo A, Noori F. *Chlorella vulgaris* meal improved growth performance, digestive enzyme activities, fatty acid composition and tolerance of hypoxia and ammonia stress in juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* // *Aquacult Nutr.* 2017/ – Vol. 24 (1). – Pp. 1–11. <https://doi.org/10.1111/anu.12594>

14. Radhakrishnan S., Saravana B. P., Seenivasan C., Muralisankar T. Effect of dietary replacement of fishmeal with *Chlorella vulgaris* on growth performance, energy utilization and digestive enzymes in *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae // *International Journal of Fisheries and Aquaculture.* 2015. – Vol. 7. – No. 5. – Pp. 62-70.

15. Roy, S.S., Pal, R. Microalgae in Aquaculture: A Review with Special References to Nutritional Value and Fish Dietetics // *Proc Zool Soc.* 2015. – Vol. 68. – Pp. 1–8. <https://doi.org/10.1007/s12595-013-0089-9>

16. Shah, M.R., Lutz, G.A., Alam, A. et al. Microalgae in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry // *J Appl Phycol.* 2018. – Vol. 30. – Pp. 197-213. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1234-z>

Дополнительные сведения об авторах:

Фролова Мария Викторовна, старший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций, vnioz-algo@yandex.ru

Московец Мария Васильевна, старший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций, vnioz-algo@yandex.ru

Торопов Алексей Юрьевич, научный сотрудник отдела оросительных мелиораций, vnioz-algo@yandex.ru

Additional information about the authors:

Maria V. Frolova, senior researcher of the irrigation reclamation department, vnioz-algo@yandex.ru

Maria V. Moskovets, senior researcher of the department of irrigation reclamation, vnioz-algo@yandex.ru

Alexey Ju. Toropov, researcher of the irrigation department melioration, vnioz-algo@yandex.ru