



РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ДОЧЕРНЕЕ УНИТАРНОЕ  
ПРЕДПРИЯТИЕ «ИНСТИТУТ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА  
РЕСПУБЛИКАНСКОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
"НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ ПО ЖИВОТНОВОДСТВУ"»

# **ВОПРОСЫ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛАРУСИ**

*Сборник научных трудов  
(включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь  
для опубликования результатов диссертационных исследований)*

Основан в 1957 году

**Выпуск 37**

Минск  
«ИВЦ Минфина»  
2022

В сборнике публикуются научные материалы ихтиологических, рыбохозяйственных и гидробиологических исследований, проводимых в Республике Беларусь и других странах. Особое внимание уделено разработке новых технологий прудового рыбоводства, селекционно-племенной работе с карпом и изучению новых перспективных объектов рыбоводства. Также освещены вопросы кормления рыбы, профилактики заболеваний, оценки качества среды естественных водоемов и рационального природопользования.

Издание рассчитано на специалистов в области рыбного хозяйства, научных сотрудников, преподавателей и студентов учебных заведений биологического и аграрного профиля.

*Рецензенты:*

академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, первый заместитель генерального директора РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», сельскохозяйственные науки (Жодино, Беларусь) — *Шейко И. П.*;

профессор, доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой гидробиологии и общей экологии ГОЭ ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» (Астрахань, Россия) — *Зайцев В. Ф.*



REPUBLICAN DAUGHTER UNITARY ENTERPRISE  
«FISH INDUSTRY INSTITUTE» OF THE REPUBLICAN  
UNITARY ENTERPRISE  
"SCIENTIFIC AND PRACTICAL CENTER OF THE BELARUS  
NATIONAL ACADEMY FOR SCIENCES  
ON ANIMAL HUSBANDRY"»

# BELARUS FISH INDUSTRY PROBLEMS

*Collected transactions*

*(included in the List of scientific publications of the Republic of Belarus  
for publishing the results of dissertation research)*

Founded in 1957

**37<sup>th</sup> issue**

Minsk  
«IVC Minfina»  
2022

This collection contains articles on ichthyology, aquaculture, fisheries research and hydrobiology in Belarus and other regions. The main focus on the development of new technologies of pond pisciculture, selection and breeding work with carp and studies of the new perspective pisciculture objects. The problems of fish feeding, diseases prophylaxis, estimation of the quality habitat of the natural ponds and rational nature management are discussed as well.

The edition is purposed for fish industry experts, scientific workers, teachers and students of the biological and agricultural educational institutions.

*Reviewers:*

Mr. Emeritus Professor, Agriculture, First deputy head of the Center, RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (Zhodino, Belarus) — *Ivan Sheiko*

emeritus professor, PhD in Agriculture, honored researcher, head of department of hydrobiology and general ecology, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia — *Vyacheslav Zaitsev*

### **Главный редактор:**

**Агеец Владимир Юльянович** — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»

### **Редакционная коллегия:**

**Костоусов Владимир Геннадьевич** — заместитель главного редактора кандидат биологических наук, доцент, заместитель директора по научной работе РУП «Институт рыбного хозяйства»

**Шейко Иван Павлович** — академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, первый заместитель генерального директора РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», сельскохозяйственные науки (зоотехния)

**Васильева Лидия Михайловна** — доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии, зоологии и аквакультуры ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», сельскохозяйственные науки (зоотехния)

**Барулин Николай Валерьевич** — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой ихтиологии и рыбоводства УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», сельскохозяйственные науки (зоотехния)

**Крылов Александр Витальевич** — доктор биологических наук, профессор, директор ФГБУН «Институт биологии внутренних водим. И.Д. Папанина Российской академии наук», биологические науки

**Семенченко Виталий Павлович** — член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией гидробиологии ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», биологические науки

**Михеева Тамара Михайловна** — доктор биологических наук, профессор научно-исследовательской лаборатории гидробиологии биологического факультета УО «Белорусский государственный университет», биологические науки

**Таразевич Елена Васильевна** — доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», сельскохозяйственные науки (зоотехния)

**Адамович Борис Владиславович** — кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией гидроэкологии биологического факультета учреждения образования «Белорусский государственный университет», биологические науки

**Гребнева Елена Ивановна** — кандидат ветеринарных наук, главный специалист Отделения аграрных наук Национальной академии наук Беларуси, биологические науки

**Ризевский Виктор Казимирович** — кандидат биологических наук, доцент лаборатории ихтиологии ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», биологические науки

**Марцуль Ольга Николаевна** — ответственный секретарь кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь РУП «Институт рыбного хозяйства»



### Editor-in-Chief

**Uladzimir Aheyets** — Professor, Agriculture, Head of the RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry»

### Редакционная коллегия

**Vladimir Kostousov** — Associate Editor-in-Chief — PhD in Biology, deputy director, associate professor, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry»

**Ivan Sheiko** — Mr. Emeritus Professor, Agriculture, First deputy head of the Center, RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry», agricultural sciences (zooengineering)

**Lyudmila Vasilyeva** — Professor, Agriculture, Department of biotechnology, zoology and aquaculture, Astrakhan Stat University”, agricultural sciences (zooengineering)

**Nikolai Barulin** — PhD in Agriculture, associate professor, Head of Department of ichthyology and fish farming, Belarusian State Agriculture Academy, agricultural sciences (zooengineering)

**Alexandr Krylov** — Professor, Biology, Head of the institute, Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, biological sciences

**Vitaliy Semenchenko** — Mr. Emeritus Professor, Biology, Leader of the Researcher of hydrobiology, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, biological sciences

**Tamara Mikheeva** — Professor, Biology, research department of hydrobiology, Belarusian State University, biological sciences

**Elena Tarazevich** — Professor, Agriculture, Department of Technology and Technical Support of Agricultural Processing, Belarusian State Agrarian Technical University, agricultural sciences (zooengineering)

**Boris Adamovich** — PhD in Biology, associate professor, Leader of the Research of hydrobiology, Belarusian State University”, biological sciences

**Elena Hrebneva** — PhD in Veterinary Medicine, parasitology, researcher manager, Departments of Agrarian Sciences, The National Academy of Sciences of Belarus, biological sciences

**Victor Rizevski** — PhD in Biology, associate professor, Leader of the Research of ichthyology, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, biological sciences

**Volha Martsul** — PhD in Agriculture, Scientific Secretary, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry”, agricultural sciences (zooengineering)

# **ВОПРОСЫ СЕЛЕКЦИИ И ПЛЕМЕННОЙ РАБОТЫ**



Л.М. Васильева<sup>1</sup>, Д.К. Магзанова<sup>1</sup>, Н.В. Судакова<sup>2</sup>, А.З. Анохина<sup>1</sup>,  
С.А. Гуцуляк<sup>1</sup>, И.В. Кукушкина<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», Астрахань, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет  
ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» НЭКА «БИОС», Астраханская  
область, Икрянинский район, с. Икряное, Россия

## РЕПРОДУКТИВНАЯ ФУНКЦИЯ САМОК ОСЕТРОВЫХ РЫБ ЕСТЕСТВЕННОЙ И ИСКУССТВЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

**Аннотация:** В современных условиях, когда состояние биоресурсов осетровых рыб в Каспийском бассейне достигло критического уровня, сохранение и восстановление их запасов возможно только за счёт искусственного воспроизводства. В настоящее время для результативной деятельности осетровых рыбоводных заводов (ОРЗ) по искусственному воспроизводству необходимо обеспечение рыбоводных процессов производителями в необходимом количестве и соответствующего качества, поэтому важнейшей задачей является эффективное формирование и рациональная эксплуатация продукционных стад. В последние годы на ОРЗ в Астраханской области используются производители искусственной и естественной генерации из продукционных стад, потомство, полученное от них, различается по рыбоводным показателям. Проводились исследования репродуктивной функции самок белуги и русского осетра, доместичированных и выращенных до созревания в прудовых условиях. Полученные результаты рыбоводно-биологических показателей свидетельствуют, что репродуктивная функция самок белуги и русского осетра, созревших в искусственных условиях, незначительно отличаются от рыб естественного происхождения. Основные рыбоводные показатели: масса самок, сроки достижения половой зрелости, абсолютная плодовитость, процент оплодотворения, в основном соответствуют значениям рыб естественной генерации. Сравнительный анализ рыбоводных показателей: выход икры и относительная плодовитость у самок белуги искусственного и естественного происхождения не имели больших различий, в то время как самки русского осетра, созревшие в ремонтно-маточных стадах, отдавали икру, лучшего качества по этим показателям, чем доместичированные особи, адаптированные к содержанию в прудовых условиях.



**Ключевые слова:** осетровые рыбы, половое созревание, белуга, плодovitость, русский осетр, рыбоводные показатели, искусственная генерация, репродуктивная функция, естественная генерация, domestикация, товарное осетроводство

L.M. Vasilyeva<sup>1</sup>, D.K. Magzanova<sup>1</sup>, N.V. Sudakova<sup>2</sup>, A.Z. Anokhina<sup>1</sup>,  
S.A. Gutsulyak<sup>1</sup>, I.V. Kukushkina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>FGBOU VO «Astrakhan State University», Astrakhan, Russia

<sup>2</sup>FGBOU VO St. Petersburg State University of Veterinary Medicine,  
St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup>Volga-Caspian branch of the FGBNU «VNIRO» NECA «BIOS», Astrakhan region,  
Ikryaninsky district, with. Ikryanoe, Russia

## REPRODUCTIVE FUNCTION OF FEMALE STURGEON FISH OF NATURAL AND ARTIFICIAL GENERATION

**Abstract:** In modern conditions, when the state of biological resources of sturgeon fish in the Caspian basin has reached a critical level, the preservation and restoration of their stocks is possible only through artificial reproduction. Currently, for the effective operation of sturgeon fish hatcheries (ARI) for artificial reproduction, it is necessary to provide fish breeding processes with producers in the required quantity and appropriate quality, therefore, the most important task is the effective formation and rational operation of productive herds. In recent years, producers of artificial and natural generation from productive herds have been used at the ARI in the Astrakhan region, the offspring obtained from them differ in fish-breeding indicators. Studies of the reproductive function of female beluga and Russian sturgeon, domesticated and raised to maturity in pond conditions, were carried out. The obtained results of fish-breeding and biological indicators indicate that the reproductive function of female beluga and Russian sturgeon, matured in artificial conditions, slightly differ from fish of natural origin. The main fish-breeding indicators: the mass of females, the timing of puberty, absolute fertility, the percentage of fertilization, basically correspond to the values of fish of natural generation. Comparative analysis of fish-breeding indicators: the yield of caviar and relative fertility in beluga females of artificial and natural origin did not have much difference, while the females of Russian sturgeon, matured in repair-brood herds, gave caviar of better quality according to these indicators than domesticated individuals adapted to pond conditions.

**Keywords:** sturgeon fish, puberty, beluga, fertility, Russian sturgeon, fish breeding indicators, artificial generation, reproductive function, natural generation, domestication, commercial sturgeon breeding



**Введение.** Воздействие антропогенной нагрузки на естественные популяции гидробионтов неизбежно приводит к негативным изменениям их структуры, снижению численности, иногда даже к полному исчезновению. Весьма показательна ситуация, сложившаяся в настоящее время с осетровыми рыбами в Каспийском бассейне. Имеющие широкий ареал традиционного обитания во многих местах мира в настоящее время эти рыбы не только потеряли промысловое значение, но и оказались на грани полного исчезновения. В современных условиях для восстановления запасов осетровых рыб на Каспии искусственное воспроизводство является единственным источником сохранения гетерогенности популяций и видового биоразнообразия этих ценных видов рыб [2, 7, 5]. В последние годы обострилась проблема обеспечения производителями рыбоводных процессов по искусственному воспроизводству в связи с невозможностью отловить осетровых рыб природной генерации. Это диктует необходимость ускоренного формирования продукционных стад осетровых рыб в искусственных условиях для гарантированного обеспечения технологических процессов самками и самцами в востребованных количествах и соответствующего качества. На осетровых рыбоводных заводах (ОРЗ) по искусственному воспроизводству в Астраханской области, начиная с 1998–1999 годов, сформированы продукционные стада двумя методами — доместикация или одомашнивание производителей естественной генерации и выращивание рыб от икры до половозрелого состояния, так называемый метод «от икры до икры». Вот уже более пяти лет на шести ОРЗ по искусственному воспроизводству в нижнем Поволжье используются самки и самцы белуги и русского осетра для целей искусственного воспроизводства только из собственных продукционных стад [4].

Биологические особенности репродуктивной функции основных объектов в искусственном воспроизводстве в Каспийском бассейне — белуги и русского осетра, природного происхождения изучались многими учёными [1, 9, 10, 12, 13]. Полового созревания белуга достигает, в основном в возрасте 18–20 лет, интервалы между нерестовыми циклами составляют не менее 4–6 лет. При благоприятных условиях производители белуги, по мнению автора, могут заходить в Волгу на нерест не менее 9 раз. Самки половозрелой белуги достигают массы в одну тонну, были случаи в прошлом веке, когда отлавливали рыб массой свыше 2000 кг, но средняя масса составляет 300–350 кг. Индивидуальная абсолютная плодовитость белуги колеблется от 150 тыс до 3 915,3 тыс.



икринок (Абсолютная плодовитость волжской белуги в среднем равна 855 тыс. икринок (минимум — 225 тыс. шт., максимум — 710 тыс. шт.). От самки белуги массой более 1 000 кг получали до 200 кг икры, т.е. свыше 7 млн. икринок. В настоящее время в уловах преобладают самки плодовитостью 500–600 тыс. икринок. Икринки крупные, у волжской белуги их диаметр варьирует от 3,6 до 4,3 мм и масса от 25 до 38,5 мг.

Русский осётр достигает половой зрелости в возрасте: самцы — 10–12 и самки — 15–16 лет, межнерестовые интервалы в среднем составляют 3–4 года. В течение жизни самки русского осетра способны созреть 7–8 раз. Масса половозрелой самки русского осетра в среднем составляет 20–25 кг, редко встречались особи до 40 кг. Основные нерестилища русского осетра на Волге расположены у Волгограда в приплотинной зоне вдоль правого берега. Абсолютная плодовитость колеблется в широком диапазоне от 80 тыс. до 890 тыс. икринок, в среднем — 356 тыс. шт. Размеры ооцитов менее крупные, чем у белуги, массой 35–50 мг, в 1 г икры 50–55 икринок.

В связи с тем, что в рыбоводные процессы стали вовлекаться производители осетровых рыб из продукционных стад возникла необходимость изучения рыбоводно-биологических показателей, характеризующих репродуктивную функцию рыб, естественной и искусственной генерации. При этом очень важно изучать состояние репродуктивной функции производителей, особенно самок осетровых рыб искусственной генерации в сравнении с рыбами естественного происхождения для того, чтобы научиться регулировать процессы полового созревания, позволяющие сокращать сроки достижения половой зрелости и улучшать качество половых продуктов. Результаты научно-исследовательских работ по подробному и системному изучению репродуктивной функции производителей, особенно самок белуги и русского осетра, выращенных и созревших в искусственных условиях, чаще в прудах, иногда в садках и бассейнах с использованием УЗВ, в настоящее время весьма востребованы и актуальны для целей искусственного воспроизводства и товарного осетроводства.

**Цель работы** — изучить рыбоводные показатели репродуктивной функции самок белуги и русского осетра, созревших в продукционных стадах, сформированных двумя методами: domestikации и выращенных «от икры до икры»

**Материалы и методы исследований.** Работа выполнялась в рыбоводные сезоны 2019–2020 годов на базе научно-экспериментального ком-



плекса «БИОС» Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), расположенный в Икрянинском районе Астраханской области. Объектом исследований явились самки белуги (*Huso huso*) и русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii Brandt*), неоднократно созревших в продукционных стадах, сформированных методами доместикации и «от икры до икры»

Изучались температурный и гидрохимический режимы, рыбоводно-биологические и морфометрические показатели рыб. Для определения качества воды в рыбоводных прудах ежедневно проводился контроль температуры, содержания кислорода и рН. В воде также определялись такие показатели, как содержание азотистых веществ: аммонийный, нитритный, нитратный, прозрачность, запахи и привкусы. Показания температуры и кислорода снимались с помощью универсального измерительного прибора — термооксиметра OxyGuard. Показатели активной реакции водной среды (рН) фиксировались с помощью прибора рН-метра «МАРК-901». Аммонийный азот в воде определялся на спектрофотометре ПЭ-5400 УФ ультрафиолетовым колориметрическим методом с реактивом Несслера. Для определения нитритов использовался метод Грисса с применением сульфаниловой кислоты, нитраты определялись экспрессметодом с дисульфифеноловой кислотой.

Икру от самок белуги и русского осетра получали прижизненно через надрез в яйцеводе. Данный способ разработан С.Б. Подушкой [11]. После надреза каудального участка одного из яйцеводов овулировавшая икра поступает к генитальному отверстию непосредственно из полости тела, минуя яйцеводы, и сцеживание икры осуществляется за несколько минут легкими массирующими воздействиями на брюшко самки. При применении этого метода сцеживается 85–95 % овулировавшей икры. Для снижения стресса у самок рыб во время операции нередко применяется анестезия.

Изучались рыбоводно-биологические показатели самок, такие как: масса рыбы в кг, вес икры в кг, количество икринок в шт. в 1 г, абсолютная и относительная плодовитость в тыс. шт., выход икры от массы рыб, %, процент оплодотворения. Полученные материалы обработаны статистически с использованием программы Microsoft Excel, достоверность различий оценивалась по критерию Стьюдента [8].



**Результаты исследования.** Выполненные исследования по оценке температурного и гидрохимического режимов в нагульных прудах в 2019–2020 годах показали, что среда обитания для содержания производителей белуги и русского осетра была благоприятной, больших отклонений от рекомендуемых значений не отмечалось.

Показатели температуры и кислорода в воде в прудах в период с апреля по сентябрь свидетельствуют, что условия содержания производителей белуги и русского осетра, в основном, соответствовали требуемым значениям (рис. 1), за исключением отдельных дней июня-июля месяцев, когда температура поднималась до критических отметок 26–28 °С, а концентрация кислорода в воде опускалась ниже допустимого значения — 6,1 мг/л.

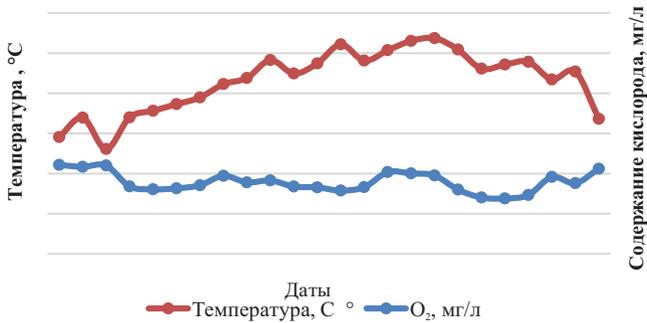


Рис. 1. Температурный режим и содержание кислорода в прудах в рыбоводный сезон 2019 года  
 Fig. 1. Temperature regime and oxygen content in ponds during the 2019 fish breeding season

Таким образом, можно констатировать, что в целом основные значения температурного и кислородного режимов в прудах, где содержались созревшие самки белуги и русского осетра были благоприятны и не могли оказать негативных воздействий на репродуктивную функцию рыб.

Анализ температурного и гидрохимического режима в нагульных прудах в летний период 2019 года, представленный в табл. 1, свидетельствует, что средние исследуемые показатели не имели значительных отклонений от предельно допустимых значений (ПДК), за исключением концентрации кислорода в отдельные дни по максимальным значениям. Содержание азотистых веществ в воде нагульных прудов в сред-



нем было в пределах ПДК, но иногда отмечалось превышение максимальных показателей нитритов более чем в 3 раза, и вызвано низкой проточностью воды в это время.

**Таблица 1. Температурные и гидрохимические показатели в нагульных прудах в летний период 2019 года**

**Table 1. Temperature and hydrochemical indicators in feeding ponds in the summer of 2019**

Показатель	2019			ПДК
	Ср.	Мин.	Мак.	
Температура воды, °С	21,8	12,2	27,5	до 30
Водородный показатель (рН)	8,4	7,9	8,8	9,0
Концентрация кислорода, мг/л	8,7	4,0	13,0	до 10
Азот аммонийный, мг/л	0,13	0,02	0,40	не более 1,5
Азот нитратов, мг N/л	0,02	0,002	0,07	1,2
Азот нитритов, мг N/л	0,9	0,10	3,20	менее 1,0
Запахи, привкусы	Отсутствуют			
Прозрачность, м	1,5			до 2,2

Визуально вода в прудах характеризовалась хорошим качеством без посторонних запахов и привкусов, прозрачность в прудах была достаточной и составляла 1,5 м при допустимых значениях до 2,2 м.

В целом, следует отметить, что в рыбоводный сезон 2019 года, как и в 2020 году, содержание производителей белуги и русского осетра в прудах в продукционных стадах, сформированных методами domestikации и «от икры до икры», в основном, было благоприятно и способствовало успешному развитию репродуктивной функции.

*Доместицированные самки белуги.* Исследования рыбоводно-биологических показателей, характеризующих репродуктивную функцию семи domestikированных самок белуги, показали (табл. 2), что все особи, участвующие в рыбоводном сезоне 2019 г. отдавали икру несколько раз. Из семи самок белуги три особи созрели повторно, по одной особи созрели в 5, 4, и 3 раз, только одна достигла половой зрелости в первый раз. Самки белуги естественной генерации, после того, как от них была получена икра прижизненным способом, по-разному адаптировались к условиям содержания в прудах и поэтому сроки их созревания были



Таблица 2. Рыбоводно-биологические показатели domestцированных самок белуги

Table 2. Fish-breeding and biological indicators of domesticated beluga females

Номер самки	Созревание в прудах через (год)	Годы получения икры	МИ	Масса самки, кг	Масса икры, кг	Выход икры, % массы тела	Абсолютная плодовитость,	Номер самки	Созревание в прудах через (год)
1	10	2008 2014 2019	6,5	106	13,9	13,1	417,0	3,9	85
2	8	2016 2019	3	86,1	11,8	13,7	436,6	5,1	82
3	10	2016 2019	3	96,1	15,6	16,2	530,4	5,5	83
4	5	2019	-	79,4	12,1	15,2	423,5	5,4	89
5	7	2006 2009 2013 2016 2019	3	184,4	24,3	13,2	729,0	3,9	86
6	5	2016 2019	3	107,4	12,3	11,5	405,9	3,8	80
7	4	2006 2011 2016 2019	5,4,3	137,5	13,2	9,6	462,0	3,4	87
Среднее	7			115,4	14,6	12,9	484,7	4,3	

различны в широком диапазоне от 4 до 10 лет. Так, две особи с трудом привыкали к содержанию в условиях несвойственных для них, и поэтому они созрели только через 10 лет, а вот три особи смогли довольно легко адаптироваться в прудах и их повторное созревание наступило через 4–5 лет, что соответствует межнерестовому периоду в естественной среде обитания. Самки белуги созревали в прудах несколько раз (от 2 до 5). Средняя масса domestцированных самок белуги составила 115,4 кг, при максимальных — 184,4 кг и минимальных — 79,4 кг. Это свидетельствует, что рыбы были небольших размеров, намного меньше, чем те особи, которых отлавливали в Волге в прошлом веке, но вполне

соотносятся с массами белуги природного происхождения в настоящее время.

Следует отметить самку № 7, которая довольно быстро адаптировалась к искусственным условиям содержания, через четыре года созрела и потом 4 раза отдавала икру, с межнерестовым интервалом (МИ) — 5, 4 и 3 года. Также обращает на себя внимание рыба под номером 5, созревшая в пруду через 7 лет и затем пять раз отдававшая икру каждые три года. МИ у рыб составлял от 3 до 6 лет, с преобладанием 3 года.

Представленная на рис. 2 зависимость количества созреваний и МИ от массы самок белуги свидетельствует, что рыбы дважды созревшие имели примерно равные массы и межнерестовые периоды.

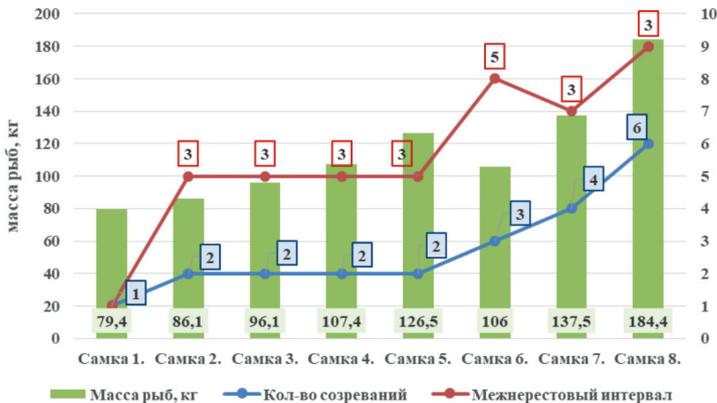


Рис. 2. Зависимость массы самок белуги, количество созреваний и межнерестовых интервалов

Fig. 2. Dependence of the mass of beluga females, the number of maturation and inter-spawning intervals

Таким образом, прослеживается определённая зависимость между количеством созреваний и массой самок белуги — чем крупнее рыба, тем лучше у неё репродуктивная функция. Самка, имевшая наибольшую массу (184,4 кг) пять раз созревала через 3 года.

Абсолютная плодовитость у исследуемых самок белуги в среднем составила 484,7 тыс. шт., что соответствует показателям для рыб естественных популяций. Выше средних значений абсолютной плодовитости были выявлены у самок № 3 и 5 и составляли 530,4 и 729,0 тыс. шт. со-



ответственно. Ниже среднего показателя отмечались у самок №1, 2, 4 и 6, у которых АП составляла 405 тыс. шт.

Были исследованы 6 domestцированных самок белуги, с которыми работали в 2020 году, по тем же показателям, что и в 2019 году, у них изучалась зависимость показателей: масса тела, относительная плодовитость (ОП) и процент оплодотворения. Представленные на рис. 3 данные свидетельствуют, что прослеживается некоторая корреляция между ОП и массой самок белуги — чем меньше масса рыб, тем выше показатель ОП.



Рис. 3. Зависимость массы, относительной плодовитости процента оплодотворения самок белуги в 2020 году  
 Fig. 3. Dependence of the mass, relative fertility and percentage of fertilization of female beluga in 2020

Процент оплодотворения (ПО), характеризующий качество икры, имел различные значения: от наименьшего (70 %) до наивысшего (93 %) и в среднем составлял — 79,8 %, что почти соответствовало норме, но установить определённую зависимость между ПО и массой рыбы, а также относительной плодовитости не представляется возможным.

В целом, в 2020 году самки белуги отдавали разнокачественную икру, половина из них имела ПО в пределах нормы, либо значительно выше, а от трёх других была получена икра низкого качества. Все полученные от domestцированных самок белуги и в 2019 и 2020 годах ооциты были довольно крупными, в среднем 30 мг, т.е. в 1 г икры насчитывалось 33,5 икринок, что соответствует размерам икринок, полученных от рыб природных популяций, т.е. созревание самок белуги в прудовых условиях, не повлияло на размеры икринок.



Таким образом, выполненные исследования репродуктивной функции доместичированных самок белуги, от которых получали икру в 2019–2020 годах, показали, что созревание рыб в прудах произошло в среднем через 6 лет, масса особей в среднем была выше 100 кг, повторное созревание, в основном, происходило через 3 года, выход икры в среднем составлял свыше 13 %, показатели абсолютной и относительной плодовитости соответствовали природным значениям, а процент оплодотворения — был либо в пределах нормативных значений, либо выше. Всё это свидетельствует о том, что самки белуги, естественного происхождения хорошо адаптировались к новым условиям содержания, их репродуктивная функция нормально функционировала.

*Самки белуги, искусственной генерации.* В рыбоводный сезон 2019 года исследовались 9 самок белуги из ремонтно-маточного стада, сформированного методом «от икры до икры». Репродуктивную функцию самок белуги, выросших и достигших половой зрелости в искусственных условиях в прудах, оценивали по тем же рыбоводно-биологическим показателям, что и доместичированных рыб естественной генерации (табл. 3).

Самки белуги, выросшие и созревшие в прудах, были небольшие по весовым показателям, средняя масса была меньше 100 кг — 90,8 кг, максимальная — 137,9 кг у рыбы № 1, минимальная — 63 кг у особи № 2. Достижение половой зрелости указанных самок белуги наступило довольно поздно в возрасте от 18 до 31 года, в среднем — 23,5 года, что несколько превосходит показатели сроков созревания самок в естественных условиях (18–20), особенно, особь № 9, созревшая в 31 год. Но можно отметить, что некоторые рыбы под номерами 8 и 2, созрели, как и в природе в 18 и 20 лет соответственно. Из 9 самок только три созрели дважды с межнерестовым интервалом 1, 3, 5 лет, причём самка белуги № 8, которая впервые созрела в 18 лет, как и в природе, 2 раз отдала икру через 10 лет.

От девяти самок было получено 101,1 кг, средний показатель — 11,2 кг. Наибольшую массу икры — 16,4 кг получили от самки № 1, которая созрела в 22 года и от неё в 2019 году во второй раз получали икру. Самка белуги, достигшая половой зрелости в возрасте 31 год, отдала 9,9 кг, что ниже среднего значения, наименьшее количество икры было изъято от самок № 4 и 7 (8,1 кг), достигшие половой зрелости в 25 и 23 года. Средний показатель выхода икры от массы рыбы составил 12,5 %, причём наибольшее значение (17,2 %) было у небольшой самки № 3,



Таблица 3. Рыбоводно-биологические показатели самок белуги, искусственной генерации  
 Table 3. Fish-breeding and biological indicators of beluga females, artificial generation

Номер самки	Год происхождения	Возраст первого созревания, лет	Годы получения икры	МИ	Масса тела, кг	Масса икры, кг	Выход икры, % массы тела	Абсолютная выитость, тыс. шт.	Относительная плодотворность, тыс. /кг	% оплодотворения
1	1994	22	2016 2019	3	137,9	16,4	11,9	559,3	4,0	83
2	1994	20	2014 2019	5	63,0	8,9	14,1	317,1	5,5	84
3	1994	25	2019	-	74,2	12,2	17,2	451,4	6,4	78
4	1994	25	2019	-	64,5	8,1	12,4	358,1	5,6	77
5	1995	24	2019	-	103,9	13,5	13,0	459,0	4,4	81
6	1995	24	2019	-	95,9	13,8	14,2	414,0	4,3	79
7	1996	23	2019	-	75,9	8,1	10,5	277,4	3,6	76
8	1991	18	2009 2019	10	98,5	10,1	10,1	333,3	3,3	88
9	1988	31	2019	-	103,5	9,9	9,4	376,2	3,6	75
среднее		23,5		6	90,8	11,2	12,5	394,0	4,5	80



один раз созревшей в 25 лет, масса которой была 74,2 кг, что ниже среднего значения (90,8 кг). Показатель абсолютной плодовитости (АП) у девяти самок в среднем составил 394,0 тыс. шт. ооцитов, максимальным оказался у самки № 1 (559,3), которая впервые созрела в возрасте 22 года и повторное созревание наступило через три года. Эта самка имела наибольшую массу тела — 137,9 кг. Минимальный показатель АП (277,4 тыс. шт.) имела самка № 7, один раз созревшая в возрасте 23, массой 75,9 кг. Среднее значение показателя относительной плодовитости (ОП) самок белуги, соотношение абсолютной плодовитости к массе рыбы, составило 4,5 тыс. шт./кг, наибольший показатель (6,4) оказался у рыбы № 3, которая имела самый высокий выход икры (17,2 %). У основной части самок (6 шт.) значение ОП было ниже среднего (4,0–3,6 тыс. шт./кг). Полученная икра от самок белуги искусственной генерации имела ооциты, меньшего размера, чем у рыб, естественного происхождения, их средняя масса составляла 28,1 мг.

Была проанализирована репродуктивная функция у пяти самок белуги, искусственного происхождения по показателям: масса, возраст созревания и абсолютная плодовитость. Изучение зависимости этих параметров показало, что прослеживается корреляция между возрастом созревания и массой самок белуги (рис. 4), так рыба, достигшая половой зрелости в 31 год, имела наибольшую массу — 103,5 кг, а особь, имевшая наименьшую массу — 75,9 кг, созрела в 23 года. Можно проследить некоторую зависимость по отдельным самкам белуги между показателями абсолютной плодовитости и массой рыб, так, наибольший показатель АП (436,5 тыс. шт.) был получен у самки № 2 и массой почти 100 кг (99,9 кг), а наименьшее значение АП (274,4 тыс. шт.) у самки № 1, с наименьшей массой 75,9 кг. Но по остальным рыбам такой зависимости не установлено. Возраст созревания самок белуги искусственной генерации не отразился на показателях массы и абсолютной плодовитости рыб.

О качестве икры судили по проценту оплодотворения, он оказался недостаточно высоким, хотя и в пределах нормативных значений (80 %). Самки белуги, поздно созревшие — 25–31 год, отдали икру с процентом оплодотворения ниже нормативной, а рыбы, достигшие половой зрелости в 18–22 года, имели более качественную икру — процент оплодотворения выше нормы (81–88 %).

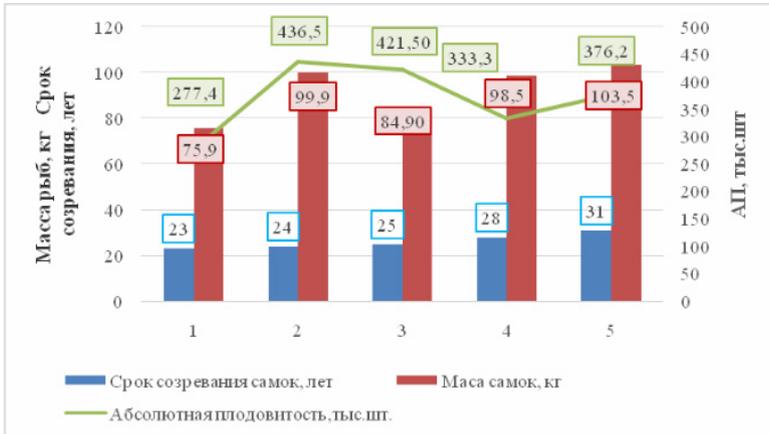


Рис. 4. Зависимость между абсолютной плодовитостью, возрастом созревания, процентом оплодотворения и массой самок белуги, искусственной генерации  
 Fig. 4. The dependence of absolute fertility, the age of maturation, the percentage of fertilization and the mass of female beluga whales, artificial generation

Таким образом, анализ рыбоводных показателей самок белуги искусственного происхождения, выращенных и созревших в прудах, показал, что возраст их созревания больше (25–31 год), чем у рыб из природной среды обитания (18–20 лет). Это может быть объяснено тем, что в прудах белуга была малоподвижна, хорошо обеспечена кормом, и поэтому у них преобладал пластический рост, а не генеративный. В естественных условиях моря белуга много двигается в поисках пищи, которой порой недостаточно для пластического обмена веществ и это способствует усилению репродуктивной функции. Проследить определённую зависимость между массой рыбы повторно созревшей, выхода икры и плодовитостью самок пока не представляется возможным в связи с тем, что недостаточно данных, т.к. в период выполнения работы только три особи дважды созрели.

Сравнительная оценка вышеперечисленных рыбоводно-биологических показателей, характеризующих репродуктивную функцию самок белуги естественного и искусственного происхождения, наглядно продемонстрирована на рис. 5. Показаны преимущества domesticated самок белуги по показателям: масса рыб, абсолютная плодовитость, размеры ооцитов и общей массы полученной икры в сравнении с особями из ремонтно-маточных стад.



Следует отметить, что не выявлено существенных различий между самками белуги естественного и искусственного происхождения по показателям — репродуктивная функция и процент выхода икры — 12,9 и 12,5 %, а также ОП — 4,3 и 4,5 тыс. шт./кг соответственно.

*Доместицированные самки русского осетра.* В рыбноводном сезоне 2019 года участвовали самки русского осетра из продукционных стад, сформированных методами доместикации и «от икры до икры». В данной выборке были исследованы и проанализированы репродуктивные функции семи доместичированных самок русского осетра, созревших в искусственных условиях.

Выполненные исследования показали, что у семи самок русского осетра, введённых в продукционное стадо после прижизненного извлечения икры, созревание в прудах происходило в разные сроки с широким диапазоном: от 2 до 10 лет, среднее значение этого показателя — 8 лет, что объясняется их индивидуальными особенностями при адаптации к новым условиям содержания (табл. 4). Все исследуемые самки русского осетра неоднократно созрели: четыре особи — 2 и 4 раза, две — 2 раза, а одна отдала икру в пятый раз. Межнерестовые интервалы в среднем составили 3,5 года, при максимальных значениях — 6 лет и минимальных — 2 года. Средняя масса исследуемых самок русского осетра — 31,4 кг, при минимальных значениях — 24,2 кг и максимальных — 38,8 кг. От всех самок русского осетра в исследуемой выборке было получено 38,1 кг икры, в среднем — 5,4 кг. Больше всего икры (7,6 кг) было получено от самки № 6, которая созрела в прудах через 10 лет и дважды отдававшая икру, наименьшее количество полученной икры (2,4 кг) оказалось у самки № 7, впервые созревшей в прудах через два года и дважды отдававшей икру.

Абсолютная плодовитость у исследуемых самок русского осетра, естественного происхождения в среднем составляла — 260 тыс. шт., наибольшая АП оказалась у самки № 2 — 325,2, созревшая через 8 лет, наименьшая — 112,8 тыс. шт. у особи № 7, дважды отдававшая икру, первое созревание наступило через 2 года. Показатель относительной плодовитости у семи самок русского осетра в среднем был — 8,1 тыс. шт./кг, при максимальном — 10,6 (№ 2) и минимальном — 4,6 тыс. шт. (№ 7). Процент оплодотворения, характеризующий качество икры, в среднем был довольно высоким — 84,9 %, три особи (№ 1, 3, 5) имели икру с оплодотворением — 90 % и выше, этот показатель у них оказался



Таблица 4. Рыбоводно-биологические показатели самок русского осетра, естественной генерации  
Table 4. Fish-breeding and biological indicators of female Russian sturgeon, natural generation

Номер самки	Год домес- тикации	Созревание через (год)	Годы полу- чения икры	МИ	Масса самки, кг	Масса икры, кг	Кол-во икри- нок в 1 г. икр.	АП, тыс. шт.	ОП тыс. шт. /кг	% оплодот- ворения
1	2001	7	2008	3,4,4	26,2	5,1	46	233,7	8,9	94
			2011							
			2015							
			2019							
2	2000	8	2008	3,5,3	30,8	6,9	47	325,2	10,6	85
			2011							
			2016							
			2019							
3	2000	8	2008	3,6,2	38,8	6,2	51	316,2	8,2	90
			2011							
			2017							
			2019							
4	2000	8	2008	3,4,2,2	34,7	4,9	49	238,6	6,9	74
			2011							
			2015							
			2017							
5	2000	8	2008	3,5,3	26,9	5,0	46	230,5	8,6	91
			2011							
			2016							
			2019							
6	2006	10	2016	3	38,5	7,6	47	357,2	9,3	75
			2019							
7	2012	2	2014	5	24,2	2,4	47	112,8	4,6	85
			2019							
				Среднее		31,4	46	260,0	8,1	84,9

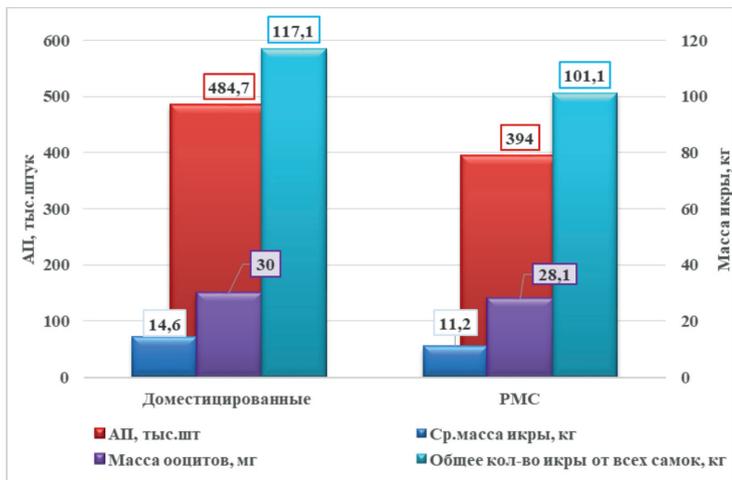


Рис. 5. Сравнительная оценка рыбоводных показателей самок белуги, созревших в доместичированном стаде и РМС

Fig. 5. Comparative assessment of fish-breeding indicators of beluga females matured in a domesticated herd and RMS

больше нормативного значения на 10 единиц, а две особи № 4 и 6 имели процент оплодотворения — 74 и 75 %, ниже нормы (80 %).

Изучение зависимости выхода икры, массы самок осетра и сроков созревания показало (рис. 6), что прослеживается определённая корреляция между выходом икры и массой рыбы.

Проанализировав показатели выхода икры в зависимости от массы тела самок русского осетра и сроков созревания в прудах, можно констатировать, что с увеличением срока достижения половой зрелости и массы рыбы свыше 25 кг увеличивается процент выхода икры. Так, самки, массой 26 кг и созревшие в пруду через 7 лет отдали наибольшее количество икры (выход 19,4 %). Интересно, что от рыбы, массой 15 кг — один раз отдавшей икру через 12 лет содержания, выход составил также свыше 19 %, что, безусловно, объясняется биологическими особенностями этой особи.

В целом, следует отметить, что самки русского осетра естественной генерации, после прижизненного извлечения икры довольно долго адаптировались к прудовым условиям и переходу на искусственные корма, их созревание наступило, в основном, через 8–10 лет, а одна особь достигла повторного созревания даже через 12 лет, за исключе-



нием 4 рыб, от которых получали икру уже через 2–4 года. Средний показатель межнерестового интервала был достаточно коротким — 2–3 года, масса тела самок русского осетра в среднем была высокой, около 30 кг, что гораздо больше показателей современных рыб (18–20 кг). Наибольший выход икры показали самки русского осетра, массой свыше 25 кг и созревшие в прудах через 7–8 лет. Абсолютная плодовитость самок в меньшей степени зависит от сроков созревания и массы рыб и в среднем составила 260,0 тыс. шт., а относительная — 8,1 тыс. шт./кг. Ооциты икры, полученной от доместичированных самок осетра, были достаточно крупными — массой 21 мг (в 1 г в среднем 46 икринок).



Рис. 6. Выход икры от доместичированных самок русского осетра в зависимости от сроков созревания и массы рыб  
 Fig. 6. The yield of caviar from domesticated females of Russian sturgeon, depending on the maturation period and the mass of fish

*Самки русского осетра, искусственной генерации.* В рыбоводном сезоне 2019 года участвовали только три самки русского осетра, которые выращивались от оплодотворения икры, выхода личинок, перевода их на активное питание, дальнейшего выращивания до половозрелого состояния, т.е. эти особи могут быть отнесены к группе рыб искусственной генерации. Сроки их достижения половой зрелости были довольно продолжительными 30, 21, 20 лет (табл. 5), что никак не согласуются с данными для рыб естественной генерации (15–16 лет). Две из трёх исследуемых самок дважды созрели, с межнерестовым интервалом 1 и 2



года. Средняя масса русского осетра составила 27,4 кг, что соответствует среднему значению доместичированных самок. Выход икры от этих самок был довольно высоким и в среднем составил 18,6 %, как и средняя абсолютная плодовитость — 277,0 тыс. шт., а также и процент оплодотворения — свыше 80 %, что свидетельствует о хорошем качестве икры. Но размеры ооцитов были небольшими, их масса составила 18,4 мг (в 1 г-55 икринок).

Таким образом, впервые полученные данные по самкам русского осетра, выращенного и созревшего в прудах, не могут быть репрезентативными т.к. их количество не позволяет сделать обобщающие выводы из-за малочисленности. Но предварительно, можно сделать вывод, что самки русского осетра довольно поздно созревают в пруду. В условиях пребывания в прудах у этих рыб, скорее всего, преобладает пластический обмен веществ, а не генеративный, т.к. здесь русский осётр малоподвижный и хорошо обеспечен пищей. Созревшие особи имели большую массу, в среднем до 30 кг, процент выхода икры был достаточно высоким и составлял почти 19 %, процент оплодотворения, характеризующий качество икры — свыше 90 %, но ооциты были небольшими — 18,4 мг.

**Таблица 5. Рыбоводные показатели самок русского осетра, искусственной генерации**

**Table 5. Fish-breeding indicators of female Russian sturgeon, artificial generation**

Возраст созревания, лет	Масса рыбы, кг	Выход икры, кг	Выход икры, % массы тела	Кол-во икринок в 1 г	Масса ооцита, мг	Абсолютная плодовитость, тыс. шт.	Относительная плодовитость, тыс./кг	% оплодотворения
30	24,6	4,3	17,5	50	20,0	215,0	8,6	86
21	29,8	5,0	16,8	60	16,7	300,6	10,1	83
20	23,9	5,0	20,9	55	18,3	275,0	11,5	82
<i>Ср. знач.</i>	26,1	4,8	18,4	55	18,3	263,5	10,1	

Анализируя рыбоводные показатели репродуктивной функции самок русского осетра из стад, сформированных методом доместикации и «от икры до икры», следует отметить, что сравнительная оценка носит предварительный и условный характер, т.к. количество особей несопоставимо, исследования в дальнейшем следует продолжить.



*Сравнение репродуктивной функции самок белуги и русского осетра, естественной и искусственной генерации.* Результаты исследований репродуктивной функции анализируемых рыб естественной и искусственной генерации, представленные в табл. 6, свидетельствуют, что рыбоводно-биологические показатели имели значительные различия, как у белуги, так и у русского осетра.

Сравнительный анализ рыбоводных показателей, характеризующих репродуктивную функцию самок белуги из доместифицированных стад и РМС показал существенное преимущество рыб естественной генерации по сравнению с выращенными и созревшими в прудах. Такие показатели как масса тела рыб, абсолютная плодовитость, размеры ооцитов и процент оплодотворения были выше у природных самок белуги, адаптированные к искусственным условиям содержания, по сравнению с белугами, полученных, выращенных и созревших в прудах. Но при этом, не выявлено существенных отличий по показателям выхода икры и относительной плодовитости самок белуги естественного и искусственного происхождения.

**Таблица 6. Сравнительная оценка рыбоводно-биологических показателей репродуктивной функции белуги и русского осетра природного и искусственного происхождения**

**Table 6. Comparative assessment of fish-breeding and biological indicators of reproductive function of beluga and Russian sturgeon of natural and artificial origin**

Стада	Масса тела, кг	Масса икры, кг	Выход икры от массы тела, %	АП, тыс. шт.	ОП, тыс. шт./кг	% оплодотворения
Белуга						
Доместифицированные	115,4	14,6	12,9	484,7	4,3	84,3
РМС	90,8	11,2	12,5	394,0	4,5	80,1
Русский осетр						
Доместифицированные	27,3	4,3	15,0	204,4	7,1	79,9
РМС	26,1	4,8	18,4	263,5	10,1	83,7

Изучением репродуктивной функции самок русского осетра по рыбоводным показателям установлено, что доместифицированные рыбы созрели в прудах через 8–10 лет, их неоднократное созревание происходило от 2 до 5 раз. Масса рыб естественного и искусственного происхождения не имела существенных отличий, но выход икры, абсо-



лютная и относительная плодовитость, а также процент оплодотворения у самок русского осетра искусственного происхождения оказались выше, чем у domesticированных рыб. Ооциты были крупнее у самок осетра природного происхождения, чем у выращенных. Но все полученные сравнительные данные можно принять чисто условно и предварительно, т.к. достоверных данных по самкам русского осетра из РМС было недостаточно (всего три экземпляра) для окончательных заключений.

Таким образом, выполненный сравнительный анализ позволяет сделать вывод о том, что самки белуги и русского осетра, отловленные из природной среды обитания, прооперированные для прижизненного извлечения половых продуктов, пересаженные в пруды для дальнейшего созревания, хорошо, хотя и долго адаптируются к искусственным условиям содержания. Это позволяет им неоднократно (до 4–5 раз) созреть и иметь высокие показатели, характеризующие репродуктивную функцию. Самки белуги и русского осетра, выращенные и созревшие в прудах, достигали половой зрелости довольно долго, свыше 20 лет, но самки белуги, достигшие половой зрелости в прудах имели массу меньше, чем особи, естественного происхождения, адаптированные к искусственным условиям содержания. Самки русского осетра, выращенные и созревшие в прудах, не имели значительных отличий от массы domesticированных рыб. Следует отметить, что если показатели выхода икры и относительной плодовитости почти не отличались у самок белуги естественной и искусственной генерации, то эти же показатели у самок русского осетра имели различия. Оказалось, что выход икры и абсолютная и относительная плодовитость, а также процент оплодотворения были выше у рыб искусственного происхождения, чем у рыб естественной генерации.

**Заключение.** В современных условиях истощения природных ресурсов осетровых рыб активное развитие получает аквакультура этих ценных видов, призванная решать проблемы восстановления естественных запасов и насыщения потребительского рынка ценной деликатесной продукцией. Успешность развития осетроводства во многом определяется состоянием продукционных стад в искусственных условиях, поэтому вопросы формирования и рациональной эксплуатации их имеют первостепенное значение в настоящее время. История со-



здания маточных стад осетровых рыб невелика, т.к. в прошлом столетии в условиях достаточных природных ресурсов не было необходимости заниматься этой проблемой.

В начале 90-х гг. XX в. на осетровых рыбоводных заводах (ОРЗ) стал ощущаться дефицит зрелых производителей [3, 6]. Усилиями ученых и практиков-рыбоводов велись многолетние работы, для решения создававшейся проблемы. При этом основные проблемы, требующие разрешения в сложившихся условиях, это: изучение репродуктивной функции самок осетровых рыб, гонадогенез которых происходит в искусственных условиях, что необходимо для разработки интенсивных способов ускорения процесса полового созревания в РМС, сокращения межнерестовых интервалов и получения качественных половых продуктов. Исследование рыбоводных показателей самок белуги и русского осетра искусственного происхождения, выращенные и созревшие в прудах, показал, что возраст достижения половой зрелости больше, чем у рыб из природной среды обитания. Это объясняется преобладанием пластического роста над генеративным в условиях малоподвижности и хорошей обеспеченности пищей.

При анализе полученных результатов рыбоводных показателей, характеризующих репродуктивную функцию domestцированных самок белуги установлено, что межнерестовый интервал, равный 3 годам, свидетельствует о том, что эти производители вошли в рабочее состояние. Впервые полученные данные свидетельствуют о том, что некоторые созревшие особи русского осетра в domestцированном стаде имели большую массу, в среднем около 30 кг, самки отдавали довольно много икры — процент выхода составлял почти 19 %, качество икры было хорошим, процент оплодотворения — свыше 90 %, икра имела небольшие размеры — 18,4 мг. Полученные данные по самкам русского осетра, выращенного и созревшего в прудах, требуют дальнейшего изучения, к сожалению, в наших исследованиях количество рыб было незначительным. Но предварительно можно отметить, что репродуктивная функция самок русского осетра, искусственного происхождения была лучше domestцированных по средним значениям показателей: выход икры, абсолютная и относительная плодовитость, а также процент оплодотворения. Отмечаются различия по показателям выхода икры и относительной плодовитости у самок осетровых рыб, так у бе-



луги они почти не отличаются у рыб естественной и искусственной генерации, в то время, как у русского осетра, искусственной генерации значения этих показателей оказались выше, чем у особой естественно-го происхождения.

Таким образом, выполненный сравнительный анализ рыбоводных показателей репродуктивной функции белуги и русского осетра позволяет сделать вывод о том, что производители, отловленные из природной среды обитания, хорошо адаптированные к прудовым условиям содержания, способны повторно созревать 4–5 раз, имея в среднем межнерестовый интервал для белуги — 3 года, для русского осетра — 2 года, при этом иметь высокое качество икры с процентом оплодотворения выше нормативного. Самки белуги и русского осетра, выращенные и созревшие в искусственных условиях, имели репродуктивную функцию достаточно высокого качества, рыбоводно-биологические показатели соответствовали рыбам естественного происхождения.

### Список использованных источников

1. Бабушкин, Н.Я. Биология и промысел каспийской белуги / Н.Я. Бабушкин // Тр. ВНИРО. — 1964. — Т. 52. — Сб. 1. — С. 183–258.
2. Баранникова, И.А. Проблема сохранения осетровых в современный период / И.А. Баранникова, С.И. Никоноров, А.Н. Белоусов // Осетровые на рубеже XXI века: тез. докл. Междунар. конф. — Астрахань, 2000. — С. 7–9.
3. Белоусов, А.Н. Проблемы искусственного воспроизводства рыбных ресурсов / А.Н. Белоусов, Н.З. Строганова, Т.А. Острогорская // Воспроизводство рыбных запасов: материалы совещ. — Ростов н/Д, 2000. — С. 22–28.
4. Васильева, Л.М. Современные проблемы осетроводства в России и мире / Л.М. Васильева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания. — 2015. — Вып. 2 (6). — С. 30–36.
5. Васильева, Л.М. Особенности современного состояния искусственного воспроизводства осетровых рыб в Волго-Каспийском бассейне / Л.М. Васильева, В.В. Наумов, Н.В. Судакова // Естественные науки № 4 (53). — 2015. — С. 90–95.
6. Васильева, Л.М. Пути развития аквакультуры осетровых рыб на современном этапе. / Л.М. Васильева, Н.В. Судакова // Астраханский вестник экологического образования. — 2018. — С. 66–76.
7. Кокоза, А.А. Сравнительные морфофизиологические показатели производителей белуги, используемых на рыбоводных предприятиях Нижней Вол-



- ги в разные временные периоды / А.А. Кокоза, О.Н. Загребина, В.А. Григорьев, М.Э.П. Андрэ // Актуальные вопросы рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей России: материалы Междунар. науч. конф. (Ростов-на-Дону, 1–3 октября 2014 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2014. — С. 145–150.
8. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. М.: Высш. шк., 1990. — 343 с.
  9. Маилян, Р.А. Закономерности повторного созревания и нереста осетровых / Р.А. Маилян, Р.Ю. Касимов // Докл. АН АзССР, 1980. — Т. 36. — № 9. — С. 77–80.
  10. Мильштейн, В.В. Осетроводство. — 2-е изд., перераб. и доп. / В.В. Мильштейн — М.: «Легкая и пищевая пром-сть», 1982 — 150 с.
  11. Подушка, С.Б. Способ получения икры от самок осетровых рыб / С.Б. Подушка // Авторское свидетельство СССР. № 1412035. 1986. Метод Подушки.
  12. Распопов, В.М. Биологическая характеристика нерестовой популяции белуги Волги (1976–1980 гг.) / В.М. Распопов // Рациональные основы ведения осетрового хозяйства. Тезисы докладов науч.-практич. конф. Волгоград, 1981. — С. 210–211.
  13. Распопов, В.М. Темп роста белуги Каспийского моря / В.М. Распопов // Вопр. ихтиологии. — 1993. — Т. 33. — № 3. — С. 417–426.

## References

1. Babushkin, N.Y. Biology and fishery of the Caspian beluga. Tr. VNIRO. [Tr. VNIRO], 1964. T. 52. Sb. 1, pp. 183–258 (in Russian).
2. Barannikova I.A., Nikonorov S.I., Belousov A.N. Problem of sturgeon conservation in the modern period. *Osetrovyye na rubezhe XXI veka: tez. dokl. Mezhdunar. konf.* — Astrakhan', 2000. [Sturgeon at the turn of the XXI century: abstracts. report Int. conf.] — Astrakhan, 2000. pp. 7–9 (in Russian).
3. Belousov A.N., Stroganova N.Z., Ostrogorskaya T.A. Problems of artificial reproduction of fish resources *Vosproizvodstvo rybnykh zapasov: materialy soveshch.* — Rostov n/D [Reproduction of fish stocks: materials of the meeting]. Rostov n/D, 2000. pp. 22–28 (in Russian).
4. Vasilieva, L.M. Modern problems of sturgeon breeding in Russia and the world. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK — produkty zdorovogo pitaniya.* [Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex — healthy food products]. 2015. Issue. 2 (6). pp. 30–36 (in Russian).
5. Vasil'yeva L.M., Naumov V.V., Sudakova N.V. Osobennosti sovremennogo sostoyaniya iskusstvennogo vosproizvodstva osetrovyykh ryb v Volgo-Kaspiyskom bassejne [Features of the current state of artificial reproduction of sturgeon fish in the Volga-Caspian basin] *Yestestvennyye nauki* No4 (53), 2015. PP. 90–95 (in Russian).
6. Vasilieva L.M., Sudakova L.M. Ways of development of sturgeon aquaculture at the present stage. *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Environmental Education]. 2018. pp. 66–76 (in Russian).



7. Kokoza A.A., Zagrebina O.N., Grigor'ev V.A., Andre M.E.P. Sravnitel'nye morfofiziologicheskie pokazateli proizvoditelei belugi, ispol'zuemykh na rybovodnykh predpriiatiikh Nizhnei Volgi v raznye vremennye periody [Comparative morphophysiological indicators of beluga producers used at fish farms of the Lower Volga in different time periods]. *Aktual'nye voprosy rybnogo khoziaistva i akvakul'tury basseinov iuzhnykh morei Rossii: materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Rostov-na-Donu, 1–3 oktiabria 2014 g.)*. Rostov-on-Don, Izd-vo IuNTs RAN, 2014. Pp. 145–150 (in Russian).
8. Lakin, G.F. Biometrics M.: *Vyssh. Shk* [Higher. shk.], 1990. 343 p. (in Russian).
9. Mayilyan R.A., Kasimov R.Yu. Regularities of re-maturation and spawning of sturgeons *Dokl. AN AzSSSR*. [Dokl. AN AzSSSR.] 980. T. 36. No. 9. pp. 77–80 (in Russian).
10. Milstein, V.V. Sturgeon breeding. — 2nd ed., Rev. and additional — M. *Legkaya i pishchevaya prom-st'* [Light and food industry], 1982– 150 p. (in Russian).
11. Podushka S.B. Sposob polucheniya ikry ot samok osetrovyykh ryb [Method of obtaining caviar from female sturgeon fish] *Avtorskoye svidetel'stvo SSSR*. № 1412035. 1986. Metod Podushki (in Russian).
12. Raspopov, V.M. Biological characteristics of the spawning population of the Volga beluga (1976–1980). *Ratsional'nyye osnovy vedeniya osetrovogo khozyaystva*. [Rational principles of sturgeon farming. Abstracts of scientific and practical conf]. Volgograd, 1981, pp. 210–211 (in Russian).
13. Raspopov V.M. Beluga Growth Rate of the Caspian Sea. *Vopr. ikhtiologii*. [Vopr. ichthyology] 1993. T. 33. No. 3. pp. 417–426 (in Russian).

### Сведения об авторах

*Васильева Лидия Михайловна* — доктор сельскохозяйственных наук, руководитель, Научно-образовательный центр «Осетроводство» ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет (ул. Татищева, 20а, 414056, Астрахань, Россия). E-mail: bios94@mail.ru

*Магзанова Дамеля Кажигалиевна* — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Научно-образовательный центр «Осетроводство», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» (ул. Татищева, 20а, 414056, Астрахань, Россия). E-mail: dmagzanova@mail.ru

*Судакова Наталья Викторовна* — доцент, кандидат биологических наук, доцент кафедры аквакультуры и болезней рыб, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» (ул. Черниговская, д.5, 196084, г. Санкт-Петербург, Россия). E-mail: sudakorm@mail.ru

*Анохина Адэля Закировна* — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Научно-образовательный центр «Осетроводство», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» (ул. Татищева, 20а, 414056, Астрахань, Россия). E-mail: bios94@mail.ru

*Гуцзяк Светлана Алексеевна* — старший научный сотрудник, Научно-образовательный центр «Осетроводство», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» (ул. Татищева, 20а, 414056, Астрахань, Россия). E-mail: bios94@mail.ru

*Кукушкина Инна Викторовна* — начальник цеха по работе с производителями, Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» НЭКА «БИОС» (ул. Рыбач-



кая, д. 3, 416370, Астраханская область, Икрянинский район, с. Икряное, Россия). E-mail: bios94@mail.ru

### Information about authors

- Vasilyeva Lidia M.* — D.Sc. (Agriculture), Head, Sturgeon Breeding Research & Educational Center, Astrakhan State University (20a Tatishcheva Str., 414056, Astrakhan, Russia). E-mail: bios94@mail.ru
- Magzanova Damelya K.* — Ph.D. (Biology), Senior Researcher, REC “Sturgeon breeding”, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Astrakhan State University” (20a Tatishcheva Str., 414056, Astrakhan, Russia). E-mail: dmagzanova@mail.ru
- Sudakova Natalia V.* — Ph.D. (Biology), Associate Professor, Chair of Aquaculture and Fish Diseases, Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine (5 Chernigovskaya Str., 196084, Saint-Petersburg, Russia). E-mail: sudakorm@mail.ru
- Anokhina Adelya Z.* — Ph.D. (Biology), Senior Researcher, REC “Sturgeon breeding”, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Astrakhan State University” (20a Tatishcheva Str., 414056, Astrakhan, Russia). E-mail: bios94@mail.ru
- Gutsulyak Svetlana A.* — Senior researcher Sturgeon Breeding Research & Educational Center, “Astrakhan state University” (20a Tatishcheva Str., 414056, Astrakhan, Russia). E-mail: bios94@mail.ru
- Kukushkina Inna V.* — Head of the shop for work with manufacturers of the Volga-Caspian branch of the FGBNU “VNIRO” NECA “BIOS” (3 Rybatskaya Str., 416370, Astrakhan region, Ikryaninsky district, with. Ikryanoe, Russia). E-mail: bios94@mail.ru



Т.А. Сергеева, А.Ю. Крук, Е.А. Савичева, Т.Ф. Войтюк, М.В. Книга,  
И.А. Орлов, О.Н. Вишневецкая, С.А. Красовский

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ТЕЛА СЕГОЛЕТКОВ И ГОДОВИКОВ КАРПА РАЗЛИЧНОЙ ПОРОДНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ИЗ БЕЛОРУССКОГО КОЛЛЕКЦИОННОГО СТАДА**

**Аннотация:** В статье приведены результаты сравнения биохимического состава тела сеголетков и годовиков некоторых коллекционных пород карпа, разводимых в СПУ «Изобелино»: немецкого, сарбоянского, отводок изобелинского карпа (столин XVIII, три прим, смесь чешуйчатая), выращенных одновременно, в одинаковых условиях и зимовавших совместно в одном пруду. Установлены породы, характеризующиеся повышенными уровнями содержания сухого вещества, жира, протеина у сеголетков карпа. В результате исследования биохимического состава тела сеголетков карпа разной породной принадлежности, выращенных в одинаковых условиях, проявляется тенденция к увеличению содержания сухого вещества, жира и протеина у коллекционных линий карпа белорусской селекции (изобелинский) по сравнению с породами зарубежной селекции (немецкий и сарбоянский), выращенными одновременно в одинаковых условиях. У годовиков коллекционных линий белорусской селекции отмечается тенденция к увеличению содержания сухого вещества, жира и протеина, снижению содержания влаги по сравнению с зимовавшими совместно коллекционными породами зарубежной селекции. В результате исследования изменения показателей, характеризующих биохимический состав тела, произошедших за зимний период, установлено, что отклонения биохимических показателей, особенно содержания сухого вещества и жира у пород зарубежной селекции значительно выше, чем у линий изобелинского карпа (белорусская селекция). Полученные данные свидетельствуют о большей приспособленности карпа коллекционных линий белорусской селекции к условиям зимовки в Беларуси, по сравнению с импортными породами (немецким и сарбоянским).

**Ключевые слова:** карп, сазан, порода, биохимический состав тела, сеголеток, годовик



T.A. Sergeeva, A.YU. Kruk, E.A. Savicheva, T.F. Voytyuk, M.V. Kniga,  
I.A. Orlov, O.N. Vishnevskaya, S.A. Krasovskij

*RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus  
National Academy of Sciences for Animal Husbandry», Minsk, Belarus*

## **COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF THE BODY OF UNDERYEARLINGS AND YEARLINGS OF CARP OF DIFFERENT BREEDS FROM THE BELARUSIAN COLLECTION**

**Abstract:** Studies of the biochemical body composition were carried out in underyearlings and yearlings of the fifth generation, adapted to the conditions of the second fish breeding zone of imported carp breeds of foreign selection, lines of Belarusian selection (tenth generation), grown simultaneously in ponds with similar hydrochemical conditions with the same feeding regime and sanitary and preventive measures.

As a result of the study, a tendency to an increase in the content of dry matter (22.89 versus 21.81 %), fat (5.24 versus 4.48 %) and protein (15.18 versus 14.88 %) in collection lines of carp of Belarusian selection was established (Isobelinsky) in comparison with foreign breeds (German and Sarbovansky), grown simultaneously in the same conditions. In yearlings of collection lines of Belarusian selection, there is also a tendency to an increase in the content of dry matter (22.46 versus 18.66 %), fat (3.54 versus 2.68 %) and protein (14.89 versus 13.34 %), a decrease in moisture content (77.54 versus 81.64%) compared with overwintered collection breeds of foreign selection.

In all collection groups of carp of Belarusian and foreign selection, after wintering, a decrease in the content of dry matter, fat, protein and an increase in the content of moisture and mineral substances in the body of yearlings was observed in comparison with underyearlings. As a result of the study of changes in indicators characterizing the biochemical composition of the body that occurred during the winter period, it was found that the deviations of biochemical indicators, especially the content of dry matter and fat, in breeds of foreign selection are significantly higher than in Isobelinsky carp lines (Belarusian selection). The established deviations in most of the comparisons are statistically significant. Of all the breed groups considered, the most winter-hardy was the Isobelinsky carp cut “three prim”, in which the consumption of nutrients during the wintering was lower than that of the other experimental repair groups.

**Keywords:** carp, breed, biochemical body composition, underyearlings, yearlings



**Введение.** Повсеместно нарастающий интерес к исследованию биохимии рыб определяется их огромным хозяйственным значением в качестве источника пищевого белка и для человека и для сельскохозяйственных животных. Известно, что из общего количества белка, потребляемого человечеством, наземные системы дают 98 %, а водные 2 %, то есть, почти в 50 раз меньше. При этом, однако, необходимо иметь в виду, что удельный вес животного белка «наземного» происхождения составляет только 5 % (остальные 93 % приходятся на растительный белок), а животного белка «водного» происхождения 1,9 %, то есть, 30 % потребляемого человечеством животного белка [1]. По мере увеличения численности населения планеты потребности в животном белке будут постоянно возрастать. Аквакультура является одной из важнейших отраслей народного хозяйства, которая связана с удовлетворением населения продуктами животного происхождения [2]. Разведение рыб и других водных организмов начинает соперничать с их добычей в естественных водоемах. Возрастающий дефицит пищевого белка ставит перед необходимостью увеличения объемов вылова рыбы в мировом океане. Однако основной прирост добычи рыбы может быть получен только за счет развития мари- и аквакультуры, что также невозможно без разносторонних биохимических исследований различных групп рыб на разных этапах индивидуального развития [3].

**Цели и задачи.** Формирование коллекционного стада пород и линий карпа белорусской и зарубежной селекции включает разностороннюю оценку рыбоводно-биологических особенностей каждой коллекционной породной группы, в том числе и физиолого-биохимические показатели младшего ремонта. Целью данного исследования являлась сравнительная оценка биохимического состава тела сеголетков и годовиков разной породной принадлежности, выращенных одновременно и зимовавших совместно, в одинаковых условиях. Задачи исследования включали оценку биохимического состава тела сеголетков и годовиков, а также его изменения за зимний период у ремонта карпа белорусской и зарубежной селекции.

**Материал и методы исследований.** Формирование коллекционного генофонда пород карпа белорусской и зарубежной селекции проводится на базе селекционно-племенного участка «Изобелино» Молодечненского района Минской области. Исследования биохимического состава тела проводились у сеголетков и годовиков пятого поколения адаптированных к условиям второй зоны рыбоводства завезенных по-



род карпа зарубежной селекции, линий белорусской селекции (десятого поколения), выращенных одновременно в сходных по гидрохимическим условиям прудах с одинаковым режимом кормления и санитарно-профилактических мероприятий [3]. Зимовка младших ремонтных групп карпа разной породной принадлежности, но одинакового возраста (сеголетки) проходила совместно в одном пруду, что позволило исключить влияние экологических факторов на полученный результат. Перед размещением на зимовку рыба каждого происхождения была помечена серийно механическими метками (подрезание плавников) [4]. Техника постановки и проведения экспериментов, опытов базировалась на использовании общепринятых методов, разработанных и рекомендованных РУП «Институт рыбного хозяйства НАН Беларуси», «Всероссийским научно-исследовательским институтом прудового рыбного хозяйства» [5, 6]. Для исследования биохимического состава тела сеголетков и годовиков разной породной принадлежности были отобраны по 10 экз. модального по массе тела класса. Анализы каждого показателя проводились в трехкратной повторности. Химический состав тела определялся по общепринятой методике А.П. Иванова: содержание сухого вещества — методом высушивания до постоянного веса при температуре 100–105 °С, содержание золы — путем сжигания в муфельной печи, жир — по способу Рушковского в аппарате Сокслета [7, 8, 9]. Статистические показатели рассчитывались по общепринятым методикам. Достоверность различий определялась с помощью нормированного отклонения ( $t$ ) [10, 11].

**Обсуждение результатов исследований.** Средняя величина содержания сухого вещества в теле сеголетков коллекционных пород зарубежной селекции составляет 2,81 % (табл. 1).

Отличия между немецким и сарбоянским карпом не значительны (21,77 и 21,84 %) и статистически не достоверны (табл. 2). У линий белорусской селекции, представленных отводками изобелинского карпа, содержание сухого вещества несколько выше и в среднем составляет 22,89 %. Из отводок изобелинского карпа пониженным содержанием сухого вещества отличается отводка три прим. При сравнении ее с породами зарубежной селекции статистически значимых отклонений не установлено. Статистически значимые отклонения в сторону повышения содержания сухого вещества в теле сеголетков установлены у чешуйчатых отводок изобелинского карпа XVIII и смесь чешуйчатая.

Таблица 1. Биохимический состав тела (%) сегментов разной породной принадлежности  
 Table 1. Biochemical composition of the body (%) of fingerlings of different breeds

Породная принадлежность	Сухое вещество		Влага		Зола		Жир		Протеин	
	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv						
Импортные породы										
Немецкий	21,77±0,15	5,3	78,23±0,15	1,5	2,41±0,02	6,4	4,45±0,14	23,5	14,92±0,06	3,2
Сарбоянский	21,84±0,48	7,0	78,16±0,48	2,0	2,49±0,05	6,9	4,51±0,40	28,1	14,85±0,27	5,7
$\bar{x}$ зарубежные породы	21,81±0,14	6,2	78,20±0,15	1,8	2,45±0,02	6,7	4,48±0,12	25,8	14,88±0,07	4,5
Линии белорусской селекции										
Изобелинский:	23,56±0,35	4,8	76,44±0,35	1,5	2,50±0,04	5,3	5,56±0,33	19,0	15,50±0,11	2,3
три прим	22,01±0,47	6,8	77,99±0,47	1,9	2,51±0,05	6,1	4,79±0,43	28,4	14,72±0,11	2,4
смесь чешуйчатая	23,11±0,13	4,5	76,89±0,14	1,4	2,43±0,02	6,8	5,38±0,11	16,5	15,32±0,08	3,8
$\bar{x}$ белорусские линии	22,89±0,11	5,4	77,11±0,11	1,6	2,48±0,01	6,1	5,24±0,10	21,3	15,18±0,04	2,8



**Таблица 2. Оценка статистической достоверности различий биохимического состава тела сеголетков разной породной принадлежности**

**Table 2. Evaluation of the statistical reliability of differences in the biochemical composition of the body of fingerlings of different breeds**

Сравниваемые группы	Сухое вещество		Влага		Жир		Протеин		Зола	
	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P
Немецкий — сарбоянский	0,14	>0,1	0,14	>0,1	0,14	>0,1	0,25	>0,1	1,43	>0,1
Немецкий — столин XVIII	4,70	<0,01	4,70	<0,01	3,10	<0,02	4,63	<0,01	2,01	<0,1
Немецкий — три прим	0,49	>0,1	0,49	>0,1	0,75	>0,1	1,60	>0,1	1,86	<0,1
Немецкий — смесь чешуйчатая	6,75	<0,001	6,53	<0,001	5,22	<0,001	4,00	<0,01	0,71	>0,1
Сарбоянский — столин XVIII	2,90	<0,02	2,90	<0,02	2,02	<0,1	2,23	<0,1	0,16	>0,1
Сарбоянский — три прим	0,25	>0,1	0,25	>0,1	0,48	>0,1	0,45	>0,1	0,28	>0,1
Сарбоянский — смесь чешуйчатая	2,55	<0,05	2,54	<0,05	2,10	<0,1	1,67	>0,1	1,11	>0,1
$\bar{x}$ зарубежные породы — $\bar{x}$ белорусские линии	6,07	<0,001	5,86	<0,001	4,87	<0,001	3,72	<0,01	1,34	>0,1

Содержание влаги — показатель обратно пропорциональный содержанию сухого вещества. Следовательно, у пород зарубежной селекции этот показатель выше, чем у карпа белорусской селекции. Статистически значимые отклонения содержания влаги установлены в тех же вариантах сравнения, как и при сравнении содержания сухого вещества.

Содержание жира в теле сеголетков пород зарубежной селекции составило 4,48 %. Различие между породами не значительно 4,45 % у немецкого карпа и 4,51 % у сарбоянского. Содержание жира в теле сеголетков отводок изобелинского карпа в среднем составило 5,24 %. Среди отводок изобелинского карпа пониженным содержанием жира



отличалась отводка три прим (4,79 %). При сравнении отводок три прим и смесь чешуйчатая с породами зарубежной селекции статистически значимых различий не установлено, а отводка XVIII характеризовалась статистически значимым повышенным содержанием жира.

Содержание минеральных веществ (зола) в теле сеголетков карпа зарубежной селекции в среднем составило 2,45 %, а отводок изобелинского карпа 2,48 %, то есть значительных отклонений этого признака у карпа разного происхождения не установлено. Это подтверждается отсутствием статистически значимых отклонений при сравнении пород и линий белорусской и зарубежной селекции.

Содержание протеина у пород зарубежной селекции несколько ниже, чем у карпа белорусской селекции (14,88 % против 15,18 %). Выявленные различия статистически достоверны. Среди коллекционных зарубежных пород повышенным содержанием протеина характеризовался немецкий карп (14,92 %), среди отводок изобелинского карпа XVIII (15,50 %). Статистически достоверные различия установлены при сравнении немецкого крапа (в сторону уменьшения показателя) с чешуйчатыми отводками изобелинского карпа XVIII и смесь чешуйчатая. У сеголетков показатели содержания сухого вещества, протеина и минеральных веществ относились (в соответствии с классификацией Е.С. Слуцкого) [11] к признакам с низкой степенью изменчивости (менее 10 %). Содержание жира у годовиков характеризовалось степенью вариабельности (около 20 % и более).

Таким образом, при исследовании биохимического состава тела сеголетков карпа разного происхождения, проявляется тенденция к увеличению содержания сухого вещества, жира и протеина у карпа белорусской селекции (изобелинский) по сравнению с породами зарубежной селекции (немецкий и сарбоянский), выращенными одновременно в одинаковых условиях.

При исследовании карпа разной породной принадлежности из коллекционного стада СПУ «Изобелино» установлено, что содержание сухого вещества в теле годовиков колебалась в пределах 18,36 до 22,80 % (табл. 3). Среди пород зарубежной селекции (пятое поколение, выращенное в условиях Беларуси) некоторым незначительным и статистически не достоверным преимуществом (табл. 4) характеризовался сарбоянский карп по сравнению с немецким (18,95 против 18,36 %). В среднем, содержание сухого вещества в теле сеголетков коллекционных пород зарубежной селекции, зимовавших совместно, то есть в одинаковых условиях, составило 18,66 %.



Таблица 3. Биохимический состав тела (%) годовиков разной породной принадлежности  
Table 3. Biochemical composition of the body (%) of yearlings of different breeds

Породная принадлежность	Сухое вещество		Влага		Зола		Жир		Протеин	
	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv
Немецкий	18,36±0,65	11,2	81,64±0,65	2,5	2,77±0,08	8,9	2,84±0,15	17,1	12,78±0,42	10,4
Сарбоянский	18,95±0,15	2,5	81,05±0,15	0,6	2,72±0,05	6,0	2,33±0,10	13,8	13,90±0,10	2,2
$\bar{x}$ зарубежные породы	18,66±0,28	6,8	81,34±0,27	1,5	2,74±0,04	7,4	2,58±0,04	15,4	13,34±0,19	6,3
Изобе-линский: ХVIII	22,80±0,53	7,4	77,20±0,53	1,7	3,36±0,14	13,2	4,25±0,18	13,5	15,45±0,59	12,1
три прим	21,35±0,81	12,0	75,65±0,93	3,9	2,92±0,12	12,6	3,72±0,26	22,4	14,71±0,79	14,2
смесь чешуйчатая	20,22±0,07	1,1	79,78±0,07	0,3	2,72±0,05	5,4	2,65±0,05	6,3	14,52±0,07	1,5
$\bar{x}$ белорусские линии	22,46±0,22	6,8	77,54±0,27	1,9	3,00±0,06	10,4	3,54±0,09	14	14,89±0,25	9,3

Таблица 4. Оценка статистической достоверности различий биохимического состава тела годовиков разной породной принадлежности  
Table 4. Evaluation of statistical reliability of differences in the biochemical composition of the body of yearlings of different breeds

Сравниваемые группы	Сухое вещество		Влага		Жир		Протеин		Зола	
	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P
Немецкий — сарбоянский	0,86	>0,1	0,88	>0,1	2,83	<0,02	1,84	<0,1	0,55	>0,1
Немецкий — стотин ХVIII	5,35	<0,001	5,28	<0,001	6,02	<0,001	3,71	<0,02	3,68	<0,01
Немецкий — три прим	2,88	=0,1	5,30	<0,001	2,93	<0,01	2,17	<0,05	1,07	>0,1
Немецкий — смесь чешуйчатая	2,86	=0,1	2,86	=0,1	1,20	>0,1	4,04	<0,001	0,55	>0,1
Сарбоянский — стотин ХVIII	4,53	<0,001	7,00	<0,001	9,60	<0,001	2,62	<0,02	4,27	<0,001
Сарбоянский — три прим	2,91	<0,01	5,74	<0,001	4,96	<0,001	1,02	>0,1	1,54	>0,1
Сарбоянский — смесь чешуйчатая	1,34	>0,1	7,90	<0,001	2,90	=0,1	5,17	<0,001	0,00	>0,1
$\bar{x}$ зарубежные породы — $\bar{x}$ белорусские линии	7,30	<0,001	10,00	<0,001	9,80	<0,001	5,00	<0,001	3,70	<0,001



Одновременно с указанными коллекционными породами зарубежной селекции были выращены, а, следовательно, и зимовали, младшие ремонтные группы отводок изобелинского карпа (белорусская селекция). Повышенным содержанием сухого вещества характеризовались годовики чешуйчатой отводки столин XVIII 22,80 %, пониженным — отводки смесь чешуйчатая (20,22 %). В среднем содержание сухого вещества в теле годовиков белорусской селекции составило 21,50 %, что значительно выше, чем у коллекционных пород зарубежной селекции. Установленные различия между средним групповыми показателями статистически достоверны ( $P < 0,001$ ). Во всех вариантах сравнения немецкого и сарбоянского карпа с отводками изобелинского (за исключением сарбоянского с отводкой смесь чешуйчатая) установлены статистически достоверные отклонения в сторону увеличения содержания сухого вещества у белорусского карпа.

Поскольку содержание влаги обратно пропорционально содержанию сухого вещества, годовики пород зарубежной селекции характеризуются повышенной обводненностью по сравнению с карпом белорусской селекции. Статистически значимые отклонения содержания влаги установлены в тех же вариантах сравнения, как и при сравнении содержания сухого вещества.

Содержание золы (минеральных веществ) в теле годовиков у пород зарубежной селекции составило в среднем 2,74 %. Годовики пород немецкий и сарбоянский отличались незначительно (2,77 и 2,72 %). Из отводок изобелинского карпа повышенным содержанием минеральных веществ отличалась отводка столин XVIII (3,36 %). Статистически значимые отклонения установлены при сравнении этой отводки с коллекционными породами зарубежной селекции, зимовавшими совместно. В среднем содержание минеральных веществ в теле годовиков отводок изобелинского карпа выше, чем у коллекционных пород зарубежной селекции и составило 3,00 %. Установленные различия статистически достоверны.

Содержание жира в теле годовиков коллекционных пород зарубежной селекции в среднем составило 2,58 %. Некоторым преимуществом по данному показателю характеризовался немецкий карп по сравнению с сарбоянским (2,84 против 2,33 %). Установленное отклонение статистически достоверно при уровне значимости менее 0,1 %. Средний уровень содержания жира у изобелинского карпа составил 3,54 %, то есть значительно выше, чем у зарубежных пород. Макси-



мальной величиной содержания жира в теле характеризовались годовики отводки столин XVIII (4,25 %), минимальной — отводки смесь чешуйчатая (2,65 %). Во всех вариантах сравнения, за исключением пары немецкий — смесь чешуйчатая, установлены статистически достоверные различия.

Повышенным содержанием протеина характеризовался сарбоянский карп по сравнению с немецким, однако установленные различия оказались статистически не достоверными. Из отводок изобелинского карпа повышенное содержание протеина отмечено у столин XVIII (15,45 %), пониженное у смеси чешуйчатой (14,52 %). Статистически достоверные преимущества отводки столин XVIII установлены при сравнении с немецким и сарбоянским карпом. В среднем у отводок изобелинского карпа содержание протеина в теле годовиков статистически значимо выше, чем у коллекционных пород зарубежной селекции. У годовиков показатели содержания сухого вещества, жира, протеина и минеральных веществ относились к признакам с низкой и средней степенью изменчивости (менее 10 % и до 20 %).

Таким образом, у годовиков коллекционных линий белорусской селекции наблюдается тенденция к увеличению содержания сухого вещества, жира и протеина, снижению содержания влаги по сравнению с зимовавшими совместно коллекционными породами зарубежной селекции.

У чистопородных коллекционных групп отклонения содержания сухого вещества в теле годовиков по сравнению с сеголетками снизилось с колебаниями от 3,41 (немецкий карп) до 0,66 (отводка три прим) % (табл. 5). Потеря сухого вещества у годовиков пород зарубежной селекции составила 3,41 (немецкий карп) и 2,89 (сарбоянский карп). Установленные отклонения статистически достоверны (табл. 6). Уровень потери содержания сухого вещества у отводки изобелинского карпа смесь чешуйчатая оказался самым высоким из линий белорусской селекции (2,89). Отклонение от сеголетков этой группы статистически достоверно. Для отводок столин XVIII и три прим потеря сухого вещества значительно ниже и составляет 0,88 и 0,66 %. Установленные для них отклонения статистически не достоверны. Средняя величина снижения содержания сухого вещества за зимовку у коллекционных пород зарубежной селекции значительно выше, чем у карпа белорусской селекции (3,15 против 1,37 %).

**Таблица 5. Сравнительная характеристика отклонений биохимического состава тела годовиков от сеголетков карпа разной породной принадлежности (%)**

**Table 5. Comparative characteristics of deviations of the biochemical composition of the body of yearlings from carp fingerlings of different breeds (%)**

Происхождение		Сухое вещество	Зола	Жир	Протеин
Немецкий		-3,41	0,36	-1,61	-2,14
Сарбоянский		-2,89	0,23	-2,18	-0,95
$\bar{x}$ зарубежные породы		-3,15	0,29	-1,90	-1,54
Изобелинский:	столин XVIII	-0,88	0,86	-1,31	-0,05
	три прим	-0,66	0,41	-1,07	-0,01
	смесь чешуйчатая	-2,89	0,29	-2,73	-0,80
$\bar{x}$ белорусские линии		-1,37	0,52	-1,70	-0,29

**Таблица 6. Оценка статистической достоверности отклонений биохимических показателей сеголетков от годовиков карпа разной породной принадлежности**

**Table 6. Evaluation of statistical reliability of deviations of biochemical parameters of fingerlings from yearlings of carp of different breed affiliation**

Происхождение		Сухое вещество		Зола		Жир		Протеин	
		t	P	t	P	t	P	t	P
Немецкий		5,08	<0,001	4,50	<0,001	7,61	<0,001	5,09	<0,001
Сарбоянский		5,78	<0,001	5,30	<0,001	5,30	<0,001	3,39	<0,01
$\bar{x}$ зарубежные породы		10,10	<0,001	3,20	<0,01	15,07	<0,001	7,70	<0,001
Изобелинский:	столин XVIII	1,40	>0,1	6,10	<0,001	3,54	<0,01	0,08	>0,1
	три прим	0,70	>0,1	3,15	<0,01	2,14	<0,05	0,01	>0,1
	смесь чешуйчатая	19,26	<0,001	5,80	<0,001	22,75	<0,001	0,80	>0,1
$\bar{x}$ белорусские линии		1,79	>0,1	8,60	<0,001	13,02	<0,001	1,16	>0,1

За зимний период относительное содержание минеральных веществ в теле годовиков по сравнению с сеголетками несколько увеличилось. Среди пород зарубежной селекции максимальное отклонение установлено для немецкого карпа (0,36 %), среди отводок изобелинского карпа



у столин XVIII (0,86 %). При сравнении средних показателей карпа зарубежной и белорусской селекции установлено повышенное отклонение по содержанию минеральных веществ у белорусских линий по сравнению с зарубежными породами (0,52 против 0,29 %). Все рассмотренные варианты сравнения сеголетков и годовиков по данному показателю статистически достоверны.

В процессе зимовки у годовиков всех коллекционных групп разной породной принадлежности произошло снижение содержания жира. Все варианты сравнения содержания жира между сеголетками и годовиками статистически достоверны. Среди пород зарубежной селекции некоторое преимущество установлено для немецкого карпа, у которого снижение содержания жира ниже, чем у сарбоянского (1,61 против 2,18 %). Среди отводок изобелинского карпа пониженным уровнем потери жира характеризуется отводка три прим (1,07 %), повышенным — смесь чешуйчатая (2,73 %).

У всех совместно зимовавших годовиков разной породной принадлежности произошло снижение содержания протеина по сравнению с сеголетками. У коллекционных пород зарубежной селекции этот показатель выше, чем у белорусских линий (1,54 против 0,2 %). Сравнение годовиков и сеголетков пород зарубежной селекции указывает на статистически значимые отклонения между весенними и осенними показателями, а сравнение отклонений отводок изобелинского карпа — на их отсутствие. Самым значительным уровнем снижения содержания протеина характеризуется немецкий карп (2,14 %), минимальные отклонения установлены для годовиков отводки три прим. В целом величины этого показателя отличаются высокой вариабельностью (0,01–0,95 %). Из всех рассмотренных породных групп, выращенных в одинаковых условиях, наиболее зимостойкой оказалась отводка изобелинского карпа три прим, у которой расход питательных веществ за зимовку оказался ниже, чем у остальных опытных групп ремонта.

В целом отклонения биохимического состава тела у годовиков из линий белорусской селекции (изобелинский карп) оказались ниже, чем у коллекционных пород зарубежной селекции (рис.). Таким образом, по показателям, характеризующим состав тела сеголетков и годовиков, а также изменениям рассмотренных признаков, произошедших за зимний период, породы зарубежной селекции, зимовавшие совместно с белорусским карпом, уступали последним.

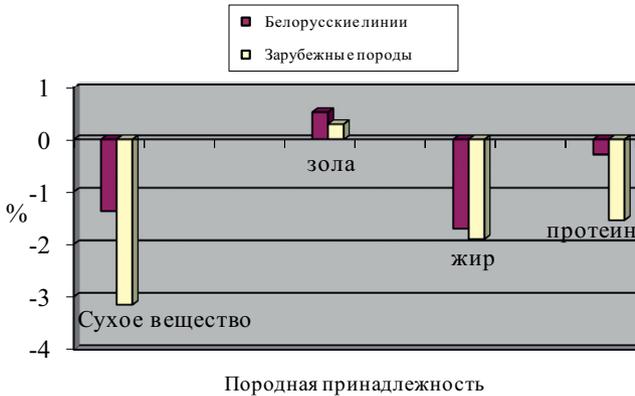


Рис. Средние отклонения биохимического состава тела годовиков от сеголетков у коллекционного карпа белорусской и зарубежной селекции  
Fig. Average deviations of the biochemical composition of the body of yearlings from fingerlings in collectible carp of Belarusian and foreign breeding

### Выводы

1. В результате исследования биохимического состава тела у сеголетков карпа разной породной принадлежности, выращенных в одинаковых условиях, проявляется тенденция к увеличению содержания сухого вещества, жира и протеина у коллекционных линий карпа белорусской селекции (изобелинский) по сравнению с породами зарубежной селекции (немецкий и сарбомянский), выращенными одновременно в одинаковых условиях.

2. У годовиков коллекционных линий белорусской селекции наблюдается тенденция к увеличению содержания сухого вещества, жира и протеина, снижению содержания влаги по сравнению с зимовавшими совместно коллекционными породами зарубежной селекции.

3. У всех коллекционных групп карпа белорусской и зарубежной селекции после зимовки наблюдалось снижение содержания сухого вещества, жира, протеина и повышение содержания влаги и минеральных веществ в теле годовиков по сравнению с сеголетками. Из всех рассмотренных породных групп наиболее зимостойкой оказалась отводка изобелинского карпа три прим, у которой расход питательных веществ за зимовку оказался ниже, чем у остальных опытных групп ремонта.

4. В результате исследования изменения показателей, характеризующих биохимический состав тела, произошедших за зимний период, уста-



новлено, что отклонения биохимических показателей, особенно содержания сухого вещества и жира у пород зарубежной селекции значительно выше, чем у линий изобелинского карпа (белорусская селекция).

5. Показатели биохимического состава тела младших ремонтных групп коллекционных пород и линий белорусской и зарубежной селекции в основном относились (в соответствии с классификацией Е.С. Слуцкого) к признакам с низкой и средней степенью изменчивости (менее 10 % и до 20 %). Исключение составил показатель содержания жира у годовиков, который характеризовался сильной степенью вариабельности (около 20 % и более).

### Список использованных источников

1. Шульгин, Ю.П. Рыбные продукты в питании населения России и состояние общественного здоровья / Ю.П. Шульгин, Л.В. Шульгина // Рыбное хозяйство. — 2006. — №3. — С. 22–24.
2. Богерук, А.К. Особенности пороодообразования в аквакультуре России / А.К. Богерук // Рыбоводство и рыбное хозяйство. — 2006. — №11. — С. 2–7.
3. Таразевич, Е.В. Селекционно-генетические основы создания и использования белорусских пород и породных групп карпа: моногр / Е.В. Таразевич. — Минск, 2008. — 224 с.
4. Таразевич, Е.В. Проблема сохранения генофонда карпов в республике Беларусь. / Е.В. Таразевич, М.В. Книга, А.П. Семенов, В.В. Шумак // Проблемы интенсификации производства продуктов животноводства: тезисы докладов международной научно-практической конференции (9–10 октября 2008 г.). — Жодино, 2008. — С. 118–119.
5. Таразевич, Е.В. Технологическая инструкция по разведению племенного карпа белорусской селекции / Е.В. Таразевич, М.В. Книга, А.П. Семенов, В.Б. Сазанов, Л.С. Дударенко, А.П. Ус // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси. — Минск, 2006. — С. 6–20.
6. Сборник нормативно - технологической документации по товарному рыбоводству. — М. «Агропромиздат», 1986. — т.1 — С. 4–105.
7. Иванов А.П. Химический анализ рыб и их кормов / А.П. Иванов. — М.: Рыбное хозяйство, 1963. — 37 с.
8. Лиманский, В.В. Инструкция по физиолого-биохимическим анализам рыбы / В.В. Лиманский. — М.: ВНПО по рыбоводству ВНИИПРХ, 1984. — 59 с.
9. Клейменов, И.Я. Химический и весовой состав рыб в водоемах СССР и зарубежных стран / И.Я. Клейменов. — М., 1962. — 141 с.
10. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. — Минск: Вышэйшая школа, 1973. — С. 24–53.
11. Слуцкий, Е.С. Фенотипическая изменчивость рыб (селекционный аспект) / Е.С. Слуцкий // Изв. Гос НИОРХ. — 1978. — т. 134. — С. 3–132.

**Reference**

1. Shul'gin, YU.P., Shul'gina L.V. Rybnye produkty v pitanii naseleniya Rossii i sostoyanie obshchestvennogo zdorov'ya [Fish products in the diet of the population of Russia and the public health]. *Rybnoe khozyaistvo = Fishery*, 2006, no.3, pp.22–24 (in Russian).
2. Bogeruk, A.K. Osobennosti porodoobrazovaniya v akvakul'ture Rossii. [Features of breed formation in aquaculture in Russia]. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaistvo = Fish farming and fishery*, 2006, no.11, pp. 2–7 (in Russian).
3. Tarazevich, E.V. Seleksionno-geneticheskie osnovy sozdaniya i ispol'zovaniya belorusskikh porod i porodnykh grupp karpa: monogr. [Breeding and genetic foundations for the creation and use of Belarusian breeds and breed groups of carp: monograph.]. Minsk, 2008, 224 p. (in Russian).
4. Tarazevich, E.V., Kniga M.V., Semenov A.P., Shumak V.V. Problema sokhraneniya genofonda karpov v respublike Belarus' [Breeding and genetic foundations and the problem of preserving the carp gene pool in the Republic of Belarus.]. *Problemy intensivatsii proizvodstva produktov zhivotnovodstva: tezisy dokladov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (9-10 oktyabrya 2008 g.)* [Problems of intensifying the production of livestock products: abstracts of the international scientific and practical conference (October 9-10, 2008)], Zhodino, 2008, pp. 118–119 (in Russian).
5. Tarazevich, E.V., Kniga M.V., Semenov A.P., Sazanov V.B., Dudarenko L.S., Us A.P. Tekhnologicheskaya instruktsiya po razvedeniyu plemennogo karpa belorusskoi seleksii [Technological instruction for breeding pedigree carp of Belarusian selection]. *Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture v Belarusi* [Collection of scientific, technological and methodological documentation on aquaculture in Belarus.], Minsk, 2006, pp. 6–20 (in Russian).
6. *Sbornik normativno — tekhnologicheskoi dokumentatsii po tovarnomu rybovodstvu* [Collection of regulatory and technological documentation for commercial fish farming]. Moscow, «Agropromizdat», 1986, t.1, pp. 4–105 (in Russian).
7. Ivanov A.P. Khimicheskii analiz ryb i ikh kormov [Chemical analysis of fish and their food.]. Moscow: *Ribnoe hozyaistvo*, 1963, pp. 37 (in Russian).
8. Limanskii, V.V. Instruktsiya po fiziologo-biokhimicheskim analizam ryby [Chemical analysis of fish Instruction on physiological and biochemical analysis of fish and their feed.]. Moscow: VNPO po ribovodstvu VNIIPRH, 1984, pp. 59 (in Russian).
9. Kleimenov, I.YA. Khimicheskii i vesovoi sostav ryb v vodoemakh SSSR i zarubezhnykh stran [Chemical and Weight Composition of Fish in Water Bodies of the USSR and Foreign Countries]. Moscow, 1962, pp. 141 (in Russian).
10. Rokitskii, P.F. Biologicheskaya statistika [Biological statistics]. Minsk: *Vyshehishaya shkola*, 1973, pp. 24–53 (in Russian).
11. Slutskii, E.S. Fenotipicheskaya izmenchivost' ryb (seleksionnyi aspekt) [Phenotypic variability of fish (breeding aspect)]. *Ezv. Gos NIORKH*, 1978, t. 134, pp. 3 — 132 (in Russian).



## Сведения об авторах

*Сергеева Татьяна Александровна* — заведующий лабораторией селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tasergeeva@tut.by

*Крук Анастасия Юрьевна* — младший научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nastilyu2310@gmail.com

*Савичева Екатерина Андреевна* — магистр, младший научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: kiz\_katya@rambler.ru

*Войтюк Татьяна Федоровна* — ведущий специалист лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Книга Мария Владимировна* — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Орлов Иван Анатольевич* — научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Вишневская Ольга Николаевна* — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belaboka@internet.ru

*Красовский Станислав Александрович* — младший научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

## Information about the authors

*Sergeeva Tatiana A.* — head of the laboratory of selection and breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: tasergeeva@tut.by

*Kruk Anastasia Yu.* — junior researcher of the laboratory of selection and breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: nastilyu2310@gmail.com



- Savicheva Ekaterina A.* — master, junior researcher of the laboratory of selection and breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: kiz\_katya@rambler.ru
- Voytyuk Tatyana F.* — leading specialist of the laboratory of selection and breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by
- Kniga Maria V.* — Ph.D. (agricultural), leading researcher of the laboratory of selection and breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by
- Orlov Ivan A.* — researcher of the laboratory of selection and breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by
- Vishnevskaya Olga N.* — Ph.D. (Agricultural), senior researcher of Breeding and Breeding work, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). Email: belniirh@tut.by E-mail: belaboka@internet.ru
- Krasovskij Stanislav A.* — junior researcher of the laboratory of selection and breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by



Т.А. Сергеева<sup>1</sup>, И.А. Орлов<sup>1</sup>, Е.А. Савичева<sup>1</sup>, Т.Ф. Войтюк<sup>1</sup>, М.В. Книга<sup>1</sup>,  
А.Ю. Крук<sup>1</sup>, С.А. Красовский<sup>1</sup>, О.Н. Вишневская<sup>1</sup>, Е.В. Таразевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», Минск, Беларусь

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ТЕЛА СЕГОЛЕТКОВ И ГОДОВИКОВ АМУРСКОГО САЗАНА ИЗ БЕЛОРУССКОГО КОЛЛЕКЦИОННОГО СТАДА

**Аннотация:** В статье представлены данные по биохимическому составу (содержанию сухого вещества, влаги, жира, протеина и минеральных веществ) сеголетков и годовиков амурского сазана и средние значения для коллекционного карпа белорусской и зарубежной селекции. При формировании первой и третьей генераций девятого поколения коллекционного амурского сазана использовали завезенный генетический материал (молоки). С целью минимизировать влияние среды на полученные результаты сравнительная оценка биохимических показателей опытных групп проводилась отдельно для каждого из вариантов выращивания и зимовки. Среднее содержание сухого вещества в теле сеголетков опытных групп сазана составило 25,0 (вариант 1) и 24,89 % (вариант 2), влаги — 75,0 и 74,1 %, жира — 6,5 и 5,6 %, минеральных веществ — 2,8 и 2,6 %, протеина — 15,7 и 16,6 %. Среднее содержание сухого вещества в теле годовиков сазана составило 21,3 (вариант 1) и 22,3 % (вариант 2), влаги — 78,7,0 и 77,9 %, жира — 3,8 и 3,7 %, минеральных веществ — 3,0 и 2,9 %, протеина — 14,5 и 15,4 %. В процессе зимовки произошло снижение содержания сухого вещества, жира и протеина в теле рыбы и увеличение содержания влаги и минеральных веществ (зола). В целом, у сеголетков сазана наблюдается тенденция к увеличению содержания сухого вещества, жира, протеина и минеральных веществ по сравнению с карпом разного происхождения.

**Ключевые слова:** сазан, карп, сеголеток, годовик, биохимический состав тела



T.A. Sergeeva<sup>1</sup>, I.A. Orlov<sup>1</sup>, E.A. Savicheva<sup>1</sup>, T.F. Voytyuk<sup>1</sup>, M.V. Kniga<sup>1</sup>,  
A.Yu. Kruk<sup>1</sup>, S.A. Krasovskij<sup>1</sup>, O.N. Vishneuskaya<sup>1</sup>, E.V. Tarazevich<sup>2</sup>

<sup>1</sup>RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry», Minsk, Belarus

<sup>2</sup>Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus,

## COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF THE BODY OF FINGERLINGS AND YEARLINGS OF THE AMUR CARP FROM THE BELARUSIAN COLLECTION HERD

**Abstract:** The article presents data on the biochemical composition (dry matter content), moisture, fat, protein and mineral substances of fingerlings and yearlings of the Amur carp and the average values for the collection carp of Belarusian and foreign breeding. Imported genetic material (milk) was used in the formation of the first and third generations of the ninth generation of the Amur carp collection. In order to minimize the influence of the environment on the results obtained, a comparative assessment of the biochemical parameters of the experimental groups was carried out separately for each of the growing and wintering options. The average dry matter content in the body of fingerlings of the experimental groups of carp was 25.0 (option 1) and 24.89 % (option 2), moisture 75.0 and 74.1 %, fat 6.5 and 5.6 %, minerals 2.8 and 2.6 %, protein 15.7 and 16.6 %. The average dry matter content in the body of carp yearlings was 21.3 (option 1) and 22.3 % (option 2), moisture 78.7.0 and 77.9 %, fat 3.8 and 3.7 %, minerals 3.0 and 2.9 %, protein 14.5 and 15.4 %. During wintering, there was a decrease in the content of dry matter, fat and protein in the body of fish and an increase in the content of moisture and minerals (ash). In general, Amur carp fingerlings have a tendency to increase the content of dry matter, fat, protein and minerals compared to carp of different origin.

**Keywords:** carp, carp, fingerling, yearling, biochemical composition of the body

**Введение.** Достижения гибридизации, описанные в литературе, выраженные в проявлении эффекта гетерозиса по выживаемости и устойчивости к заболеваниям, особенно у сеголетков и годовиков, полученных при скрещивании карпа с амурским сазаном, явились основанием для завоза амурского сазана ханкайской популяции в Республику Беларусь [1, 2]. В процессе адаптации происходило приспособление завезенного материала к местным условиям. Доля наследственности в изменчивости признаков, связанных с жизнеспособностью и устойчивос-



тью к неблагоприятным условиям, невелика [1], потому определенный интерес представляет исследование биохимического состава тела младших ремонтных групп, которое опосредованно позволяет оценить приспособленность формируемого в Беларуси генофонда сазана к имеющимся условиям среды. Характеристика имеющегося материала по рыбоводно-биологическим показателям необходима для оценки его качества и адаптации к местным условиям выращивания. Одной из основных характеристик качества рыбопосадочного материала наряду с рыбохозяйственными показателями является его физиолого-биохимическая характеристика, отражением которой является состав тела. В Республике Беларусь сформирован коллекционный генофонд пород и линий карпа отечественной и зарубежной селекции, который включает и амурского сазана ханкайской популяции, завезенного в республику в 76–78 гг. прошлого века [3]. Величины расхода питательных веществ за зимний период характеризуют подготовку рыбы к зимовке и ее физиологическое состояние, обусловленных, прежде всего, условиями выращивания, а также условиями зимовки. Очевидно, снижение расхода питательных веществ и, прежде всего, содержания сухого вещества, жира и протеина характерны для более зимостойких пород. В ряде работ детально рассматриваются физиолого-биохимические особенности карпа на этапе формирования младшего ремонта [4, 5, 6].

**Материал и методика исследования.** Формирование коллекционного генофонда амурского сазана ханкайской популяции проводится на базе селекционно-племенного участка «Изобелино» Молодечненского района Минской области. В республике амурский сазан воспроизводится «в себе» на протяжении девяти поколений. В настоящее время в коллекционном стаде имеются потомки завезенного генетического материала, представленные восьмым (производители) и девятым (ремонт) поколениями сазана [7, 8]. С целью увеличения генетического разнообразия и снижения эффекта инбридинга амурского сазана из коллекционного стада белорусской популяции, в соответствии с программой обмена генетическим материалом с Россией, из коллекционного генофонда ВНИППХ были завезены охлажденные (в термоконтейнере при  $t = 2-3$  °C) молоки сазана, и осуществлено оплодотворение икры самок сазана белорусской популяции из коллекционного стада СПУ «Изобелино». Девятое поколение сазана представлено тремя генерациями. При формировании первой и третьей генераций использовали завезенный генетический материал (молоки). В первом варианте



при оплодотворении завезенными молоками амурского сазана использована икра от двух самок, отличающихся по генотипу Tf (1-я АА, 2-я АУ). Получены три опытные группы: I-я и II-я — помеси с завезенным генетическим материалом, III-я сазан из белорусской популяции (контроль). Во втором варианте смесь икры от нескольких самок из коллекционной белорусской популяции амурского сазана девятого поколения оплодотворяли завезенными молоками от различных самцов (4 варианта, обозначенных далее как Р-1, Р-2 Р-3, Р-4). В качестве контроля использовали потомство сазана из белорусской популяции. Одновременно с сазаном в аналогичных условиях были выращены чистопородные селекционные и коллекционные группы карпа белорусской селекции. Биохимические показатели состава тела сеголетков и годовиков сазана из белорусской популяции и опытных помесных групп, полученных в результате оплодотворения икры местных самок завезенными молоками, сравнивали между собой и с аналогичными показателями коллекционных пород и линий карпа белорусской и зарубежной селекции, полученных одновременно в одинаковых условиях. Личинку сазана и карпа зарыбляли с плотностью посадки 25 тыс. экз./га и выращивали в монокультуре. Сеголетков из каждой опытной группы сазана и коллекционных пород карпа выращивали отдельно в двух повторностях в сходных прудах с одинаковым режимом кормления, санитарно-профилактических мероприятий, в одинаковых гидрохимических условиях [9]. Годовиков опытных групп после серийного механического мечения размещали на зимовку совместно в один пруд.

Биохимический состав тела определяли по методике, прилагаемой к прибору «FoodScan 2Lab/Pro» [10]. Для проведения исследований из каждой опытной и контрольной групп из каждого пруда было отобрано по 30 экз. сеголетков и годовиков сазана и карпа коллекционных пород. Статистические показатели рассчитывали по общепринятым методикам [11].

**Обсуждение результатов исследований.** В первом варианте опытного выращивания младшего ремонта среди сеголетков опытных групп амурского сазана, представленных белорусской популяцией первой генерацией девятого поколения и помесных групп, полученных от скрещивания местных самок с завезенными молоками, содержание сухого вещества колебалось незначительно (24,1–25,3 %) и в среднем составило 25,0 % (табл. 1). Сравнение содержания сухого вещества у сеголетков опытных помесей сазана с сазаном из белорусской популяции



и карпом разной породной принадлежности указывает на отсутствие статистически значимых отклонений (табл. 2). У годовиков же величина этого показателя колебалась в значительных пределах — от 18,7 % (сазан II) до 23,6 % (сазан-б — белорусская популяция). Статистически значимые отклонения отмечены при сравнении сазана из белорусской популяции с опытной помесной группой II. За период зимовки произошло снижение содержания сухого вещества. Минимальное снижение содержания сухого вещества за зимний период наблюдается у сазана из белорусской популяции (6,7 %).

Отличие годовиков от сеголетков в этой группе статистически не достоверно. У опытных помесей снижение содержания сухого вещества значительно выше и составляет 15,0 % (сазан I) и 23,7 % (сазан-II). Установленные отклонения статистически достоверны (табл. 3). Средний уровень содержания сухого вещества у сазана близок по величине к сеголеткам и годовикам коллекционных пород белорусской и зарубежной селекции. Установленные отклонения статистически не достоверны. Среди сеголетков опытных групп сазана во втором варианте наблюдались колебания уровня содержания сухого вещества от 23,50 % у опытной группы сазан Р-4 до 26,88 % у опытной группы сазан Р-1. У контрольной группы сазана из белорусской популяции содержание сухого веществ составило 23,75 %. То есть во втором варианте выращивания и зимовки опытных групп содержание сухого вещества в теле сеголетков сазана несколько выше, чем у карпа.

У годовиков сазана опытных помесных групп (вариант 2) в период зимовки произошло закономерное снижение содержания сухого вещества и соответственно увеличение содержания влаги. Сазан из белорусской популяции отличался пониженным содержанием сухого вещества по сравнению с остальными опытными группами (21,27 %). В среднем у опытных помесей величина данного показателя составила 22,31 %. Повышенным содержанием сухого вещества отличалась помесная группа сазан Р-1 (22,68 %). При сравнении уровня содержания сухого вещества в теле годовиков этих групп с сазаном из белорусской популяции установлены статистически значимые отклонения от сазана из белорусской коллекционной популяции (табл. 3). Среднее содержание сухого вещества у годовиков сазана статистически значимо отличается от средних значений данного признака у карпа коллекционных пород зарубежной селекции, зимовавших совместно. Вариант сравнения опытных групп сазана со средней величиной содержания сухого

Таблица 1. Содержание сухого вещества (%) в теле сеголетков (0+) и годовиков (1+)  
 Table 1. Dry matter content (%) in the body of fingerlings (0+) and yearlings (1+)

Породная принадлежность	Количество проб сеголетки/годовики	0+		1.		d	Достоверность различий	
		$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Sv, %	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Sv, %		t	P
<b>Вариант 1</b>								
Сазан — I	30/30	25,3±0,81	10,1	21,5±1,65	24,3	15,0	2,07	≈0,05
Сазан — II	30/30	24,5±0,39	5,0	18,7±0,83	14,0	23,7	6,32	<0,001
Сазан (белорусский) — III, F <sub>8</sub>	30/30	25,3±0,93	11,8	23,6±1,70	22,8	6,7	0,88	>0,1
Итого сазан:	90/90	25,0±0,41	9,0	21,3±0,88	22,6	3,7	3,81	<0,01
зарубежные породы F <sub>5</sub> :	90/90	24,1±0,56	12,7	20,1±0,75	20,4	16,6	4,27	<0,001
Линии белорусской селекции F <sub>5</sub> :	90/90	24,8±0,57	10,2	22,2±0,99	20,0	10,5	2,28	<0,05
<b>Вариант 2</b>								
Сазан — б. (белорусский)	30/30	23,75±0,30	4,0	21,27±0,33	4,9	10,4	5,60	<0,001
Опытные помеси сазана: P-1	30/30	26,88±0,25	3,0	22,68±0,05	0,7	15,6	16,8	<0,001
P-2	30/30	25,09±0,37	4,7	21,83±1,20	17,4	13,0	2,60	<0,02
P-3	30/30	24,10±0,44	5,5	21,50±0,63	9,3	10,8	0,58	>0,1
P-4	30/30	23,50±0,43	4,5	23,22±0,43	5,9	1,2	0,46	>0,1
$\bar{x}$ опытные группы сазана	120/120	24,89±0,10	4,4	22,31±0,29	8,3	10,4	2,69	<0,02
$\bar{x}$ зарубежные породы	90/90	21,81±0,14	6,2	18,66±0,28	6,8	14,4	10,10	<0,001
$\bar{x}$ линии белорусской селекции	90/90	22,89±0,11	5,4	22,46±0,22	6,8	1,9	1,79	>0,1



**Таблица 2. Оценка статистической достоверности различий биохимического состава тела сеголетков амурского сазана и карпа разной породной принадлежности**  
**Table 2. Evaluation of the statistical reliability of differences in the biochemical composition of the body of Amur carp and carp fingerlings of different breeds**

Сравниваемые группы	Сухое вещество		Влага		Жир		Протеин		Зола	
	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P
<b>Вариант 1.</b> Сазан (белорусский) — Сазан — I	0,00	>0,1	0,23	>0,1	2,48	<0,05	1,71	>0,1	0,74	>0,1
Сазан (белорусский) — сазан — II	0,79	>0,1	0,67	>0,1	5,53	<0,001	0,55	>0,1	1,61	>0,1
$\bar{x}$ сазан — $\bar{x}$ белорусские линии карпа	1,30	>0,1	1,16	>0,1	0,40	>0,1	0,91	>0,1	0,00	>0,1
$\bar{x}$ сазан — $\bar{x}$ зарубежные породы	0,28	>0,1	0,87	>0,1	2,45	<0,05	1,64	>0,1	0,47	>0,1
<b>Вариант 2.</b> Сазан (белорусский) — P-1	8,02	<0,001	8,01	<0,001	5,48	<0,001	3,68	<0,01	0,53	>0,1
Сазан (белорусский) — P-2	2,81	<0,05	2,81	>0,1	2,54	<0,05	0,86	>0,1	0,31	>0,1
Сазан (белорусский) — P-3	0,66	>0,1	0,66	>0,1	0,94	>0,1	3,16	<0,02	4,24	<0,01
Сазан (белорусский) — P-4	0,48	>0,1	0,48	>0,1	1,00	>0,1	0,58	>0,1	2,21	<0,1
Сазан (белорусский) — $\bar{x}$ опытные группы сазана	3,61	<0,01	3,60	<0,01	1,87	>0,1	2,32	<0,05	2,23	<0,1
$\bar{x}$ импортные породы карпа — $\bar{x}$ опытные группы сазана	17,30	<0,001	17,14	<0,001	7,43	<0,001	20,84	<0,001	6,36	<0,001
$\bar{x}$ белорусские линии карпа — $\bar{x}$ опытные группы сазана	5,86	<0,001	13,45	<0,001	2,83	=0,02	24,40	<0,001	6,71	<0,001
$\bar{x}$ импортные породы карпа — $\bar{x}$ сазан белорусский	5,97	<0,001	5,81	<0,001	1,68	>0,1	7,37	<0,001	1,11	>0,1
$\bar{x}$ белорусские линии карпа — $\bar{x}$ сазан белорусский	2,69	<0,05	2,63	<0,05	0,61	>0,1	6,57	<0,001	0,59	>0,1

Таблица 3. Оценка статистической достоверности различий биохимического состава тела годовиков амурского сазана и карпа разной породной принадлежности  
 Table 3. Evaluation of the statistical reliability of differences in the biochemical composition of the body of Amur carp and carp yearlings of different breeds

Сравниваемые группы	Сухое вещество		Влага		Жир		Протеин		Зола	
	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P
<b>Вариант 1.</b> Сазан (белорусский) — сазан — I	0,89	>0,1	0,89	>0,1	0,72	>0,1	0,05	>0,1	0,67	>0,1
Сазан (белорусский) — сазан — II	2,60	<0,05	5,52	<0,001	2,40	<0,05	0,42	>0,1	0,84	>0,1
$\bar{x}$ сазан — $\bar{x}$ белорусские линии карпа	0,84	>0,1	0,58	>0,1	4,36	<0,001	1,41	>0,1	0,47	>0,1
$\bar{x}$ сазан — $\bar{x}$ зарубежные породы	0,60	>0,1	0,70	>0,1	1,64	>0,1	1,50	>0,1	3,14	<0,01
<b>Вариант 2.</b> Сазан (белорусский) — P-1	4,27	<0,001	4,27	<0,001	1,97	<0,1	1,90	>0,1	2,14	<0,05
Сазан (белорусский) — P-2	0,45	>0,1	0,45	>0,1	3,74	<0,01	1,40	>0,1	0,21	>0,1
Сазан (белорусский) — P-3	0,03	>0,1	0,06	>0,1	2,21	<0,05	1,80	>0,1	0,53	>0,1
Сазан (белорусский) — P-4	3,60	<0,01	3,60	<0,01	5,58	<0,001	1,25	>0,1	4,57	<0,001
Сазан (белорусский) — $\bar{x}$ опытные группы сазана	2,37	<0,05	0,90	>0,1	1,27	>0,1	1,00	>0,1	0,86	>0,1
$\bar{x}$ импортные породы карпа — $\bar{x}$ опытные группы сазана	9,06	<0,001	4,27	<0,001	5,80	<0,001	6,00	<0,001	1,07	>0,1
$\bar{x}$ белорусские линии карпа — $\bar{x}$ опытные группы сазана	1,99	<0,1	0,47	>0,1	1,25	>0,1	1,40	>0,1	0,73	>0,1
$\bar{x}$ импортные породы карпа — $\bar{x}$ сазан белорусский	6,07	<0,001	6,67	<0,001	4,02	<0,001	9,47	<0,001	0,50	>0,1
$\bar{x}$ белорусские линии карпа — $\bar{x}$ сазан белорусский	2,37	<0,05	2,77	<0,02	0,21	>0,1	0,13	>0,1	2,87	≈0,01



вещества у линий белорусской селекции не показал статистически значимых отклонений. Статистически значимые отклонения от сеголетков сазана из белорусской популяции по данному показателю во втором варианте установлены при сравнении с опытными группами сазана Р-1 и Р-2. Во всех вариантах сравнения среднего содержания сухого вещества коллекционного сазана из белорусской популяции и опытных групп, полученных с использованием генофонда из коллекционного стада ВНИИПРХ (Россия) с карпом разного происхождения установлены статистически значимые отклонения в сторону увеличения показателя у сазана. Статистически значимые отклонения содержания сухого вещества у годовиков по сравнению с сеголетками установлены у сазана из белорусской популяции и помесных групп Р-1 и Р-2.

Отклонения уровня содержания сухого вещества, минеральных веществ, жира и протеина у годовиков сазана опытных групп во втором варианте колебалось в широких пределах. Максимальная потеря сухого вещества у годовиков сазана отмечена у помеси сазана Р-1 (4,20 %), минимальная — у сазана Р-4 (0,28 %). Статистически значимые отклонения содержания сухого вещества установлены в большинстве вариантов сравнения годовиков и сеголетков, за исключением сазана Р-3 и сазана Р-4. Средняя величина отклонений содержания сухого вещества у годовиков по сравнению с сеголетками в первом и втором варианте опытных групп сазана статистически достоверна. Отклонения между остальными вариантами не значительны и статистически не достоверны.

Содержание влаги в теле рыбы — показатель обратно пропорциональный содержанию сухого вещества. Статистически значимые отклонения по содержанию влаги установлены в тех же вариантах сравнения, как и при сравнении содержания сухого вещества (табл. 4).

Изменчивость содержания влаги в теле сеголетков (первый вариант) различных групп амурского сазана незначительна. Лимит составляет 74,6–75,6 %, средний уровень содержания влаги 75,0 %. У годовиков произошло повышение содержания влаги, особенно у сазана из II группы (81,3 %). Установленные отклонения статистически достоверны. Несколько меньшее содержание влаги отмечено у годовиков сазана из белорусской популяции (76,4 %). В этом варианте сравнения отклонение статистически не достоверно. Увеличение содержания влаги у сазана в первом варианте в среднем составило 4,9 %, во втором 3,7 %. По сравнению с сазаном из белорусской популяции повышенной обводненностью отличались

Таблица 4. Содержание влаги (%) в теле сеголетков (0+) и годовиков (1+).  
Table 4. Moisture content (%) in the body of fingerlings (0+) and yearlings (1+)

Породная принадлежность	Количество проб сеголетки/ годовики	0+		1.		d	Достоверность различий	
		$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Cv, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Cv, %		t	P
<b>Вариант 1</b>								
Опытные помеси сазана:	30/30	74,6±0,87	3,7	78,5±1,60	6,4	5,2	2,14	<0,05
Сазан — I								
Сазан — II	30/30	75,6±0,32	3,4	81,3±0,85	3,3	7,5	6,28	<0,001
Сазан (белорусский) — III	30/30	74,9±0,98	4,1	76,4±1,71	7,1	2,0	0,76	>0,1
Итого:	90/90	75,0±0,51	3,7	78,7±0,80	5,6	4,9	3,90	<0,001
$\bar{x}$ зарубежные породы F <sub>5</sub>	90/90	75,9±0,58	4,2	79,9±0,70	4,8	5,3	4,40	<0,001
$\bar{x}$ линии белорусской селекции	90/90	75,2±0,54	3,2	77,8±1,01	5,8	3,5	2,27	<0,05
<b>Вариант 2</b>								
Сазан — б. (белорусский)	30/30	76,25±0,30	1,3	78,73±0,33	1,3	3,2	5,51	<0,001
Опытные помеси сазана:	30/30	73,12±0,25	1,1	77,32±0,05	0,2	5,7	16,47	<0,001
P-1								
P-2	30/30	74,91±0,37	1,6	78,17±1,20	4,8	4,3	2,59	<0,05
P-3	30/30	75,90±0,44	1,7	78,63±1,73	6,9	3,6	1,53	>0,1
P-4	30/30	76,50±0,43	1,4	76,78±0,43	1,8	0,4	0,46	>0,1
$\bar{x}$ опытные группы сазана	120/120	75,11±0,10	1,5	77,92±0,80	3,4	3,7	3,49	<0,01
$\bar{x}$ зарубежные породы	90/90	78,20±0,15	1,8	81,34±0,27	1,5	4,0	10,17	<0,001
$\bar{x}$ линии белорусской селекции	90/90	77,11±0,11	1,6	77,54±0,27	1,9	0,6	1,48	>0,1



группы сазана, полученные в результате оплодотворения икры местных самок завезенными молоками. Для первого и второго вариантов различия между сеголетками и годовиками сазана статистически достоверны. Во втором варианте среди опытных помесей сазана минимальное содержание влаги отмечено у группы Р-1 (73,12 %), максимальное — у группы Р-4 (76,45 %). В теле годовиков содержание влаги выше, чем у сеголетков. Минимальное отклонение между годовиками и сеголетками по содержанию влаги отмечено в группе Р-4, хотя отмеченное отклонение статистически не достоверно. В опытных группах Р-1, Р-2 и сазана из белорусской популяции увеличение влажности за зимний период статистически достоверно. Средний уровень данного показателя для сеголетков составил 73,11 %, для годовиков 77,92 %. Уровень содержания влаги у сазана несколько ниже, чем у карпа, особенно по сравнению с коллекционными породами зарубежной селекции. Установленное отклонение в данном варианте сравнения статистически достоверно. Отклонения от линий белорусской селекции менее значительны и статистически не достоверны.

Содержание жира в теле рыбы характеризует энергетический обмен. Из трех опытных групп сазана (первый вариант) повышенным содержанием жира в теле сеголетков характеризовались группы, полученные от скрещивания с завезенными из России молоками, по сравнению с сазаном из белорусской популяции (7,4 и 6,5 % против 5,5 %) (табл. 5).

Установленные отклонения опытных помесей от сазана из белорусской популяции статистически достоверны. Однако снижение содержания жира за зимовку у опытных групп оказалось значительно выше, чем у сазана из белорусской популяции. Среднее содержание жира в теле годовиков амурского сазана составило 3,8 % (4,0 % — I группа, 3,1 % — II группа, 4,4 % у сазана из белорусской популяции).

Среди опытных групп сазана максимальный расход жира отмечен у II группы (52,3 %), минимальный — у сазана из белорусской популяции (20,0 %). Для двух опытных скрещиваний различия между годовиками и сеголетками статистически достоверны. Отклонения содержания жира у годовиков сазана в среднем статистически значительно выше, чем у коллекционных пород зарубежной селекции.

Содержание жира у сеголетков сазана из коллекционной белорусской популяции (второй вариант) оказалось ниже (5,04 %), чем у сазана из опытных групп Р-1 (7,33) и Р-2 (6,19 %). Указанные различия статистически достоверны.

Таблица 5. Содержание жира (%) в теле сеголетков (0+) и годовиков (1+)  
 Table 5. Body fat content (%) of fingerlings (0+) and yearlings (1+)

Породная принадлежность	Количество проб сего-летки/годовики	0+		1.		d	Достоверность различий	
		$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv, %	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv, %		t	P
<b>Вариант 1</b>								
Сазан — I	30/30	7,4±0,59	25,2	4,0±0,33	26,1	45,9	5,03	<0,001
Сазан — II	30/30	6,5±0,57	27,7	3,1±0,30	30,6	52,3	5,28	<0,001
Сазан (белорусский) — III	30/30	5,5±0,49	28,0	4,4±0,45	32,3	20,0	1,65	<0,1
Итого:	90/90	6,5±0,32	27,0	3,8±0,21	29,7	41,5	7,05	<0,001
$\bar{x}$ зарубежные породы	90/90	6,7±0,38	31,3	2,7±0,14	28,9	59,7	9,88	<0,001
$\bar{x}$ линии белорусской селекции	90/90	8,0±0,52	29,1	4,4±0,30	30,8	45,0	5,19	<0,001
<b>Вариант 2</b>								
Сазан — б. (белорусский)	30/30	5,04±0,31	19,6	3,48±0,22	20,2	30,2	4,10	<0,001
Опытные помеси сазана:	30/30	7,33±0,28	11,9	3,95±0,09	7,5	46,1	11,65	<0,001
P-1								
P-2	30/30	6,19±0,33	16,9	2,65±0,53	3,6	57,2	10,72	<0,001
P-3	30/30	4,58±0,38	25,0	2,88±1,86	17,6	34,2	4,10	<0,001
P-4	30/30	5,74±0,34	18,9	4,47±0,48	24,6	16,0	2,15	<0,05
$\bar{x}$ опытные группы сазана	120/120	5,64±0,10	19,6	3,74±0,14	11,9	33,7	11,17	<0,001
$\bar{x}$ зарубежные породы	90/90	4,48±0,12	25,8	2,58±0,04	15,4	42,4	15,07	<0,001
$\bar{x}$ линии белорусской селекции	90/90	5,24±0,10	21,3	3,54±0,09	14	32,4	13,02	<0,001



Среднее содержание жира у сазана статистически достоверно выше, чем у карпа белорусской и зарубежной селекции. Содержание жира в теле годовиков опытных помесей сазана в среднем составило 3,74 %, с колебаниями от 2,65 % (сазан Р-2) до 5,74 % (сазан Р-4). То есть в зимний период происходило значительное снижение содержания жира в теле годовиков. У сазана из коллекционной белорусской популяции эта величина составила 30,2 %. Повышенным расходом жира характеризовались помесные группы сазана 1 и 2 (46,8 и 57,2 %). Минимальным снижением содержания жира у годовиков по сравнению с сеголетками характеризовалась помесь сазана Р-4 (16,0 %). Во всех вариантах сравнения годовиков и сеголетков данного показателя опытных помесей с сазаном из белорусской популяции установлены статистически достоверные отклонения. У сазана из белорусской коллекционной популяции эта величина составила 3,48 %. Статистически значимые отклонения установлены при сравнении помесных групп сазана Р-2, сазана Р-3, сазана Р-4 с сазаном из коллекционной популяции. По содержанию жира в теле годовиков сазан из белорусской популяции и опытных групп отличался статистически значимыми преимуществами по сравнению со средним уровнем данного признака у коллекционных пород карпа зарубежной селекции. Отклонения от белорусских линий не значительны и статистически не достоверны.

Как правило, в зимний период содержание минеральных веществ увеличивается. Средний уровень содержания минеральных веществ у сеголетков опытных групп амурского сазана в первом варианте составил 2,8 %, у годовиков 3,0 % (табл. 6). Колебания этого показателя не значительны и отличия годовиков от сеголетков статистически не достоверны. Среднее содержание минеральных веществ у сазана во втором варианте составило 2,63 %. При сравнении содержания минеральных веществ у сазана из белорусской популяции с опытными группами сазана статистически значимые различия отмечены для варианта Р-3 в сторону увеличения показателя. Сравнение средних величин содержания минеральных веществ у опытных групп сазана и карпа разного происхождения указывает на статистически значимое увеличение данного показателя у сазана. У амурского сазана из белорусской популяции содержание минеральных веществ (золы) в теле годовиков составило 2,77 %, что ниже, чем у опытных помесей. Однако только в варианте сравнения опытной группы сазана Р-4 с сазаном из белорусской популяции установлены статистически значимые отклонения.

Таблица 6. Содержание минеральных веществ (%) в теле сеголетков (0+) и годовиков (1.) сазана и карпа  
 Table 6. Mineral content (%) in the body of fingerlings (0+) and yearlings (1.) amur carp and carp

Породная принадлежность	Количество проб сеголетки/годовики	0+		1.		d	Достоверность различий	
		$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv, %	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv, %		t	P
<b>Вариант 1</b>								
Сазан — I	30/30	2,7±0,45	29,3	3,2±0,13	18,8	18,5	1,07	>0,1
Сазан — II	30/30	2,5±0,22	27,2	2,7±0,23	26,9	8,0	0,63	>0,1
Сазан (белорусский) — III	30/30	3,1±0,30	30,6	3,0±0,27	28,5	3,3	0,25	>0,1
Итого:	90/90	2,8±0,15	23,0	3,0±0,13	24,7	7,1	1,01	>0,1
$\bar{x}$ зарубежные породы	90/90	2,8±0,12	24,2	3,1±0,17	30,6	10,7	1,44	>0,1
$\bar{x}$ линии белорусской селекции	90/90	2,7±0,15	25,4	3,8±0,22	25,5	40,1	4,13	<0,001
<b>Вариант 2</b>								
Сазан — (белорусский)	30/30	2,51±0,05	6,4	2,77±0,05	5,2	9,4	3,71	<0,01
Опытные помеси сазана P-1	30/30	2,46±0,08	10,9	2,92±0,05	5,7	15,7	5,10	<0,001
P-2	30/30	2,53±0,04	4,6	2,83±0,12	13,3	10,6	1,71	>0,1
P-3	30/30	2,81±0,05	5,3	2,86±0,17	18,8	1,7	0,29	>0,1
P-4	30/30	2,70±0,07	6,5	3,09±0,05	5,1	26,6	4,80	<0,001
$\bar{x}$ опытные группы сазана	120/120	2,63±0,02	6,8	2,89±0,14	15,2	9,1	2,32	<0,05
$\bar{x}$ зарубежные породы	90/90	2,45±0,02	6,7	2,74±0,04	7,4	10,6	3,20	<0,01
$\bar{x}$ линии белорусской селекции	90/90	2,48±0,01	6,1	3,00±0,06	10,4	17,3	8,60	<0,001



При сравнении средних показателей уровня содержания минеральных веществ сазана с карпом разного происхождения статистически значимые отклонения установлены лишь в варианте сравнения сазана с белорусскими линиями карпа. Отклонения содержания минеральных веществ опытных групп во втором варианте колебались от 1,7 % (сазан Р-3) до 15,7 % (сазан Р-1). Статистически значимые отклонения содержания минеральных веществ сазана из белорусской популяции от опытных помесей установлены при сравнении сазана Р-1 и сазана Р-4. Средний уровень содержания минеральных веществ (золы) у сазана близок к коллекционным породам карпа. Установленные отклонения в основном статистически достоверны, за исключением варианта сравнения сазана с коллекционными линиями белорусской селекции.

Среди сеголетков в первом варианте повышенным содержанием протеина отличалась группа из белорусской популяции (16,5 %), пониженное содержание белка установлено у сазана, полученного от скрещивания I (13,5 %), однако установленное отклонение статистически не достоверно (табл. 7).

Относительно повышенным расходом белка за зимовку характеризовался сазан из белорусской популяции (31,4 %), пониженным — сазан — II. Все установленные различия между годовиками и сеголетками по содержанию протеина в теле рыбы статистически не достоверны. Очевидно, прослеживается лишь тенденция к снижению содержания протеина у годовиков разной породной принадлежности. В среднем у сеголетков и годовиков сазана содержание протеина несколько ниже, чем у коллекционных пород карпа, но данные отклонения также статистически не достоверны.

Во втором варианте содержание протеина у сеголетков сазана в среднем составило 16,56 % с колебаниями от 13,06 (Р-4) до 17,09 % (Р-1). Статистически значимые отклонения от сазана из белорусской популяции от опытных помесных групп сазана и коллекционных пород карпа не значительны и статистически не достоверны.

Содержание протеина в теле годовиков во втором варианте снизилось за зимний период по сравнению с сеголетками. Колебания величин отклонений годовиков составили от 0,01 % у помеси сазана Р-2 до 10,0 % у сазана Р-4. У сазана из коллекционной популяции этот показатель составил 7,7 %. Отклонения годовиков от сеголетков опытных помесей и белорусского сазана в основном статистически достоверны, за исключением сазана Р-2.

Таблица 7. Содержание протеина (%) в теле сеголетков (0+) и годовиков (1.) сазана и карпа  
Table 7. Protein content (%) in the body of fingerlings (0+) and yearlings (1.) amur carp and carp

Породная принадлежность	Количество проб сеголетки/годовики	0+		1.		d, %	Достоверность различий	
		$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv, %	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv, %		t	P
		Вариант 1						
Сазан — I	30/30	13,5±1,06	21,9	14,2±1,41	31,4	7,2	0,40	>0,1
Сазан — II	30/30	15,5±1,14	23,3	15,0±0,78	16,4	3,2	0,36	>0,1
Сазан (белорусский) — III	30/30	16,5±1,40	26,8	14,3±1,45	32,1	13,3	1,09	>0,1
Итого сазан:	90/90	15,7±0,69	24,0	14,5±0,70	26,6	7,6	1,22	>0,1
х зарубежные породы	90/90	14,8±0,71	26,3	13,3±0,48	19,7	10,1	1,75	≈0,1
х линии белорусской селекции	90/90	13,7±0,77	25,0	13,0±0,71	24,6	5,1	0,68	>0,1
Вариант 2								
Сазан —б. (белорусский)	30/30	16,20±0,15	3,0	14,95±0,37	7,9	7,7	3,12	<0,01
Опытные помеси сазана:	30/30	17,09±0,19	3,6	15,71±0,12	2,3	8,1	6,27	<0,001
P-1								
P-2	30/30	16,37±0,13	2,4	16,35±0,93	17,9	0,1	0,02	
P-3	30/30	16,71±0,06	1,1	15,75±0,25	5,0	5,7	3,63	<0,01
P-4	30/30	16,06±0,19	2,9	14,45±0,15	3,2	10,0	6,71	<0,001
х опытные группы сазана	120/120	16,56±0,04	2,5	15,44±0,30	7,1	6,8	3,70	<0,01
х зарубежные породы	90/90	14,88±0,07	4,5	13,34±0,19	6,3	10,3	7,70	<0,001
х линии белорусской селекции	90/90	15,18±0,04	2,7	14,89±0,25	9,3	1,9	1,16	>0,1



По содержанию протеина сазан из белорусской популяции уступал опытным помесным группам сазана Р-2, сазана Р-3, сазана Р-3 (14,95 % против 15,71; 16,35; 15,75 %), а по сравнению с четвертой опытной помесью сазана обладал некоторыми преимуществами (14,95 % против 14,45 %). Несмотря на наблюдаемые отклонения по содержанию протеина в теле годовиков статистически значимые величины установлены лишь в двух вариантах сравнения.

Существенные различия по биохимическому составу тела между годовиками и сеголетками наблюдались в первом варианте опытного выращивания помесных групп амурского сазана. Средняя величина потери сухого вещества и жира у помесных групп оказалась несколько выше, чем у сазана из белорусской популяции (6,7 % против 19,3 % — сухого вещества и 20,0 % против 49,1 % — жира). Изменения содержания минеральных веществ (золы) и протеина у сазана из белорусской популяции выше, чем у помесных групп (25,9 % против 14,7 % — минеральные вещества и 13,3 % против 4,7 % — протеина). У помесных групп расход жира оказался выше, чем у сазана из белорусской популяции, а изменение содержания минеральных веществ и протеина наоборот ниже, чем у сазана из белорусской популяции. В целом соотношение показателей снижения содержания сухого вещества, жира, минеральных веществ и протеина во втором варианте варьируется не значительно.

Биохимические показатели первого варианта опытных групп сазана характеризовались в основном повышенным уровнем изменчивости с коэффициентом вариации 20–30 %. Во втором варианте варибельность биохимического состава тела значительно ниже. Некоторые биохимические показатели состава тела сеголетков и годовиков помесных опытных групп сазана характеризовались низкой степенью изменчивости (содержание сухого вещества у сеголетков и влаги у сеголетков и годовиков) с коэффициентами вариации ( $C_v$ ) менее 10 %, за исключением содержания жира и минеральных веществ, которые, судя по величине коэффициентов вариации, особенно в первом варианте опыта, характеризуются повышенным уровнем изменчивости.

## **Выводы**

1. Сеголетки опытных помесных групп сазана, полученных в результате оплодотворения икры местных самок завезенными молоками, по средним показателям биохимического состава тела в первом и втором вариантах не значительно отличались по сравнению с сазаном из бело-



русской популяции. Отклонения в сторону увеличения содержания сухого вещества, жира и протеина, выявленные у опытных групп сазана при их сравнении с коллекционными породами карпа зарубежной селекции, также статистически не значимы.

2. У годовиков опытных помесей сазана в условиях совместной зимовки проявляется тенденция к увеличению содержания сухого вещества, жира, протеина, минеральных веществ по сравнению с коллекционным амурским сазаном из белорусской популяции (второй вариант). Установлено увеличение показателей у опытных групп сазана по сравнению с адаптированными коллекционными породами зарубежной селекции с уровнем достоверности 0,001, а отклонения от коллекционных линий белорусской селекции не значительны и статистически не значимы.

3. За период зимовки наблюдалась различная динамика изменения средних показателей состава тела у годовиков амурского сазана и карпа по сравнению с сеголетками. Сазан из белорусской популяции характеризовался пониженной потерей жира по сравнению с опытными группами сазана в обоих вариантах скрещиваний и с коллекционными линиями зарубежной селекции с уровнем достоверности 0,001. Потеря протеина в теле годовиков опытных групп сазана оказалась несколько ниже, чем у сазана из коллекционного стада и ниже, чем у пород карпа зарубежной селекции с уровнем достоверности 0,001. По данным показателям сазан уступал коллекционным породам белорусской селекции. По потере сухого вещества годовики сазана занимают промежуточное положение в сравнении с карпами белорусской и зарубежной селекции. Статистически значимых отличий средних значений данного признака опытных групп сазана в сравнении со средней величиной содержания сухого вещества у карпа коллекционных пород не установлено.

### **Список использованных источников**

1. Кирпичников, В.С. Генетические основы селекции рыб / В.С. Кирпичников. — Л. Наука, 1979. — 391 с.
2. Кирпичников, В.С. Гибридизация европейского карпа с амурским сазаном : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биол. наук / В.С. Кирпичников. — Л. 1967. — 64 с.
3. Кончиц, В.В. Оценка гетерозисного эффекта у межлинейных, межпородных и межвидовых кроссов карпа и использование их для повышения эффективности рыбоводства : монография / В.В. Кончиц, М.В. Книга // Мн.: Тонпик, 2006. — 222 с.



4. Elliot, J.M. The Energetics of Feeding, Metabolism and Growth of Brown Trout (*Salmo trutta* L.) in Relation to Body Weight, Water Temperature and Ration Size // *J. Animal ecology*, 1976. — vol. 10. — no 1. — pp. 273–289.
5. Hoar, W. S., Randall D.J. *Fish physiology*, N-Y: Acad. press, 1972. vol. 5. — 482 p.
6. Краюшкина, Л.С. Обмен веществ и биохимия рыб. / Л.С. Краюшкина. — М.: Наука, 1987. — С. 65–73.
7. Чутаева, А.И. Оценка гетерозисного эффекта и устойчивости к заболеванию ВПП гибридов селекционируемых отводок карпа с амурским сазаном / А.И. Чутаева, Г.А. Прохорчик, М.В. Книга и др. // *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси ААНРБ. БелНИИрыбпроект.* — Мн., 2000. — № 16 — С. 43–56.
8. Книга, М.В. Сравнительная характеристика рыбохозяйственных показателей амурского сазана первого и пятого поколений / М.В. Книга, Е.В. Таразевич, А.П. Семёнов, В.В. Шумак // *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. Сб. науч. тр.* — Минск, 2007. — Вып. 23. — С. 281–287.
9. Таразевич, Е.В. Технологическая инструкция по разведению племенного карпа белорусской селекции / Е.В. Таразевич, М.В. Книга, А.П. Семенов, В.Б. Сазанов, Л.С. Дударенко, А.П. Ус // *Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси.* — Минск, 2006. — С. 6–20.
10. Методика выполнения измерений с использованием анализаторов сельскохозяйственных и пищевых продуктов FoodScan, FoodScan 2 Lab, FoodScan 2 Lab TS, FoodScan 2Pro. // *FSS Analytical A/S, Фосс Алле 1, ДК-3400 Хиллерёд, Дания.* — 2019. — 18 с.
11. Рокицкий, П.Ф. *Биологическая статистика* / П.Ф. Рокицкий. — Минск: Вышэйшая школа, 1973. — С. 24–53.

## Reference

1. Kirpichnikov V.S. *Geneticheskie osnovy seleksii ryb* [Genetic bases of fish selection]. Leningrad: Nauka Publ., 1979, 391 p. (in Russian).
2. Kirpichnikov, V.S. *Gibridizatsiya evropeiskogo karpa s amurskim sazanom* : avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni doktora biol. nauk [Hybridization European carp with the Amur carp : abstract of dissertation for the degree of doctor of Biol. Sciences]. Leningrad, 1967, 64 p. (in Russian).
3. Konchits V.V., Книга М.В. *Otsenka geteroziznogo ehffekta u mezhlaineinykh, mezhpородnykh i mezhhvidovykh krossov karpa i ispol'zovanie ikh dlya povysheniya ehffektivnosti rybovodstva: monogr.* [Assessment of the heterotic effect in interline, interbreed and interspecific carp crosses and their use to improve the efficiency of fish farming: monograph]. Minsk: ODO Tonpik Publ., 2006, 222 p. (in Russian).
4. Elliot, J.M. The Energetics of Feeding, Metabolism and Growth of Brown Trout (*Salmo trutta* L.) in Relation to Body Weight, Water Temperature and Ration Size. *J. Animal ecology*, 1976, vol. 10, no. 1, pp. 273–289.
5. Hoar, W. S., Randall D.J. *Fish physiology*, N-Y: Acad.press, 1972. vol. 5, 482 p.



6. Krayushkina L.S. Obmen veshchestv i biokhimiya ryb [The Metabolism and biochemistry of fish]. Moscow : Nauka Publ., 1987, pp. 65–73 (in Russian).
7. Chutaeva A.I., Prokhorchik G.A., Kniga M.V. i dr. Otsenka geterozisnogo effekta i ustoichivosti k zabolevaniyu VPP gibridov selektsioniruemykh otvodok karpa s amurskim sazanom [Estimation of heterosis effect and resistance to disease of inflammation of the swim bladder for hybrids breeding strains of carp, Amur carp]. Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi AANRB. BelNIIRybproekt [Problems of fisheries Belarus ANRB. BelNIIRybproekt]. Minsk, 2000, no. 16, pp. 43–56 (in Russian).
8. Kniga, M.V., Tarazevich E.V., Semenov A.P., Shumak V.V. Sravnitel'naya kharakteristika rybokhozyaistvennykh pokazatelei amurskogo sazana pervogo i pyatogo pokolenii [Comparative characteristics of fishery indicators of the Amur carp of the first and fifth generations]. Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi. Sb. nauch. tr. [Fishery issues in Belarus. Collection of scientific papers]. Minsk, 2007, Vol. 23, pp. 281–287 (in Russian).
9. Tarazevich, E.V., Kniga M.V., Semenov A.P., Sazanov V.B., Dudarenko L.S., Us A.P. Tekhnologicheskaya instruktsiya po razvedeniyu plemennogo karpa belorusskoi selektsii [Technological instruction for breeding pedigree carp of Belarusian selection]. Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture v Belarusi [Collection of scientific, technological and methodological documentation on aquaculture in Belarus.], Minsk, 2006, pp. 6–20 (in Russian).
10. Metodika vypolneniya izmerenii s ispol'zovaniem analizatorov sel'skokhozyaistvennykh i pishchevykh produktov FoodScan, FoodScan 2 Lab, FoodScan 2 Lab TS, FoodScan 2Pro. [Methodology of measurements using analyzers of agricultural and food products FoodScan, FoodScan 2 Lab, FoodScan 2 Lab TS, FoodScan 2Pro]. FSS Analytical A/S, Foss Alley 1, DK-3400 Hillered, Denmark, 2019, 18 p. (in Russian).
11. Rokitskii, P.F. Biologicheskaya statistika [Biological statistics]. Minsk: Vyshehishaya shkola, 1973, pp. 24–53 (in Russian).

### Сведения об авторах

*Сергеева Татьяна Александровна* — заведующий лабораторией селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tasergeeva@tut.by

*Савичева Екатерина Андреевна* — магистр, младший научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: kiz\_katya@rambler.ru

*Книга Мария Владимировна* — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук



- Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by
- Войтюк Татьяна Федоровна* — ведущий специалист лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by
- Крук Анастасия Юрьевна* — младший научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nastilyu2310@gmail.com
- Кралько Сергей Владимирович* — инженер селекционно-племенного участка «Изобелино» (Республика Беларусь, Минская область, Молодечненский район, д. Изабелино). E-mail: izobelino\_fish@tut.by
- Орлов Иван Анатольевич* — научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by
- Красовский Станислав Александрович* — младший научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by
- Вишневская Ольга Николаевна* — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by
- Таразевич Елена Васильевна* — доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр-т Независимости, 99, Минск, Республика Беларусь). E-mail: pererabotka.kafedra@mail.ru

### Information about the authors

- Sergeeva Tatiana A.* — Head laboratory of Breeding and Breeding work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: tasergeeva@tut.by
- Savicheva Ekaterina A.* — Master, Junior Researcher, Laboratory of Breeding and Breeding work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: kiz\_katya@rambler.ru
- Kniga Maria V.* — Ph.D. (Agricultural), leading employee of Breeding and Breeding work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by



- Voytyuk Tatyana F.* — Leading Specialist of the Laboratory of Selection and Breeding work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by
- Kruk Anastasiya Yu.* — Junior Researcher, Laboratory of Selection and Breeding Work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: nastilyu2310@gmail.com
- Kralko Sergey V.* — Engineer of the selection and breeding area “Isobelino” (Republic of Belarus, Minsk region, Molodechno district, Isobelino village). E-mail: izobelino\_fish@tut.by
- Orlov Ivan A.* — Researcher, Laboratory of Selection and Breeding work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by
- Krasovskij Stanislav A.* — Junior Researcher, Laboratory of Selection and Breeding Work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by
- Vishneuskaya Olga N.* — Ph.D. (Agricultural), senior researcher of Selection and Breeding work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). Email: belniirh@tut.by E-mail: belaboka@internet.ru
- Tarazevich Elena. V.* — D.Sc. (Agricultural), Associate Professor, Belarusian State Agrarian Technical University (Nesavisimosti av., 99, Minsk, Belarus). E-mail: pererabotka\_kafedra@mail.ru

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ  
АСПЕКТЫ  
РЫБОВОДСТВА**



**В.Ю. Агеев, Ж.В. Кошак, Н.Н. Гадлевская, А.Н. Русина,  
Н.В. Зенович, Е.Е. Рыбкина, А.Г. Кохович**

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ РЫБ**

**Аннотация:** Одним из основных источников пищи для человека являются водные биологические ресурсы. Сокращение их запасов на фоне роста спроса делает искусственное выращивание рыб стратегически важным направлением агропромышленного комплекса. Поэтому создание устойчивой кормовой базы — важная задача, стоящая перед отечественными производителями. Подбор и введение в комбикорма новых сырьевых компонентов, не уступающих традиционному сырью, становятся одними из главных перспективных направлений развития отрасли кормопроизводства страны. В РУП «Институт рыбного хозяйства» исследуют новые виды нетрадиционного сырья, ввод которых способствует повышению питательной ценности комбикормов и снижению их себестоимости.

**Ключевые слова:** комбикорма, карп, осётр, концентрат кормовой, гидролизат, фермент, гуминобиотик, протеин, жир, клетчатка, кормовой коэффициент, переваримость

**U.Yu. Aheyets, J.V. Koshak, N.N. Hadlevskaya, A.N. Rusina,  
N.V. Zenovich, E.E. Rybkina, A.G. Kohovich**

*RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus  
National Academy of Sciences for Animal Husbandry”, Minsk, Belarus*

## **EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF USE OF UNCONVENTIONAL KINDS OF RAW MATERIALS IN COMBINE FEEDS FOR FISH**

**Abstract:** One of the main sources of food for humans is aquatic biological resources. The reduction of their stocks against the background of growing demand makes artificial fish farming a strategically important area of the agro-



industrial complex. Therefore, the creation of a sustainable forage base is an important task facing domestic producers. The selection and introduction of new raw materials into compound feed, which are not inferior to traditional raw materials, are becoming one of the main promising directions for the development of the country's feed industry. In RUE "Institute of Fisheries" are investigating new types of non-traditional raw materials, the introduction of which contributes to increasing the nutritional value of feed and reducing their cost.

**Keywords:** compound feed, carp, sturgeon, feed concentrate, hydrolyzate, enzyme, huminobiotic, protein, fat, fiber, feed coefficient, digestibility

**Введение.** Производство комбикормов, сбалансированных по всем показателям питательности и биологически активным веществам — непростая и важная задача. Современные рецепты могут содержать более 20 компонентов и различных кормовых добавок, которые только в определенной совокупности и весовом соотношении способны удовлетворить потребности рыбы в питательных веществах для поддержания жизни, развития, воспроизводства и получения высокой продуктивности.

При выращивании рыбы основной рост обеспечивает протеин комбикорма, и чем он полноценнее и легче усваивается, тем выше рыбопродуктивность и ниже кормовые затраты. Основным высококачественным протеином в комбикормах для рыб является рыбная мука, мировые объемы производства которой сокращаются при постоянном росте цен [1].

Основным объектом рыбоводства в республике является карп, выращивание которого сопряжено с использованием искусственных кормов. Однако рентабельность карповодства низкая, прежде всего из-за высокой стоимости используемых комбикормов, на долю которых в структуре себестоимости товарной рыбы приходится более 50 %. В республике также выращиваются ценные виды рыб, в частности осетровые виды и радужная форель. В структуре себестоимости выращивания ценных видов на долю комбикормов приходится 100 % [2]. Корма для рыбы, особенно для ценных видов рыб, относятся к высокобелковым кормам, поэтому разработка способов уменьшения затрат на корма и кормление весьма актуальна.

В связи с постоянным ростом цен на комбикормовое сырье и дефицитом белкового сырья внимание ученых привлекают нетрадиционные корма, как источники энергии, питательных веществ и биологически



активных веществ. Разработка и использование таких кормов способствует расширению рынка кормового сырья и повышению эффективности его использования. Как правило, применение последних положительно сказывается на рентабельности и конкурентоспособности производимой продукции [3].

В Республике Беларусь выращивание осетровых видов рыб базируется в основном на интенсивном кормлении. Необходимо учитывать, насколько сбалансированы комбикорма по основным элементам питания, полностью ли они отвечают физиологическим потребностям осетра, в частности, по оптимальным уровням белка, жира, калорий. Если говорить о белках, то надо помнить, что, попадая в пищеварительный тракт, они не усваиваются в неизменном виде, а сначала расщепляются до аминокислот, из которых в клетках синтезируются необходимые для них белки. Аминокислоты, в свою очередь, делятся на заменимые и незаменимые. Заменимые синтезируются в достаточном количестве в организме рыб, а незаменимые не синтезируются и должны поступать с кормом. Для этого нужно, чтобы в нем был полноценный белок, то есть белок, содержащий незаменимые аминокислоты. Их недостаток тормозит рост рыб, мешает усвоению ими пищи, негативно отражается на их аппетите и жизнестойкости. Более того, дефицит некоторых аминокислот вызывает патологические отклонения [4].

Основным белковым сырьём в комбикормах для рыб является рыбная мука. К 2025 г. объёмы рыбной муки на мировом рынке сократятся в два раза [5]. Поэтому разработчиками комбикормов во всём мире проводятся поиски альтернативных источников животного протеина. В качестве альтернативы может выступать рыбный гидролизат, полученный из отходов переработки пресноводной рыбы.

В РУП «Институт рыбного хозяйства» была разработана технология ферментативного гидролиза рыбных отходов и получен новый кормовой концентрат — рыбный гидролизат. Были изучены свойства рыбного гидролизата, а также новых нетрадиционных сырьевых компонентов — кормового концентрата из отходов крупяного производства, новый ферментный комплекс «Фекорд Аква» и кормовые добавки «Гуминобиотик Аква» и «Фульвогумат».

Цель работы — оценить эффективность использования нетрадиционных видов сырья в комбикормах для карпа и осетровых рыб.

**Основная часть.** Одним из перспективных видов сырья взамен рыбной муки является рыбный гидролизат. Рыбный белковый гидроли-



зат — однородный мелкодисперсный порошок светло-бежевого цвета, хорошо растворимый в воде с большим содержанием свободных аминокислот и низших пептидов, обладающий хорошими функциональными и питательными свойствами, а также содержащий в своём составе полноценный и сбалансированный по большинству незаменимых аминокислот протеин. Получают рыбный гидролизат, как правило, из отходов переработки рыбы и некондиционной мелкой рыбы, которую нельзя использовать в пищевой промышленности [6].

В лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» был разработан способ производства гидролизата из отходов переработки рыбы (Способ получения гидролизата из рыбы: пат. ВУ 23478 / Агеец В.Ю., Кошак Ж.В., Кошак А.Э., Зенович Н.В., Русина А.Н., Долгая Д.В., Гадлевская Н.Н., Орлов И.А. — Оpubл. 30.08.2021).

Был определен химический состав и биологическая ценность рыбного гидролизата и проведено сравнение его с рыбной мукой. Данные представлены в табл. 1.

**Таблица 1. Химический состав рыбного гидролизата и рыбной муки**  
**Table 1. Chemical composition of fish hydrolyzate and fish meal**

Наименование образца	Влажность, %	Содержание, %			
		сухого вещества, %	сырого протеина, %	сырого жира, %	сырой золь, %
Рыбный гидролизат по ТУ ВУ 100035627.023-2019	3,60	96,40	61,1	2,00	7,31
Рыбная мука по ГОСТ 2116-2000(производство РБ)	11,59	88,41	66,00	7,40	12,70

Из табл. 1 видно, что содержание сырого протеина в рыбном гидролизате составило 61,1 %, что только на 4,93 % меньше, чем в рыбной муке. В то же время необходимо понимать, что белок, подвергшийся ферментативному гидролизу, представляет собой хорошо усвояемый продукт за счет модификации белковых молекул, их частичного распада в результате гидролиза с образованием полипептидов, пептидов и аминокислот. Сырого жира в рыбном гидролизате содержится 2,00 %, в то время как в рыбной муке его 7,40 %. Низкое содержание жира в рыбном гидролизате позволяет увеличить его сроки хранения по сравнению с рыбной мукой.



Биологическая ценность рыбного гидролизата определялась по содержанию основных незаменимых аминокислот. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Аминокислотный состав рыбного гидролизата  
Table 2. Aminoacid composition of fish hydrolyzate

Аминокислота	Содержание аминокислоты, мг/100 г	
	Рыбная мука	Рыбный гидролизат
Лизин	3600	6612,4
Треонин	3100	2835,7
Метионин+цистеин	3090	3018,5
Валин	3800	3566,5
Фенилаланин+тирозин	2460	3299,1
Лейцин	3430	5231,3
Изолейцин	2110	2475,3

Из табл. 2 видно, что содержание аминокислот в гидролизате близко к содержанию аминокислот в рыбной муке. Рыбный гидролизат содержит полноценный и сбалансированный по большинству незаменимых аминокислот протеин.

Один из показателей, позволяющий оценить качество рыбного гидролизата — это переваримость его рыбой. Была определена переваримость рыбного гидролизата осетровыми рыбами. Традиционное для животноводства определение переваримости, построенное на основе балансовых методов, несмотря на существующие его модификации для рыб Г.С. Карзинкина [7, 8], Е.А. Яблонской [8], для искусственных кормов оказалось неприменимым. Чрезвычайно сложным оказался и фистульный метод, разработанный для рыб В.В. Краюхиным [9].

В своих исследованиях мы руководствовались методикой М.А. Щербины [10], согласно которой переваримость корма определяется по разности между количеством питательных веществ, принятых с кормом, и количеством их же, выделенных с экскрементами. Эта величина, называемая показателем «видимой переваримости», отличается от истинной переваримости. Несмотря на некоторые погрешности, показатель «видимой переваримости» дает количественную характеристику полезной части пищи, доступной организму рыб. Он является выражением конечных результатов процессов расщепления, всасывания и обмена, происходящих в пищеварительном тракте и зависит от многих внешних



и внутренних факторов. К внешним факторам относятся специфические особенности самих кормовых веществ, температура воды прудов, их кислородный режим, концентрация водородных ионов, солевой состав, накопление продуктов обмена в воде и т.д. К внутренним — активность и набор ферментов, выделяемых пищеварительными железами, способность пищеварительных желез к адаптивным изменениям ферментного состава выделяемых соков в зависимости от качества поступающей пищи, приспособление работы этих желез к пищевым и антипитательным веществам.

Определение переваримости сырого протеина рыбного гидролизата проводили на ленском осетре. В результате проведенных исследований коэффициент видимой переваримости сырого протеина рыбного гидролизата осетрами составил 86 %. На следующем этапе исследований был разработан состав комбикорма для осетровых рыб, в котором рыбная мука была заменена рыбным гидролизатом в количестве 4 %, 6 %, 8 % и 10 %. Далее была оценена эффективность рыбного гидролизата в составе комбикормов для осетровых рыб и его влияние на физиологическое состояние, и ростовые показатели осетра, результаты представлены в табл. 3.

**Таблица 3. Удельная скорость роста и кормовые затраты при использовании разного процента ввода рыбного гидролизата**  
**Table 3. Specific growth rate and feed costs when using different percentages of fish hydrolyzate input**

Процент замены рыбной муки в составе комбикорма	Прирост осетра		Удельная скорость роста, %/сутки	Затраты корма, г	Кормовой коэффициент, ед.
	абсолютный, г	относительный, %			
Комбикорм контроль (0%)	5,80±1,46	10,32±2,87	0,0055	181,7	6,3
4 %	10,67±3,84	8,90±3,13	0,0051	198,0	6,2
6 %	16,60±3,85	19,32±4,30	0,0082	138,4	1,6
8 %	16,80±1,24	18,90±1,70	0,0100	256,1	3,0
10 %	20,00±1,22	30,88±2,43	0,0157	83,9	1,05

Анализируя данные табл. 3, отметим, что комбикорм с заменой 10 % рыбной муки на рыбный гидролизат дал наилучший результат: абсолютный прирост выше на 71 %, удельная скорость роста выше на 65 % по сравнению с контролем. Значение кормового коэффициента в опыте с вводом рыбного гидролизата в количестве 10 % составило 1,05 ед., что в 6 раз меньше, чем в контрольном варианте.



Патологии, индуцируемые несбалансированными кормами, а также иными неблагоприятными факторами окружающей среды, способны нанести существенный урон рыбоводной отрасли. Для профилактики и лечения этих заболеваний применяют иммуномодуляторы, средства для регуляции стресса, разрабатываются различные методы воздействия на физиологические механизмы снижения заболеваемости, используются методы биотехнологии, вакцинирования и другие подходы. В целом недостатком этих методов является высокая затратность. В последнее время внимание исследователей всё в большей степени привлекают препараты на основе гуминовых соединений. Они могут быть использованы для повышения эффективности выращивания объектов животноводства, в т.ч. аквакультуры [11].

К гуминовым веществам относят фульвовые, гуминовые кислоты и их соли. Благодаря наличию различных функциональных групп и специфической ячеистой структуре гуминовые вещества обладают высокой сорбционной способностью. Они не токсичны, не проявляют мутагенной, канцерогенной и тератогенной активности и применяются в сельскохозяйственной практике для связывания тяжелых металлов, гербицидов, различных мутагенов, моно- и полициклических ароматических соединений, бактерий.

**Гуминовые кислоты** — это группа темно окрашенных гумусовых кислот, растворимых только в щелочах, но не растворимые в кислотах, ибо это сложная смесь высоко молярных природных органических соединений. **Фульвовая** кислота является продуктом жизнедеятельности бактерий и микроорганизмов, обитающих в почве после распада остатков растений, подвергаясь распаду и окислению с сопровождением выделения различных химических соединений. Благодаря карбоксильным, карбонильным и ароматическим фрагментам гуминовые кислоты вступают в ионные, доноро-акцепторные и гидрофобные взаимодействия, способных связывать различные классы экотосикантов, тем самым являются своеобразными посредниками, смягчающими действия токсинов на живой организм молоди рыб. Биологические эффекты комплексных связей гуминовой и фульвовой кислот способны эффективно интенсифицировать обменные процессы в живом организме молоди рыб, ускоряя окислительно-восстановительные процессы, улучшая газообмен в тканях, увеличивая скорость свободно-радикального окисления. Они относятся к кислотам низкого молекулярного веса и могут активно связывать свободные радикалы, помогают расщеплять части-



цы пищи рыбьего корма в желудочно-кишечном тракте и угнетают рост патогенных бактерий в желудочно-кишечном тракте рыбы, ускоряют переваривание белка с усвоением кальция, микроэлементов, питательных веществ, имеющих свойство образования пленки из тончайших частиц гуминовой кислоты, защищающей воспаленную ткань эпителия и комплекса лимфатических желез, проникая в субэпителиальную ткань и способствуя их восстановлению. Связанные гуминовыми кислотами бактерии и токсины выводятся естественным путем [12] (Способ повышения эффективности выращивания молоди рыб: пат. RU2582340/ Удинцев С.Н., Жиликова Т.П. — Оpubл. 27.04.2016).

При разработке лечебно-профилактического комбикорма для осетровых рыб в его состав вносили кормовые добавки «Гуминобиотик» и «Фульвогумат», показатели качества которых представлены в табл. 4.

Анализируя данные табл. 4, видно, что влажность и зольность препаратов практически одинакова. Концентрация щелочи выше у препарата «Фульвогумат», что для пищеварительной системы осетровых рыб не очень благоприятно. В то же время выход свободных гуминовых кислот в препарате российского производства «Фульвогумат» выше в 5 раз. Значения pH кормовой добавки «Фульвогумат» ниже на 3,8 %, что ближе к нейтральной реакции среды. Массовая доля азота в кормовой добавке «Фульвогумат» выше в 1,2 раза по сравнению с кормовой добавкой «Гуминобиотик».

Для установления эффективности кормления комбикормами с добавлением препаратов «Гуминобиотик» и «Фульвогумат» были проведены эксперименты по кормлению осетров в условиях аквариальной РУП «Институт рыбного хозяйства». Температура воды в аквариумах составляла 18–20 °С. Корм рыбе задавался в количестве 1,5–3,0 % от массы 3 раза в сут. Учет корма велся ежедневно. Отхода рыбы во время эксперимента не наблюдалось. Влияние комбикорма с вводом кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат» на ростовые показатели осетра представлены в табл. 5.

Из табл. 5 видно, что кормовой коэффициент при вводе 4 % кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат» ниже в 1,3 и 1,2 раза соответственно, чем в контроле, а в опыте при вводе 3 % кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат» в 1,7 и 1,1 раза соответственно. В среднем достоверная разница между опытом и контролем в приросте рыбы при  $P < 0,05$  отмечена в варианте с включением 4 % кормовой добавки «Гуминобиотик» и 4 % кормовой добавки «Фульвогумат», которые составили 3,34 г и 4,34 г соответственно.

Таблица 4. Показатели качества кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат»  
Table 4. Quality indicators of feed additives «Humino biotic» and «Fulvohumate»

Наименование кормовой добавки	Массовая доля влаги, %	Зольность, %	Концентрация щелочи, г/дм <sup>3</sup>	Выход свободных гуминовых кислот, %	Массовая доля азота, %	pH
«Фульвогумат»	94,63±0,08	0,088±0,01	16,45±0,40	4,28±0,03	0,14±0,04	10,84±0,02
«Гуминобиотик»	94,30±0,03	0,078±0,01	6,15±0,20	0,84±0,00	0,12±0,02	11,27±0,05

Таблица 5. Удельная скорость роста и кормовые затраты при использовании комбикорма для осетра  
Table 5. Specific growth rate and feed costs when using compound feed for sturgeon

Процент ввода кормовой добавки в комбикорм	Прирост осетра		Удельная скорость роста, %/сутки	Затраты корма, г	Кормовой коэффициент, ед.
	абсолютный, г	относительный, %			
Комбикорм контроль (0%)	37,33±0,88	13,70±0,62	0,0064	282,0	2,5
3 % «Гуминобиотик»	20,67±0,33	6,60±0,38	0,0013	198,8	3,2
3 % «Фульвогумат»	36,33±0,88	13,30±1,60	0,0061	263,1	2,4
4 % «Гуминобиотик»	40,67±0,33*	13,97±2,39	0,0052	231,8	1,9
4 % «Фульвогумат»	41,67±0,33*	20,57±1,18	0,0088	262,5	2,1



На основании полученных данных в табл. 5 установлено, что оптимальным процентом ввода кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат» в комбикорм для осетровых рыб является 4 %.

Все химические процессы в живых организмах протекают при участии особых, специфически действующих катализаторов, называемых ферментами или энзимами. Ферменты — вещества белковой природы, ускоряющие биохимические реакции. Они не входят в состав конечных продуктов реакций, не расходуются в их процессе и после осуществления реакции остаются в прежнем количестве [13].

Около одной трети органического вещества, поступающего в организм животного с кормом, обычно не переваривается и теряется. Организм рыбы не способен синтезировать ферменты, которые смогли бы гидролизовать некрахмалистые полисахариды клеточных стенок.

В животноводстве наибольший экономический эффект наблюдается при внесении ферментных препаратов в малоценные корма. Они влияют на ту часть корма, которая обычно в недостаточной степени подвергается действию пищеварительных ферментов.

Полагают, что разность переваримой и непереваримой частей рационов и есть тот резерв, за счет которого можно получить повышение эффективности использования комбикормов [14].

Для эффективного кормления рыбы в комбикорма для карпа был внесен мультиэнзимный комплекс и кормовой концентрат, состоящий из отходов крупяных производств, а именно из пшеничной, ячменной, гороховой и овсяной мучек. Белковый комплекс крупяных мучек, с точки зрения сбалансированности по незаменимым аминокислотам, для рыбы более полноценен, чем белки целого зерна.

Поэтому, подобрав оптимальные проценты ввода гороховой, пшеничной и ячменной мучек можно получить кормовой концентрат, сбалансированный по аминокислотному, жирнокислотному, витаминному и минеральному составам для карпа.

Был определен химический состав кормового концентрата и проведенное сравнение с зерном пшеницы. Данные представлены в табл. 6.

Из данных табл. 6 видно, что содержание сырого протеина в кормовом концентрате выше на 4,69 % по сравнению с зерном пшеницы, сырого жира меньше на 0,84 %. Данный кормовой концентрат позволяет частично или полностью заменить зерно в составе комбикормов для карпа и снизить конечную стоимость комбикорма. Лабораторией кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» на лабораторной линии



был изготовлен концентрат кормовой экструдированный из отходов крупяных производства для карпа, после чего была определена его переваримость на карпе [10]. В результате проведенных исследований коэффициент видимой переваримости кормового концентрата карпом составляет 95,25 %.

Таблица 6. Химический состав кормового концентрата  
Table 6. Chemical composition of feed concentrate

Наименование	Показатели качества, %				
	Влажность	Содержание сухого вещества	Содержание сырого протеина	Содержание сырого жира	Содержание сырой клетчатки
Кормовой концентрат	8,71	91,21	16,19	1,36	3,94
Зерно пшеницы	10,91	89,09	11,50	2,20	2,70

Для установления эффективности кормления комбикормами с мультиэнзимным комплексом «Фекорд Аква» и кормовым концентратом в его составе были проведены эксперименты по кормлению карпа в условиях аквариальной РУП «Институт рыбного хозяйства». Корм рыбе задавался в количестве 1,5–3,0 % от массы 3 раза в сут. Учет корма велся ежедневно. Отхода рыбы во время эксперимента не наблюдалось. Влияние комбикорма с вводом мультиэнзимного комплекса «Фекорд Аква» и кормового концентрата на ростовые показатели карпа представлены в табл. 7.

Таблица 7. Удельная скорость роста и кормовые затраты при использовании фермента  
Table 7. Specific growth rate and feed costs when using the enzyme

Наименование	Прирост карпа		Удельная скорость роста, %/сутки	Затраты корма, г	Кормовой коэффициент, ед.
	абсолютный, г	относительный, %			
Комбикорм для карпа К-110 контроль	1,20±0,30	4,49±1,00	0,0020	56,5	4,71
Комбикорм для карпа К-110 опыт	1,6±0,22	6,58±1,80	0,0031	52,5	3,75

Анализируя данные табл. 7, можно обратить внимание, что комбикорм для карпа с вводом 0,1 % мультиэнзимного комплекса «Фекорд Аква» и 5 % кормового концентрата активизируют обменные процессы



в организме карпа и ускоряют его темп роста. Лучшие показатели абсолютного и относительного прироста карпа оказались в опыте: абсолютный прирост в опыте выше на 33,33 % по сравнению с контрольным комбикормом.

Анализ удельной скорости роста показал, что при кормлении карпа комбикормом с вводом в его состав нового мультиэнзимного комплекса «Фекорд Аква» и кормового концентрата из отходов крупяных производств удельная скорость роста рыб была выше на 55 %, чем в контроле и привела к снижению кормового коэффициента на 20,4 % по сравнению с контролем.

Каротиноиды представляют собой наиболее многочисленную и широко распространенную группу пигментов. Они входят в состав водорослей, клеток микроорганизмов, клеток человека и животных и высших растений. В товарном рыбоводстве их значение определяется как физиологической потребностью рыб, так и получением высоких кулинарных свойств продукта, в особенности вкуса и цвета мяса рыб [15].

Антиоксидантные свойства каротиноидов определяются особенностями своей структуры, которые являются высоконенасыщенными соединениями и имеют в своем составе девять и более двойных сопряженных связей, благодаря этим реактивным связям они способны гасить агрессивные свободные радикалы, тормозить чрезмерное развитие перекисного окисления липидов и тем самым предохранять биомембранные и другие клеточные структуры от повреждения [16].

Каротиноиды (провитамин А), относящиеся к жирорастворимым соединениям, проявляют свои антиокислительные свойства в липидной фазе, аналогично витамину Е. По современным представлениям каротиноиды относятся к наиболее эффективным экзогенным антиоксидантам, действующим в липидной фазе. Их активность зависит от локализации и близости к субстрату, который они защищают. Встраиваясь в фосфолипидно-белковые структуры мембран, в липопротеидные системы, они стабилизируют их, осуществляя противокислительную защиту одновременно с  $\alpha$ -токоферолами, причем их антиоксидантные свойства оказываются в десятки раз сильнее, чем у витамина Е. Антиоксидантные свойства усиливаются от каротиноидов к ксантофиллам, а среди последних повышаются с появлением в их структуре гидролаз, а среди последних повышаются с появлением в их структуре гидрокси- (лютеин, зеакантин) и кетогрупп (кантаксантин). Наибольшей активностью обладает астаксантин, имеющий в структуре как гид-

рокси-, так и кетогруппу. Этот ксантофилл был назван даже «супервитамином», так как его противooksидлительная способность оказалась в несколько раз выше, чем у зеаксантина, танаксанина,  $\beta$ -каротина, и в десятки раз выше активности витамина Е [17].

Для изучения иммуномоделирующего воздействия каротинсодержащих препаратов в составе комбикормов для карпа были изготовлены на лабораторной линии РУП «Институт рыбного хозяйства» опытные комбикорма, содержащие различные виды каротиноидов. При проведении исследований подопытную рыбу размещали в аквариумах емкостью 60 л по 10 экз. при постоянной аэрации. Осуществляли ежедневное кормление рыбы комбикормами и смену воды на 1/3 или 2/3 объема аквариумов. Перед началом кормления каждой рыбе скальпелем нанесли порезы, температура воды в аквариумах  $18 \pm 0,5$  °С.

Внешний вид рыб с нанесенными на них порезами перед началом кормления представлен на рис. 1.



Контроль



Комбикорм с препаратом Панаферд АХ



Комбикорм с препаратом Эко-Золотой



Комбикорм со спирулиной

Рис. 1. Внешний вид ран на начало кормления комбикормами с каротиноидами

Fig. 1. The appearance of wounds at the beginning of feeding with compound feeds with carotenoids

После кормления комбикормами с каротинсодержащими препаратами в течение 3 сут внешний вид ран изменился, рис. 2.



Контроль

Комбикорм с препаратом  
Панаферд АХКомбикорм  
с препаратом  
Эко-ЗолотойКомбикорм  
со спирулиной

*Рис. 2.* Состояние ран после трех суток кормления комбикормами содержащими каротиноиды  
*Fig. 2.* Condition of wounds after three days of feeding with compound feed containing carotenoids

Анализируя внешний вид ран на рис. 2 видно, что через трое суток кормления явный процесс заживления ран виден при использовании препаратов «Эко Золотой» и «Панаферд-АХ» в составе комбикормов. На рыбе контрольной группы и кормившейся комбикормом со спирулиной процесс заживления проходит медленнее, нет образования коллагена и основного вещества, новообразования кровеносных сосудов с развитием грануляционной ткани в месте тканевого дефекта как при использовании препаратов «Панаферд-АХ» и «Эко Золотой».

Внешний вид ран после 30 сут кормления комбикормами с каротинсодержащими препаратами представлен на рис. 3.

В течение 30 сут наблюдается полное заживление ран у карпа, кормившегося комбикормами с каротинсодержащимися препаратами «Панаферд-АХ» и «Эко Золотой».

Анализируя представленные результаты можно сделать вывод, что процесс заживления ран у карпа при использовании каротинсодержащих препаратов «Панаферд-АХ» и «Эко Золотой» протекает быстрее на 76 % по сравнению с контролем и комбикормом содержащим спирулину.



Контроль

Комбикорм с препаратом  
Панаферд АХКомбикорм  
с препаратом  
Эко-ЗолотойКомбикорм  
со спирулиной

Рис. 3. Состояние ран после 30 сут кормления комбикормами содержащими каротиноиды

Fig. 3. Condition of wounds after thirty days of feeding with compound feed containing carotenoids

На следующем этапе изучалась устойчивость к бактериальным инфекциям. С этой целью в течение недели карпа прокормили комбикормами, содержащими в своем составе каротинсодержащие препараты «Панаферд-АХ», «Эко Золотой» и спирулину, после чего инфицировали карпа штаммом *Aeromonas hydrophyla* и наблюдали динамику развития бактериальной инфекции, при этом продолжали кормить опытными комбикормами.

Исходя из полученных данных, наиболее эффективным препаратом для борьбы с бактериальной инфекцией карпа является спирулина, выживаемость рыбы составила 100 %, при этом ярких признаков заболевания не наблюдалось (отсутствовало пучеглазие, ерошение чешуи, язвы). Подобный эффект связан с высоким содержанием в спирулине-фикоцианина, который обладает выраженным антиоксидантным, противовоспалительным действием и стимулирует работу иммунной системы. Вторым по эффективности показал себя препарат «Панаферд-



АХ» (выживаемость составила 30 %). При этом препарат «Эко Золотой» не оказался эффективным в борьбе с бактериальными инфекциями карпа (100 % смертность), так же, как и контроль.

Для рыб, выращиваемых в прудовых хозяйствах, важное значение имеет сбалансированное питание. В состав кормов для рыб должны входить все необходимые вещества для роста и поддержания физиологической активности. Основное условие при составлении комбикормов для рыб — сбалансированность по основным элементам питания.

В этой связи заслуживают особого внимания просовидные и сорговые культуры, которые дают не только высокие урожаи зеленой массы, пригодные для приготовления сена, сенажа и силоса, но и зерно, имеющее хороший протеиновый состав, что может служить реальным источником расширения ассортимента сырьевой базы комбикормового производства. Чумизу отличает уникальная совокупность химического состава зерна и сухого вещества, способная обеспечивать организм высокопродуктивных животных и птицы качественной легкодоступной энергией. Зерно чумизы в расчете на абсолютно сухое вещество в среднем содержит 13–15 % сырого протеина, 60–65 % крахмала, 5–8 % жира и 2–3 % сахара. Чумиза содержит витамина В<sub>1</sub> почти в три раза больше, чем 85 %-ная пшеничная мука, витамина В<sub>2</sub> в два раза больше, чем рис первого сорта, больше жира и азотистых веществ, чем семена гречихи, проса и ячменя [18, 19].

Состав незаменимых аминокислот зерна чумизы и их соотношение близки к составу других зерновых культур, %: 0,24 % лизина, 0,32 % метионина, 0,17 % цистина, 0,32 % гистидина, 0,50 % аргинина, 0,38 % треонина, 0,28 % глицина, 0,63 % валина, 0,48 % изолейцина, 1,29 % лейцина, 0,24 % тирозина, 0,57 % фенилаланина. Кроме этого, содержание незаменимых полиненасыщенных жирных кислот: 2,38 % линолевой и 0,18 % линоленовой кислот. Однако по сравнению с другими зерновыми аналогами (например, пайзой и просом) чумиза содержит значительно меньшее количество антипитательных веществ: 0,27 % танинов (против 0,41–0,46 %), 4,45 ГАЕ/мг фитогемагглютининов (против 9,0–9,8ГАЕ/мг), 7–8 % клетчатки (против 9,0–14,0 %) [20].

Были проведены исследования по переваримости зерна чумизы карпом в условиях аквариальной РУП «Институт рыбного хозяйства». Установлена переваримость сырого протеина некоторых сортов чумизы (Стрела 189, Золушка и Красуня) карпом. Были определены коэффициенты видимой переваримости сырого протеина. Они показали, что переваримость белка чумизы выше переваримости белка просо и со-



составляет 77,9–83,5 %. Как показали исследования, переваримость протеина чумизы карпом приближается к переваримости белков пшеницы (84–86 %) и дробленного зерна ячменя (81 %).

## Выводы

1. По результатам исследований была разработана технология получения рыбного гидролизата из рыбы и отходов ее переработки и проведены его испытания на осетровых рыбах. Получено, что оптимальный процент ввода рыбного гидролизата в комбикорм составил 10 % взамен рыбной муки.

2. На основании проведенных исследований установлено, что для защиты печени от вредных воздействий и ее восстановления разработан комбикорм, содержащий в своем составе кормовые добавки «Гуминобиотик» и «Фульвогумат» в количестве 4,0 %.

3. На основании проведенных исследований был разработан новый ферментный комплекс «Фекорд Аква» и комбикорм, содержащий в своём составе 0,1 % нового мультиэнзимного комплекса и 5 % кормового концентрата из отходов крупяных производств. Данный комбикорм позволил увеличить удельную скорость роста рыб на 55 %, чем в контроле и снизить кормовой коэффициент на 20,4 % по сравнению с контролем.

4. Разработан комбикорм содержащий каротиноиды в своём составе «Панаферд-АХ» и «Эко Золотой». Установлено, что данный комбикорм ускоряет процесс заживления ран у карпа на 76 % по сравнению с комбикормом, не содержащим данные препараты. Наиболее эффективным препаратом для борьбы с бактериальной инфекцией карпа оказалась спирулина, выживаемость рыбы при этом составила 100 %.

5. Исследована новая для Республики Беларусь культура — чумиза отечественной селекции. Установлено, что переваримость протеина чумизы (77,9–83,5 %) карпом приближается к переваримости белков пшеницы (84–86 %) и дроблённого зерна ячменя (81 %).

## Список использованных источников

1. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре // М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. — М. : Изд-во ВНИРО, 2006. — 360 с.
2. Канидьев, А.Н. Теория и практика использования искусственных кормов в аквакультуре рыб. Аквакультура в СССР и США / А.Н. Канидьев, Е.А. Гамыгин, Т.М. Боева, Е.А. Милославова // Матер. сов.-амер. симпозиума по аквакультуре, ВНИРО. — М., 1985. — С. 52–62.



3. Скляров, В.Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре / В.Я. Скляров. — М.: Издательство ВНИРО, 2008. — 150 с.
4. Остроумова, И.Н. Биологические основы кормления рыб / И.Н. Остроумова. Изд-е 2. — СПб.: ГосНИОРХ, 2001. — 372 с.
5. Лагуткина, Л.Ю. Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья / Л.Ю. Лагуткина // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. — 2017. — № 1. — С. 67–78.
6. Цибизова, М.Е. Исследование возможности биотрансформации рыбного сырья как основного компонента биопродуктов / М.Е. Цибизова, Н.Д. Аверьянова, Д.С. Язенкова // Вестник АГТУ : Рыбное хозяйство. — 2009. — № 1. — С. 170–175.
7. Карзинкин Г.С. К познанию рыбной продуктивности водоемов. Сообщение II. Изучение физиологии питания сеголетков зеркального карпа. — Труды Лимнологической станции в Косине, 1935. — Вып. 19. — С.21–59.
8. Яблонская Е.А. К познанию рыбной продуктивности водоемов. Сообщение V. Усвоение естественных кормов зеркальным карпом и оценка с этой точки зрения кормности водоёмов. — Труды Лимнологической станции в Косино, 1935. — Вып. 20. — С.76–98.
9. Краюхин, Б.В. Физиология пищеварения пресноводных костистых рыб. М., 1963. — 128с.
10. Щербина М.А. Переваримость и эффективность использования питательных веществ искусственных кормов у карпа / М.А. Щербина. — М.: Пищевая промышленность. — 1973. — 130 с.
11. Денисова, Т.В. Планируемое применение гуминовой и фульвой природных кислот в целях повышения количественной численности выживания молоди ценных и товарно-промысловых пород рыб с приобретением высоких качеств выживания и формирования крепкой иммунной системы молоди рыб/ Т.В. Денисова, Е.А. Мидлер, В.Л. Кочетов, Б.Г. Вакулов // Казань: Издательство «Молодой учёный»: № 3 (241) — Январь 2019 г.— С. 135–137.
12. Коровушкин, А.А. Разработка рационов с применением немодифицированных микропористых гуминовых кислот из леонардита для кормления карпов / А.А. Коровушкин, Ю.В. Якунин, Г.М. Туников // Вестник рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева: № 4 (44) — 2019 г.— С. 36–41.
13. Ездаков, Н.В. Применение ферментных препаратов в животноводстве / Н.В.Ездаков. — Москва : Колос, 1976. — 224 с.
14. Influence of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties of proteinhydrolysate from grass carp (*Ctenopharyngodonidella*) skin / J. Wasswa [et al.] // Food Chemistry. — 2007. — Vol. 104, № 4. — P. 1698–1704. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.044>.
15. Грозеску, Ю.Н. Эффективность применения каратиноидных препаратов в осетровых комбикормах / Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева, О.Д. Сергазиева. — Астрахань, 2001. — 21 с.



16. Скляр, В.Я. Эффективность использования каротина в рационах карпа при индустриальном выращивании / В.Я. Скляр, В.В. Середя. — М. : ВНИИПРХ, 1989. — 156 с.
17. Салькова, И.Я. Влиянии кормового препарата  $\beta$ -каротина на питательные свойства комбикорма для карпа / И.А. Салькова, М.А. Щербина, Л.Н. Дума. — М., 2002. — 208 с.
18. Подобед, Л.И. Оценка кормовых достоинств чумизы / Л.И. Подобед // Конъюнктурный журнал-каталог. — 2004.— №7(19). — С. 113–141.
19. Башинская, О.С. Роль чумизы в кормопроизводстве и перспективы ее возделывания в Поволжье / О.С. Башинская, П.П. Карамин, Д.А. Козел // Вавиловские чтения — 2014: Сборник статей межд. Науч.-практ. конф., посвященной 127-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. — Саратов, 2014.— С. 28–30.
20. Корм для сельскохозяйственной птицы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/221/2216199.html> (дата обращения 16.02.2021).

## Reference

1. Shcherbina M.A Fish feeding in freshwater aquaculture. Moscow, Publishing house of VNIRO, 2006, 360 p. (in Russian).
2. Kanidiev A.N, Gamygin E.A., Boeva T.M., Miloslavova E.A. Theory and practice of using artificial feed in fish aquaculture. Aquaculture in the USSR and the USA. Moscow, Mater. Sov. — Amer. Symposium on Aquaculture, VNIRO. — 1985, pp. 52–62 (in Russian).
3. Sklyarov V.Ya. Fish feed and feeding in aquaculture. Moscow, Publishing house VNIRO, 2008, 150 p. (in Russian).
4. Ostroumova I.N. Biological bases of fish feeding. Publishing house. Saint Petersburg, GosNIORKh, 2001, 372 p. (in Russian).
5. Lagutkina L.Yu. Perspective development of world production of feed for aquaculture: alternative sources of raw materials. Ser., Bulletin of ASTU, Fishindustry, 2017, pp. 67–78 (in Russian).
6. Tsibizova, M.E. Investigation of the possibility of biotransformation of fish raw materials as the main component of bioproducts. Vestnik AGTU, 2009, pp. 170–175 (in Russian).
7. Karzinkin G.S. To the knowledge of fish productivity of reservoirs. Communication II. Study of the nutritional physiology of under yearlings of the mirror carp. — Proceedings of the Limnological station in Kosino, 1935, pp. 21–59 (in Russian).
8. Yablonskaya E.A. To the knowledge of fish productivity of reservoirs. Report Y. Assimilation of natural food by mirror carp and assessment from this point of view of the feeding capacity of water bodies. — Proceedings of the Limnologichenskaya station in Kosino, 1935, Issue. 20, pp. 76–98 (in Russian).
9. Krayukhin, B.V. Digestion physiology of freshwater teleost fish. Moscow, 1963, 128 p. (in Russian).
10. Shcherbina M.A. Digestibility and efficiency of the use of nutrients in artificial feed for carp. Moscow, Food industry, 1973, 130 p. (in Russian).



11. Denisova, T.V. The planned use of humic and fulvic natural acids in order to increase the quantitative number of survival of juveniles of valuable and commercial fish species with the acquisition of high qualities of survival and the formation of a strong immune system of juveniles. Kazan: Publishing House «Young Scientist»: No. 3 (241), January 2019, pp. 135–137 (in Russian).
12. Korovushkin, A.A. Development of diets using unmodified microporous humic acids from leonardite for feeding car. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. P.A. Kostycheva: No. 4 (44), 2019, pp. 36–41 (in Russian).
13. Ezdakov, N.V. The use of enzyme preparations in animal husbandry. Moscow, Kolos, 1976, 224 p. (in Russian).
14. Influence of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties of protein hydrolysate from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) skin. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem>. (accessed 25 October 2021).
15. Grozescu Yu.N., Sereda V.V. The effectiveness of the use of carotenoid preparations in sturgeon compound feeds. Astrakhan, 2001, 21 p. (in Russian).
16. Sklyarov V.Ya. The effectiveness of the use of carotene in the diets of carp in industrial cultivation. Moscow, VNIIPRKh, 1989, 156 p. (in Russian).
17. Salkova I.Ya., Shcherbina M.A. Influence of  $\beta$ -carotene feed preparation on nutritional properties of compound feed for carp. Moscow, 2002, 208 p. (in Russian).
18. Podobed L.I. Evaluation of the fodder merits of chumiza. Conjoint magazine catalog, 2004 - No. 7 (19), pp. 113–141 (in Russian).
19. Bashinskaya, O.S., Karamin P.P. The role of chumiza in fodder production and the prospects for its cultivation in the Volga region. Vavilov Readings, 2014: Collection of Articles Int. Scientific-practical. Conf., dedicated to the 127th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov, Saratov, 2014, pp. 28–30 (in Russian).
20. Feed for poultry. Available at: <https://findpatent.ru/patent/221/2216199.html> (accessed 25 October 2021).

### Сведения об авторах

*Агеец Владимир Юльевич* — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Кошак Жанна Викторовна* — кандидат технических наук, доцент, зав. лабораторией кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: Koshak.zn@gmail.com

*Гадлевская Наталья Николаевна* — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by



*Русина Анна Николаевна* — научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: annarusina80@gmail.com

*Зенович Наталья Викторовна* — научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nata.zenovich@mail.ru

*Рыбкина Евгения Евгеньевна* — младший научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: evgesha.rybkina.97@mail.ru

*Кохович Артём Геннадьевич* — младший научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: artem\_kohovich@mail.ru

### Information about the authors

*Aheyets Uladzimir Yu.* — D.Sc. (Agriculture), Professor, director, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Koshak Zhanna V.* — Ph.D. (Engineering), Associate Professor, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

*Gadlevskaya Natalya N.* — Ph.D. (Biological sciences), leading researcher of the feed laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Rusina Anna N.* — Researcher of the feed laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: annarusina80@gmail.com

*Zenovich Natalia V.* — Researcher of the feed laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: nata.zenovich@mail.ru

*Rybkina Evgeniya E.* — Junior Researcher, Feed Laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: evgesha.rybkina.97@mail.ru

*Kokhovich Artyom G.* — Junior Researcher, Feed Laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: artem\_kohovich@mail.ru



**В.Ю. Агеец, С.Н. Пантелей, В.Д. Сенникова, А.С. Хомич, Ю.И. Сакович,  
М.Н. Исаенко**

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВОЗМОЖНОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЯЗЯ (*LEUCISCUS IDUS*), ПОЛУЧЕНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ ПРУДОВЫХ ХОЗЯЙСТВ БЕЛАРУСИ**

**Аннотация:** Расширение видового состава прудовой аквакультуры Беларуси остаётся актуальной проблемой. Традиционно выращиваемые виды не в полной мере используют компоненты гидробиоценоза, такие, как крупные личинки и имаго амфибиотических насекомых, поскольку они не являются предпочитаемой пищей. В то же время показатели количественного развития этих компонентов бентоса, нектона и плейсто-на в отдельных случаях превышают аналогичные величины для олигохет, хирономид, планктонных ракообразных, составляющих основу рациона традиционных видов прудовой аквакультуры в условиях 2 и 3 зон рыбоводства.

Заметный вклад в обеспечение населения республики рыбной продукцией до последнего времени играло рыбоводство в естественных водоёмах. Однако наблюдающееся в силу ряда объективных причин снижение промысловых запасов рыб в естественных водоёмах формирует ситуацию, в которой работа предприятий, специализирующихся на промышленном лове рыбы, требует предварительного зарыбления используемых ими водоёмов для достижения приемлемых экономических показателей. И, хотя водоёмы определённых категорий после проведения соответствующих исследовательских работ могут зарыбляться посадочным материалом, получаемым в рыбоводческих хозяйствах, эта практика имеет негативную сторону с учётом её экологических аспектов. Крупные быстрорастущие карповые рыбы, составляющие видовую основу прудового рыбного хозяйства, являются сильными пищевыми конкурентами для аборигенных видов рыб, численность которых в результате этой деятельности ещё больше понижается, в целом изменяется структура естественного гидробиоценоза эксплуатируемого водоёма и без дальнейших мероприятий по зарыблению его эксплуатация теряет экономическую целесообразность. Восстановление же естественных



гидробиоценозов является весьма длительным процессом. В связи с этим предпочтительнее зарыблять естественные водоёмы аборигенными видами рыб, получение посадочного материала которых, в условиях рыбоводческих хозяйств, требует ресурсозатратного изменения технологического цикла, привлечения специалистов и в конечном итоге позволяет получать виды, использование которых в связи с характером питания ограничено (сом, щука). Производство посадочного материала более массовых видов, например, линя, язя, усача, требует наличия отработанной технологии, которой в настоящее время для условий, соответствующих климату Беларуси, нет.

Исходя из вышеперечисленного, а также по результатам анализа материалов по биологии аборигенных видов республики и мирового опыта работы с ними, наиболее перспективным новым объектом прудового рыбоводства является язь. Его биологические характеристики позволяют предполагать, что как посадочный материал, так и товарная продукция язя могут быть получены при выращивании в прудовых рыбоводческих хозяйствах без существенной перестройки производства, в качестве дополнительного вида, выращиваемого совместно с основными — карпом, растительноядными рыбами. Однако для начала практической реализации работы с этим видом необходимо было удостовериться в действительной целесообразности, в связи с чем, были проведены эксперименты по определению возможности воспроизводства язя, получения посадочного материала в условиях прудовых хозяйств Беларуси. Результаты первого этапа этой работы приведены в настоящей статье.

**Ключевые слова:** язь, воспроизводство, инкубация, личинка, подращивание, посадочный материал, гидрохимический режим, гидробиологический режим, рост, питание, рыбопродуктивность

U.Yu. Aheyets, S.N. Panteley, V.D. Sennikova, A.S. Homich,  
J.I. Kravtsova, M.N. Isaenko

*RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry», Minsk, Belarus*

## **RESULTS OF EXPERIMENTS TO DETERMINE THE POSSIBILITY OF REPRODUCTION OF IDE (*LEUCISCUS IDUS*), OBTAINING PLANTING MATERIAL IN THE CONDITIONS OF POND FARMS IN BELARUS**

**Abstract:** Pike as an object of pond aquaculture differs in a number of characteristics that distinguish it from other, more widespread objects - carp, herbivorous fish. The consistently high demand for marketable products, high



dietary qualities of meat and, along with this, the ability to increase production efficiency due to biological reclamation — the transformation of the substance of low-productive trash fish, which creates conditions for food competition in polyculture conditions, makes pike a desirable object in pond aquaculture. At the same time, a number of existing problems limit the volume of commercial products produced. This includes, first of all, the low survival rate of juveniles due to cannibalism caused by a shortage of available forage resources at certain stages of juvenile rearing, and other objective factors, and therefore the exploitation of broodstock is often ineffective. Based on these prerequisites, the Institute has planned and is currently implementing a study aimed at increasing production indicators for pike to 25–30 kg/ha during the cultivation of this object in polyculture with carp fish. Such indicators are provided by a number of measures, in particular, rearing pike larvae in various conditions, including using concentrated feed, creating a safe habitat for juvenile pike at the initial stages of its rearing in ponds, and carrying out a number of reclamation measures. At the moment, the project is at the stage of production testing of the draft technological regulations, the development of which required the study of hydrochemical and hydrobiological regimes in ponds, nutritional characteristics, growth rate and physiological state of certain species using reclamation techniques optimized for the pike growing process, species and quantitative composition of polyculture.

**Keywords:** pike, increase, fish productivity, technology, hydrochemical regime, hydrobiological regime, growth, nutrition

**Введение.** Вылов рыбы из естественных водоёмов в Беларуси в последние годы снижается. В 2015 г., по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, было выловлено 870,7 т рыбы, в 2018 г 731,0 т, в 2019 — 668,0 т и в 2020 г 669,6 т. Это обусловлено рядом объективных причин, в частности, перестройкой водных экосистем из-за действия ряда антропогенных факторов, не последним из которых является зарыбление эксплуатируемых водоёмов нехарактерными для Беларуси видами, обеспечивающими временное повышение рыбопродуктивности, однако подавляющими местные ценные в промышленном отношении популяции. Получение в достаточном количестве посадочного материала местных видов рыб, обладающих достаточно высоким темпом роста и имеющих высокие пищевые и вкусовые характеристики, является одной из актуальных проблем рыбной отрасли республики.

Некоторые ресурсы временных гидробиоценозов рыбоводческих прудов, такие, например, как крупные личинки и имаго амфибиотических насекомых, практически не используются традиционными ви-



дами, формирующими поликультуру (каarp, толстолобики, белый амур). Анализ многолетних собственных материалов по видовой структуре макрозообентоса рыбоводческих прудов позволяет говорить, что эти компоненты зачастую являются основными по биомассе. Таким образом, использование этих компонентов видом, для которого они являются предпочитаемой пищей, позволило бы получить дополнительную продукцию пресноводной аквакультуры без дополнительных затрат кормов.

В вышеперечисленных отношениях перспективным видом является язь, биологические потребности которого соответствуют имеющимся в большинстве прудов рыбоводческих хозяйств 2–3 зон рыбоводства. Однако отсутствие ремонтно-маточных стад, технологий воспроизводства, получения посадочного материала требуют проведения соответствующих научно-исследовательских работ, направленных, в первую очередь, на доместификацию вида и отработку основных рыбоводно-биологических параметров работы с ним на предприятиях пресноводной аквакультуры.

Различные транслокации, в том числе связанные с интродукцией пресноводных видов рыб, имеют долгую историю в Европе [1]. Некоторые из этих видов, такие как язь (*Leuciscus idus*), до настоящего времени относительно мало изучены как в их родных ареалах, так и в зонах интродукции [2–4]. Это наблюдается, не смотря на одомашнивание язя и его более широкое использование, в рекреационной аквакультуре [5, 6]. Исторически это вид, имеющий экономическое значение [7, 8]. Коммерческий лов язя существовал в реках Обь и Иртыш Восточной Сибири [9, 10], а также в некоторых частях Балтийского моря, где ловля анадромных популяций все еще распространена [7, 11]. В настоящее время экономическое значение лов язя имеет в Северной Америке [12, 13] и в некоторых других странах. В Европе наблюдается использование этого вида в качестве декоративной прудовой рыбы [1, 14–17] и в качестве объекта любительского рыболовства [7], в том числе декоративных разновидностей [18], известных как синий орф и золотой орф [19]. Язь интродуцировался в водоёмы Северной Америки, Новой Зеландии, Великобритании и части континентальной Европы, выходящей за пределы его естественного ареала, однако материалы по результатам этого процесса, влияния интродукции язя на местные экосистемы и отдельные виды, входящие в их состав, представлены небольшим количеством публикаций [20–23]. Также, не смотря на наличие определённых



результатов по интродукции язя в прудовую аквакультуру, невелико и количество публикаций, раскрывающих вопросы анализа экологических и физиологических аспектов доместификации реофильных карповых рыб, включая *Leuciscus idus*, а также их воспроизводства, подращивания и получения посадочного материала в условиях прудовых рыбоводческих хозяйств [24]. Поэтому, ставя перед собой целью доместификацию старших возрастных групп язя *Leuciscus idus* из естественных водоёмов, изучение возможности естественного и заводского воспроизводства язя, получение посадочного материала в условиях прудовых хозяйств, необходимо проведение ряда экспериментов, которые позволят выявить потенциал этого вида как объекта пресноводной аквакультуры в условиях Беларуси.

Цель настоящего исследования — в ходе нативных экспериментов определить возможность воспроизводства язя (*Leuciscus idus*), получения посадочного материала в условиях прудовых хозяйств Беларуси.

Ставились следующие задачи:

- ♦ Изучить возможность контролируемого воспроизводства производителей язя в весенний период;
- ♦ Определить оптимальные условия для подращивания личинки язя, темп роста, характер и особенности её питания в цеховых условиях;
- ♦ Изучить особенности формирования гидробиоценозов (гидрохимический, гидробиологический режим) в прудах при выращивании посадочного материала (сеголетков) язя в моно- и поликультуре;
- ♦ По результатам обловов определить целесообразность выращивания посадочного материала (сеголетков) язя в условиях прудовых рыбоводческих хозяйств Беларуси, темп роста в условиях выростных прудов.

**Материалы и методы исследований.** Объект исследований — язь (*Leuciscus idus*).

Исследования проводили на базе ОАО Рыбхоз «Волма» (отлов производителей, воспроизводство, выращивание сеголетка из неподрошенной личинки) и СПУ «Изобелино» (подращивание личинки в цеховых условиях, выращивание сеголетка из подрошенной в цеховых условиях личинки).

Мониторинг гидрохимического и гидробиологического режима проводился на протяжении всего периода выращивания (май-сентябрь 2021 г) как в ходе подращивания в цехе, так и при дальнейшем выра-



щивании в прудах. Сбор и обработку материала осуществляли 2 раза в месяц по общепринятым в гидробиологии и гидрохимии методикам [25–28].

Контрольный лов рыбы осуществлялся 1 раз в месяц, что позволяло корректировать нормы кормления.

Облов выростных прудов был осуществлен в 1 декаде октября. После соответствующих примеров рыба посажена на зимовку.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

### **Работа с маточным стадом язя в весенний период**

Работы по определению оптимальных условий преднерестового содержания производителей язя, а также эксперименты по воспроизводству были осуществлены в прудах и цехе инкубации и подращивания ОАО «Рыбхоз "Волма"» в период от схода ледового покрова с зимовальных прудов (3 декада марта) до получения половых продуктов и в дальнейшем личинки от производителей. Маточное стадо язя на момент осуществления работ насчитывало 20 производителей в возрасте 6–7 лет, средней массой 1,5 кг.

До помещения в цех (14.04.2021) производители содержались в зимовальных прудах рыбхоза в поликультуре с другими видами рыб. При увеличении температуры воды до 11–12 °С они были перенесены в цех и содержались в ваннах, самцы отдельно от самок. Содержание кислорода в воде было достаточно высоким (7,8–8,1 мг/л), остальные критические показатели (содержание аммонийного азота, нитритов, нитратов, фосфатов, железа, сероводорода, углекислоты) гидрохимического режима на протяжении периода преднерестового содержания были в пределах нормативов для воды, поступающей в цеха воспроизводства и подращивания. В первые два дня температура воды искусственно увеличивалась на 1 °С в сут (14 и 15.04.2021), в дальнейшем поддерживалась на уровне 14°С. 10.04.2021 было установлено созревание как самцов (7 экз), так и самок (5 экз) без использования гормональных инъекций. Инъектирование оставшихся производителей не имело положительных результатов. Созревшие производители были использованы в ходе экспериментов с заводским (сдаивание половых продуктов, оплодотворение «сухим» методом и разлитие икры на «ерши») и эколого — физиологическим воспроизводством (самостоятельный нерест производителей на «ерши»). Обесклеивание икры и помещение её в ин-



кубационные аппараты на этом этапе исследований не проводилось по причине ограниченной численности стада.

Процесс инкубации был начат 20 апреля 2021 г, выклев был растянутым во времени и проходил с 28 апреля по 1 мая. Оплодотворяемость икры во всех вариантах опыта была невысокой (на уровне 60 %), кроме того, до обработки икры от сапролегнии наблюдалось заметное развитие последней. В связи с этим в ходе инкубации была проведена обработка икры дезинфицирующим составом на основе красителей и формальдегида, а также повышена до 17 °С температура воды с целью форсирования инкубации. В результате было получено 350 тыс. экз личинки язя, таким образом, рабочая плодовитость самок составила около 70 тыс. экз/экз.

Исходя из вышеперечисленного, можно заключить, что в условиях цехов рыбхозов при наличии возможности нагрева воды с достаточно тонкой регулировкой (в пределах 1 °С) в период нереста в пределах 11–14 °С, в период инкубации не менее 17 °С возможно осуществление нереста язя с вероятностью созревания самок на уровне 50 % и самцов 70 % без использования гормональных инъекций. Равные результаты по выходу личинки из воспроизводства дают сдаивание половых продуктов и самостоятельный нерест производителей на «ерши».

### **Подращивание личинки язя, темп роста, характер и особенности её питания в цеховых условиях**

Основная масса полученной личинки в возрасте 5–8 сут была использована рыбхозом «Волма» для зарыбления прудов без дополнительного подращивания.

Часть личинки (15 тыс. экз) была перевезена для постановки запланированных экспериментов по подращиванию в цех селекционно-генетического комплекса «Изобелино». Транспортировка осуществлялась наземным транспортом в полиэтиленовых пакетах с избыточным давлением кислорода. При транспортировке (2,5 ч) наблюдалась гибель единичных особей.

В период с 5.05 по 15.05.2021 г в цеховых условиях было проведено подращивание 5–8-ми суточной личинки язя (средняя длина особи 6,1 мм). Более точно возраст использованной личинки определить затруднительно, поскольку выклев из икры был растянутым во времени и проходил с 28 апреля по 1 мая. Подращивание осуществлялось в 2 вариантах опытов, при плотности посадки 7500 экз/ванну. В целях про-



филактики заболеваний однократно была проведена обработка ванн, а затем и рыбы, антипротозойной жидкостью на основе метиленовой сини и бриллиантового зеленого, затем через сутки антибиотиком (левалокс). Для кормления использовался стартовый комбикорм для хищных видов рыб с содержанием протеина не менее 45 % и клетчатки не более 1,0 %, изготовленный по оригинальному рецепту лабораторией кормов, измельчённый яичный желток, живые науплии артемии.

В первом варианте личинка содержалась в цехе инкубации и подращивания СПУ «Изобелино» в проточной ванне, в которую под давлением поступала вода из водоподающего канала, без подогрева. Уровень воды устанавливался таким образом, чтобы общий её объём составлял 1 м<sup>3</sup>. Скорость водообмена составляла 350–400 л в ч. Аэрация воды обеспечивалась дождеванием за счёт подачи её под давлением через перфорации во флейтах. Средняя, за период выращивания, температура воды, в связи с этим была низкой (13,7 °С), причём в первые 4 сут подращивания она не превышала 12 °С. В период подращивания все критические гидрохимические показатели в этом варианте сохранялись в пределах норматива, содержание кислорода в воде составляло 7,6–9,5 мг/л. В связи с этим вышеуказанную скорость водообмена можно признать достаточной при плотности посадки личинки 7–8 тыс. экз/м<sup>3</sup>.

В первые четверо суток в 1 варианте личинка вела себя пассивно, на все типы задаваемых кормов (науплии артемии, комбикорм, яичный желток, кровь животных) не реагировала. В то же время и существенных отходов не наблюдалось. В дальнейшем, при повышении температуры воды до 13,5–14,0 °С, реакция на кормление стала положительной. В содержимом кишечника, помимо неопределяемых компонентов (по всей вероятности, остатков содержимого желточных мешков), начали обнаруживаться частички комбикорма (он имел характерную серую окраску), а также яичного желтка, науплии артемии начали обнаруживаться на 6 сутки подращивания, при длине личинки 8,5 мм. На начальных этапах подращивания (4–5 сут) основную массу содержимого кишечника в этом варианте составлял яичный желток, в дальнейшем комбикорм, доля науплиев артемии на протяжении всего периода подращивания не превышала 15 %. В конце 10-ти суточного периода подращивания средняя длина личинок в этом варианте составила 9,8 мм, получено 5760 подрошенных личинок язя, выход составил 76,8 %.

Во втором варианте на основе аналогичной по объёму ванны была сформирована замкнутая система, где рециркуляция и очистка воды



осуществлялась за счёт непрерывной работы внешнего фильтра (смешанный фильтрующий элемент, производительность 2 м<sup>3</sup> в час), аэрация также за счёт дождевания через флейты, дополнительная аэрация — при помощи распыления в воде атмосферного воздуха под давлением, обеспечиваемого работой компрессора (40 л воздуха в минуту под давлением 0,03 МПа). Подогрев воды осуществлялся при помощи электрического нагревателя мощностью 150 Вт. Объём воды в системе составлял 1 м<sup>3</sup>. Средняя температура воды составила за период подращивания 18,8 °С, увеличение температуры в первые сутки осуществлялось со скоростью около 0,5 °С в час. Суточные колебания температуры воды были незначительны (в пределах 1,5 °С). Содержание кислорода в этом варианте было относительно ниже, однако также в пределах норматива (6,3–8,7 мг/л). В отдельные периоды наблюдалось превышение нормативов по аммиачному азоту и нитритам (до 0,19 и до 1,8 мгN/л, соответственно), в связи с чем, на четвертые сутки начала осуществляться каждые 12 ч подмена 1/4 объёма ванной на воду из водоподающего канала. Это позволило поддерживать средние за сутки значения аммиачного азота и нитритов в воде в пределах нормы. Дно и стенки ванн очищались дважды в сутки щёткой и, после осаждения взвеси при отключенных компрессоре и нагнетающем насосе фильтра, сифоном.

В таких кондиционируемых условиях личинка перешла на смешанное питание уже к завершению 2-х сут подращивания, при длине около 7,5 мм. В содержимом кишечника начал обнаруживаться яичный желток, а также незначительное количество комбикорма. С этого момента начало осуществляться кормление комбикормом, желтком и науплиями артемии из расчёта 15–20 г в сут каждого компонента (ориентировочно 50 % массы личинки). На 3-и сут основу рациона составляли комбикорм и желток, приблизительно в равных долях, к концу 3 сут подращивания в содержимом кишечника личинок появились науплии артемии. В дальнейшем в питании преобладал комбикорм (60–100 %), доля яичного желтка заметно снизилась (до 5–10 %) в связи с ограничением его количества в общем объёме кормления из-за негативного влияния на гидрохимический режим, остальную часть составляли науплии артемии, потреблявшиеся в этом варианте более активно. Соответственно, эквивалентно (до 30 г в сутки каждого корма) увеличился расход комбикорма и науплиев. В конце 10-ти суточного периода подращивания средняя длина личинок в этом варианте составила 13,8 мм, получено 6450 подрошенных личинок, выход составил 86,0 %.



Исходя из вышеперечисленного, лучшие результаты подращивания получены при более высоких по сравнению с природными температурах воды ( $18,8+1,5$  °С). Это позволяет получить значительно более крупную личинку при более высокой её выживаемости. В качестве стартовых кормов следует использовать высокобелковые концентрированные корма соответствующих фракций, также можно использовать измельчённый яичный желток. Науплии артемии целесообразно вводить в рацион подращиваемой личинки язя при достижении ей длины  $8,0-8,5$  мм.

**Особенности формирования гидробиоценозов  
(гидрохимический, гидробиологический режим)  
в прудах при выращивании посадочного  
материала (сеголетков) язя в моно- и поликультуре**

Зарыбление прудов в рыбхозе «Волма» личинкой язя для выращивания в поликультуре с карпом и растительноядными рыбами было осуществлено 3 мая 2021 г., начальная плотность посадки личинки язя составила 10 тыс. экз/га. В дальнейшем пруды были дозарыблены личинкой карпа и растительноядных рыб.

В связи с высокой интенсивностью кормления и высокими температурами воды, начиная с 3 декады июня, наблюдалось понижение концентрации кислорода в воде прудов (с  $5,8$  мг/л во 2 декаде июня до  $4,0$  мг/л в 3 декаде и в отдельные периоды до  $2,0$  мг/л в конце июня). В связи с этим кормление в 3 декаде июня было ограничено. В полной мере кормление возобновлено с 1 декады августа, когда содержание кислорода пришло в норму ( $5,3$  мг/л). В критические периоды для увеличения концентрации кислорода использовались аэраторы. В периоды наибольшей интенсивности кормления наблюдалось превышение нормативов по нитритному азоту (до  $0,25$  мг/л) и аммиачному азоту ( $1,5-1,7$  мг/л). При этом содержание фосфора в воде было низким ( $0,08-0,09$  мг/л). Последнее, вероятно, лимитировало развитие планктонных водорослей, прозрачность длительное время превышала  $60$  см. Это также могло послужить причиной дефицита кислорода в воде.

Сообщество зоопланктона, судя по показателям количественного развития и таксономической структуре, испытывало существенный прессинг со стороны поликультуры рыб, выращиваемых в исследуемых прудах. В начале сезона элиминации закономерно подвергались мелкие формы зоопланктона (коловратки, копеподы), биомасса которых в среднем составляла, соответственно,  $0,02$  и  $0,57$  мг/л, биомасса



кладоцер была выше (2,3 мг/л). С 1 декады июля структура сообщества изменилась, по биомассе стали преобладать мелкие формы (колоوراتки 0,07–0,12 мг/л, копеподы 1,0–1,2 мг/л), биомасса кладоцер снизилась до 0,17–0,40 мг/л. Исходя из имеющихся данных, сезонная продукция такого сообщества составляет 45,9 мг/л, что способно обеспечить расчётно 55–60 кг/га рыбопродуктивности. Это обеспечивает потребность в живых кормах 190–200 кг выращиваемой рыбы, что является невысоким показателем. Это обусловлено, вероятнее всего, вышеописанной вынужденной лакуной в кормлении рыбы концентрированными кормами, а также высокими первоначальными плотностями посадок основных и дополнительных видов рыб.

В прудах СПУ «Изабелино», где молодь язя содержалась в монокультуре при первоначальной плотности посадки 35 тыс. экз/га, содержание нитратов и нитритов не превышало нормативных значений, составив на протяжении периода исследований 0,27–0,63 и 0,008–0,010 мгN/л, соответственно. Содержание аммонийного азота в 3 декаде июля превышало норматив, однако было в пределах временно допустимых концентраций (1,59 мг/л). Это, вероятно, было обусловлено дефицитом кислорода, который наблюдался в этот же период (содержание кислорода составило 1,7–2,1 мг/л). Кислород необходим для осуществления нитрификации в значительном количестве. На этом этапе выращивания временно было прекращено кормление рыбы и внесён оксигенирующий агент — пероксисольват карбоната натрия. Внесение препарата позволило увеличить концентрацию кислорода в воде до величины 4,0–4,2 мг/л и стабилизировать её на этом уровне. При следующем отборе проб было установлено, что концентрация аммонийного азота снизилась до 0,47 мг/л, концентрация нитратов увеличилась до 0,63 мг/л. Таким образом, была устранена угроза развития аммиачного токсикоза и кислородного замора в прудах, где осуществлялся эксперимент.

Биомасса фитопланктона в период исследований колебалась в пределах 1,67–6,88 мг/л. В разные периоды преобладали синезелёные (33,5–91,6 % общей биомассы) или диатомовые водоросли (0,07–43,71 %). Доля зелёных водорослей колебалась в пределах 5,4–6,7 %, доля других планктонных водорослей была незначительной.

Биомасса зоопланктона колебалась в период исследований с 2,8 до 6,33 мг/л. С учётом установившейся таксономической структуры сообществ их сезонная продукция составила 90–100 мг/л, что при использовании соответствующих расчётных коэффициентов позволяет ут-



верждать, что сезонная продукция зоопланктона может обеспечить 120–130 кг/га рыбопродукции. Учитывая планируемую на этом этапе исследований рыбопродуктивность на уровне 350–400 кг/га необходимое количество естественных кормовых объектов обеспечивалось продукцией зоопланктона на 111,2 %. Сообщество подвергалось умеренному прессингу со стороны молоди язя, о чём говорит малая изменчивость показателей общей биомассы сообщества и биомассы его крупных таксономических единиц (копепод, кладоцер, коловраток) в периоды между отборами проб (периодичность 1 раз в 15 сут).

Биомасса макрозообентоса не была высокой на протяжении периода исследований. Макрозообентос был представлен преимущественно ракообразными (*Asellus aquaticus* — 0,15–0,65 г/м<sup>2</sup>) и мелкими хирономидами (0,05–1,0 г/м<sup>2</sup>). Продукционные показатели такого сообщества могли обеспечить за сезон около 12 кг/га рыбопродуктивности.

Исходя из вышеперечисленного, в условиях содержания молоди язя в монокультуре формировались более устойчивые и продуктивные гидробиоценозы по сравнению с прудами, зарыбленными поликультурой рыб, что должно было позволить в достаточном количестве снабжать целевой в настоящем исследовании вид — язя — естественной пищей.

### Результаты обловов

В прудах рыбхоза «Волма», зарыбленных неподрощенной личинкой язя и затем дозарыбленных личинкой карпа и растительноядных, в двух из трёх зарыбленных прудов наблюдалась низкая (на уровне 1 %) выживаемость молоди при рыбопродуктивности по целевому в исследовании виду около 1,5 кг/га. В одном из прудов наблюдалась значительно большая величина выживаемости (11,7 %) и рыбопродуктивность по сеголетку язя 18 кг/га. Средняя индивидуальная навеска сеголетков язя во всех прудах рыбхоза была сходной и составила 14,8±3,2 г.

В прудах СПУ «Изабелино», зарыбленных личинкой, подрощенной в разных условиях, наблюдалось различие, как по выходу сеголетков, так и по конечной навеске. Так, в варианте с использованием личинки, подрощенной на тёплой воде (18,8±1,5 °С), из зарыбленных 6450 личинок был получено 2570 экз молоди (выживаемость 39,9 %), однако средняя масса особи (7,1±1,6 г) была более низкой по сравнению с вариантом, зарыбленным личинкой, подрощенной на холодной воде в проточной системе. В этом варианте из зарыбленных 5760 личинок язя выжило 1348 (выживаемость 23,4 %), средняя масса особи была выше



(8,9±1,4 г). Рыбопродуктивность, в пересчёте на гектар, составила в первом варианте 114,04 кг/га, во втором 74,98 кг/га. Исходя из полученных данных, подрощенная на тёплой воде личинка отличалась на момент зарыбления прудов большей приспособляемостью, в связи с чем выжило большее её количество. По этой же причине формировалась более высокая пищевая конкуренция, что, в конечном счёте, привело к получению с единицы площади большего количества сеголетка с меньшей индивидуальной навеской.

Исходя из приведенных данных, выращивание сеголетка язя в монокультуре из подрощенной в цеховых условиях личинки позволяет достигать значительно большего рыбоводного эффекта по сравнению со способом выращивания из неподрощенной личинки в поликультуре. В то же время индивидуальная навеска и, соответственно, подготовленность к зимнему содержанию больше у посадочного материала, полученного при выращивании в поликультуре, что, по всей вероятности, обусловлено низкой относительной плотностью молоди язя в этих прудах.

На этом этапе исследований более перспективными для практических производственных целей при работе с молодью язя представляются варианты, проработанные в условиях СПУ «Изобелино», то есть подрощивание личинки в цехе и дальнейшее выращивание молоди в поликультуре. Однако для однозначного утверждения преимуществ такого метода с учётом меньшей индивидуальной навески получаемого материала следует в дальнейшем сравнение результатов зимовки полученного в разных вариантах посадочного материала язя. Это позволит выявить оптимальный технологический подход к получению сеголетков в условиях прудовых хозяйств республики.

## **Выводы**

- ♦ В условиях цехов рыбхозов при наличии возможности нагрева воды с достаточно тонкой регулировкой (в пределах 1 °С) в период нереста в пределах 11–14 °С, в период инкубации не менее 17 °С возможно осуществление нереста язя с вероятностью созревания самок на уровне 50 % и самцов 70 % без использования гормональных инъекций. Равные результаты по выходу личинки из воспроизводства дают сдаивание половых продуктов и самостоятельный нерест производителей на «ерши»;



- ◆ Лучшие результаты подращивания получены при более высоких по сравнению с природными температурах воды ( $18,8+1,5$  °С). Это позволяет получить значительно более крупную личинку при более высокой её выживаемости. В качестве стартовых кормов следует использовать высокобелковые концентрированные корма соответствующих фракций, также можно использовать измельчённый яичный желток. Науплии артемии целесообразно вводить в рацион подращиваемой личинки язя при достижении ей длины 8,0–8,5 мм;
- ◆ Более устойчивые и продуктивные гидробиоценозы по сравнению с прудами, зарыбленными поликультурой рыб, формировались в проведенном исследовании в условиях содержания молоди язя в монокультуре, что позволило в достаточном количестве снабжать целевой в настоящем исследовании вид — язя — естественной пищей;
- ◆ Установлена принципиальная возможность получения посадочного материала язя в условиях прудовых хозяйств Беларуси. Выращивание сеголетка язя из подрощенной в цеховых условиях личинки в выростных карповых прудах в монокультуре позволяет достигнуть значительно более высоких производственных показателей по сравнению с другими вариантами, вошедшими в проведенное исследование. Достижима рыбопродуктивность на уровне 75–114 кг/га при средней индивидуальной навеске особи 7–9 г. Выживаемость с учётом потерь при подращивании личинки и дальнейшего её выращивания в прудах составила в проведенных экспериментах, в зависимости от варианта, 17,97–34,27 %, что является высоким показателем. Исходя из этого, работа по формированию маточных стад язя и получению от них посадочного материала в условиях рыбоводческих хозяйств Беларуси представляется перспективной.
- ◆ Установлена необходимость провести в дальнейшем сравнение результатов зимовки полученного в разных вариантах посадочного материала язя, что позволит выявить оптимальный технологический подход к получению сеголетков язя в условиях прудовых хозяйств.

#### **Список использованных источников**

1. Copp, G.H. To be, or not to be, a non-native freshwater fish / P.G. Bianco, N.G. Bogutskaya, T. Eros, I. Falka, M.T. Ferreira, M.G. Fox, J. Freyhof, R.E. Gozlan, J. Grabowska, et al // J Appl Ichthyol 2005, no.21, pp. 242–262.



2. Brabrand, E. Food of roach (*Rutilus rutilus*) and ide (*Leuciscus idus*): significance of diet shift for interspecific competition in omnivorous fishes / A. Brabrand // *Oecologia*, 1985, no. 66, pp. 461–467.
3. Kulaskova, P. Factors influencing movement behaviour and home range size in ide *Leuciscus idus* / P. Horky, O. Slavák, J.I. Jones // *J Fish Biol*, 2009, no.74, pp. 1269–1279.
4. Rohtla, M. Life-history characteristics of ide *Leuciscus idus* in the Eastern Baltic Sea / R. Svirgsden, I. Taal, L. Saks, R. Eschbaum, M. Vetemaa // *Fish Manag Ecol*, 2015, no. 22, pp. 239–248.
5. Krejszeff, S. Domestication affects spawning of the ide (*Leuciscus idus*) – preliminary study / K. Targonska, D. Zarski, D. Kucharczyk // *Aquaculture*, 2009, no.295(1-2), pp. 145–147.
6. Kupren, K. Effects of temperature on survival, deformations rate and selected parameters of newly hatched larvae of three rheophilic cyprinids (genus *Leuciscus*) / A.A. Mamcarz, D.D Kucharczyk // *Pol J Natur Sci.*, 2010, no. 25(3), pp. 299–312.
7. Jarvalt, A. Ide, *Leuciscus idus* (L.). In: Ojaveer E, Pihu E, Saat T, editors. *Fishes of Estonia* / A. Palm, A. Turovski // Tallinn (Estonia): Estonian Academy Publishers, 2009, pp. 179–183.
8. Stehlberg, S. Catching basking ide, *Leuciscus idus* (L.), in the Baltic Sea: fishing and local knowledge in the Finnish and Swedish Archipelagos / I. Svanberg // *J. North Stud.* 2011, no.5(2), pp. 87–104.
9. Berg, L.S. *Freshwater fishes of the USSR and adjacent countries* / L.S. Berg // Jerusalem: Israel 1116 Program for Scientific Translations Ltd, 1964.
10. Zhuravlev, V.B. Biology and commercial significance of ide *Leuciscus idus*, in the upper reaches of the Ob river / V.P. Solovov // *Vopr Ikhtiol*, 1984, no. 24(2), pp. 232–237.
11. Skovrind, M. Genomic population structure of freshwater-resident and anadromous ide (*Leuciscus idus*) in north-western / M.T. Olsen, F.G. Vieira, G. Pacheco, H. Carl, MTP Gilbert, P.R. Müller // *Ecol Evol*, 2016, no.6(4), pp. 1064–1074.
12. Mandrak, N.E. Evaluation of five freshwater fish screening-level risk assessment protocols and application to non-indigenous organisms in trade in Canada / C. Gantz, L.A. Jones, D. Marson, B. Cudmore. Department of Fisheries and Oceans, Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2014, 125 pp.
13. Howeth, J.G. Predicting invasiveness of species in trade: climate match, trophic guild and fecundity influence establishment and impact of non-native freshwater fishes / C.A. Gantz, P.L. Angermeier, E.A. Frimpong, M.H. Hoff, R.P. Keller, N.E. Mandrak, M.P. Marchetti, J.D. Olden, C.M. Romagosa, et al // *Divers Distrib*, 2016, no.22(2), pp. 148–160.
14. Vooren, C. Ecological aspects of the introduction of fish species into natural habitats in Europe, with special reference to the Netherlands / C. Vooren // *J Fish Biol*, 1972, no.4(4), pp. 565–583.



15. Lever, C. The naturalised animals of the British Isles / C. Lever // London (UK): Hutchinson & Co Limited, 1977.
16. Hanel, L. Alien fishes in European waters / J. Plesn\_эк, J. Andreska, S. Lusk, J. Nov\_ак, J. Pl\_э\_stil // Zo\_Csop Vla\_sim / Bulletin Lampetra, 2011, np.7, pp. 148–185.
17. Harzevili, A.S. Larval rearing of ide (*Leuciscus idus* (L.)) using decapsulated *Artemia* / I. Vught, J. Auwerx, D. De Charleroy // Arch Polish Fish, 2012, no.20, pp. 219–222.
18. Hickley, P. Fisheries for non-native species in England: angling or the environment / S.Chare // Fish Manage, 2004, no.11(3-4), pp. 203–212.
19. Smith, S.J. The orfe: a fish for all seasons / S.J. Smith // Trop Fish.Hobbyist, 1995, no.64(1), pp. 102, 104–105.
20. Hill, J.E. Risk analysis for non-native species in aquaculture. SRAC Publication 4304 / J.E. Hill // Stoneville (MS): U.S. Department of Agriculture, Southern Regional Aquaculture Center, 2009. <http://fisheries.tamu.edu/files/2013/09/SRAC-Publication-No.-4304-Risk-Analysis-for-Non-Native-Species-in-Aquaculture.pdf>. Accessed 12 October 2020.
21. Humair, F. Understanding misunderstandings in invasion science: why experts don't agree on common concepts and risk assessments / P.J. Edwards, M. Siegrist, C. Kueffer // NeoBiota, 2014, no. 20, pp. 1–30.
22. Copp, G.H. Voracious invader or benign feline. A review of the environmental biology of European catfish *Silurus glanis* in its native and introduced range / J.R. Britton, J. Cucherousset, E. Гарсэа-Berthou, R. Kirk, E.J. Peeler, S. Stakenas // Fish Fish, 2009, no.10(3), pp. 252–282.
23. Copp, G.H. A review of growth and life-historytraits of native and non-native European populations of black bullhead *Ameiurus melas* / A.S. Tarkan, G. Masson, M.J. Godard, J. Kosco, V. Kovac, A. Novomeska, R. Miranda, J. Cucherousset, G. Pedicillo, et al // Rev Fish Biol Fish, 2016, no. 26(3), pp. 441–469.
24. Mehis Rohtla. Copp (2020): Review and Meta-Analysis of the Environmental Biology and Potential Invasiveness of a Poorly-Studied Cyprinid, the Ide *Leuciscus idus*, Reviews in Fisheries Science & Aquaculture / Vilizzi Lorenzo, Kováč Vladimír, Almeida David, Brewster Bernice, J. Robert Britton, Glowacki Łukasz, J. Godard Michael, Kirk Ruth, Nienhuis Sarah, H. Olsson Karin, Jan Simonsen, E. Skóra Michał, Stakėnas Saulius, Ali Serhan Tarkan, Nildeniz Top, Hugo Verreycken, Grzegorz Zięba & Gordon H. // <https://doi.org/10.1080/23308249.2020+822280>. — Accessed 01.04.2021
25. Алекин, О.А. Руководство по химическому анализу вод суши / О.А. Алекин [и др.]. — Ленинград: Гидрометеоиздат, 1973. — С. 262.
26. Киселев, И.А. Методы исследования планктона / И.А. Киселев // Жизнь пресных вод. — 1956. — №4, Ч.1. — С. 163.
27. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. — Ленинград, 1984. — С. 52.



28. Романенко, В.И. Экология микроорганизмов пресных вод / В.И. Романенко, С. И. Кузнецов. — Москва: Наука, 1974. — С. 194.

## Reference

1. Copp G.H., Bianco P.G., Bogutskaya N.G., Eros T., Falka I., Ferreira M.T., Fox M.G., Freyhof J., Gozlan R.E., Grabowska J., et al. To be, or not to be, a non-native freshwater fish. *J Appl Ichthyol* 2005, no.21, pp. 242–262.
2. Brabrand E. Food of roach (*Rutilus rutilus*) and ide (*Leuciscus idus*): significance of diet shift for interspecific competition in omnivorous fishes. *Oecologia*, 1985, no. 66, pp. 461–467.
3. Kuláskova P., Horký P., Slavák O., Jones J.I. Factors influencing movement behaviour and home range size in ide *Leuciscus idus*. *J Fish Biol*, 2009, no.74, pp. 1269–1279.
4. Rohtla M., Svirgsden R., Taal I., Saks L., Eschbaum R., Vetemaa M. Life-history characteristics of ide *Leuciscus idus* in the Eastern Baltic Sea. *Fish Manag Ecol*, 2015, no. 22, pp. 239–248.
5. Krejszef S., Targonska K., Zarski D., Kucharczyk D. Domestication affects spawning of the ide (*Leuciscus idus*) — preliminary study. *Aquaculture*, 2009, no.295(1–2), pp. 145–147.
6. Kupren K., Mamcarz A.A., Kucharczyk D.D. Effects of temperature on survival, deformations rate and selected parameters of newly hatched larvae of three rheophilic cyprinids (genus *Leuciscus*). *Pol J Natur Sci.*, 2010, no. 25(3), pp. 299–312.
7. Jarvalt A., Palm A., Turovski A. Ide, *Leuciscus idus* (L.). In: Ojaveer E., Pihu E., Saat T., editors. *Fishes of Estonia*. Tallinn (Estonia): Estonian Academy Publishers, 2009, pp. 179–183.
8. Stehlberg S., Svanberg I. Catching basking ide, *Leuciscus idus* (L.), in the Baltic Sea: fishing and local knowledge in the Finnish and Swedish Archipelagos. *J. North Stud.* 2011, no.5(2), pp. 87–104.
9. Berg L.S. *Freshwater fishes of the USSR and adjacent countries*. Jerusalem: Israel 1116 Program for Scientific Translations Ltd, 1964.
10. Zhuravlev V.B., Solovov V.P. Biology and commercial significance of ide *Leuciscus idus*, in the upper reaches of the Ob river. *Vopr Ikhtiol*, 1984, no. 24(2), pp. 232–237.
11. Skovrind M., Olsen M.T., Vieira F.G., Pacheco G., Carl H., Gilbert MTP, Müller P.R. Genomic population structure of freshwater-resident and anadromous ide (*Leuciscus idus*) in north-western. *Ecol Evol*, 2016, no.6(4), pp. 1064–1074.
12. Mandrak N.E., Gantz C., Jones L.A., Marson D., Cudmore B. Evaluation of five freshwater fish screening-level risk assessment protocols and application to non-indigenous organisms in trade in Canada. Department of Fisheries and Oceans, Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2014, 125 pp.
13. Howeth J.G., Gantz C.A., Angermeier P.L., Frimpong E.A., Hoff M.H., Keller R.P., Mandrak N.E., Marchetti M.P., Olden J.D., Romagosa C.M., et al. Predicting invasiveness of species in trade: climate match, trophic guild and



- fecundity influence establishment and impact of non-native freshwater fishes. *Divers Distrib*, 2016, no.22(2), pp.148–160.
14. Vooren C. 1972. Ecological aspects of the introduction of fish species into natural habitats in Europe, with special reference to the Netherlands. *J Fish Biol*, no.4(4), pp.565–583.
  15. Lever C. The naturalised animals of the British Isles. London (UK): Hutchinson & Co Limited, 1977.
  16. Hanel L., Plesn\_ək J., Andreska J., Lusk S., Nov\_ək J, Pl\_ə\_stil J. Alien fishes in European waters. *Zo \_Csop Vla\_sim / Bulletin Lampetra*, 2011, np. 7, pp. 148–185.
  17. Harzevili A.S., Vught I., Auwerx J., De Charleroy D. Larval rearing of ide (*Leuciscus idus* (L.)) using decapsulated *Artemia*. *Arch Polish Fish*, 2012, no.2 0, pp. 219–222.
  18. Hickley P., Chare S. Fisheries for non-native species in England: angling or the environment? *Fish Manage*, 2004, no. 11(3-4), pp. 203–212.
  19. Smith S.J. The orfe: a fish for all seasons. *Trop Fish. Hobbyist*, 1995, no. 64(1), pp. 102, 104–105.
  20. Hill J.E. 2009. Risk analysis for non-native species in aquaculture. SRAC Publication 4304. Stoneville (MS): U.S. Department of Agriculture, Southern Regional Aquaculture Center. <http://fisheries.tamu.edu/files/2013/09/SRAC-Publication-No.-4304-Risk-Analysis-for-Non-Native-Species-in-Aquaculture.pdf>. Accessed 12 October 2020.
  21. Humair F., Edwards P.J., Siegrist M., Kueffer C. Understanding misunderstandings in invasion science: why experts don't agree on common concepts and risk assessments. *NeoBiota*, 2014, no. 20, pp. 1–30.
  22. Copp G.H., Britton J.R., Cucherousset J., Гарсэа-Berthou E., Kirk R., Peeler E.J., Stakenas S. Voracious invader or benign feline? A review of the environmental biology of European catfish *Silurus glanis* in its native and introduced range. *Fish Fish*, 2009, no. 10(3), pp. 252–282.
  23. Copp G.H., Tarkan A.S., Masson G., Godard M.J., Kosco J., Kovac V., Novomeska A., Miranda R., Cucherousset J., Pedicillo G., et al. A review of growth and life-history traits of native and non-native European populations of black bullhead *Ameiurus melas*. *Rev Fish Biol Fish*, 2016, no. 26(3), pp. 441–469.
  24. Mehis Rohtla, Lorenzo Vilizzi, Vladimír Kováč, David Almeida, Bernice Brewster, J. Robert Britton, Łukasz Głowacki, Michael J. Godard, Ruth Kirk, Sarah Nienhuis, Karin H. Olsson, Jan Simonsen, Michał E. Skóra, Saulius Stakėnas, Ali Serhan Tarkan, Nildeniz Top, Hugo Verreycken, Grzegorz Zięba & Gordon H. Copp (2020): Review and Meta-Analysis of the Environmental Biology and Potential Invasiveness of a Poorly-Studied Cyprinid, the Ide *Leuciscus idus*, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. <https://doi.org/10.1080/23308249.2020+822280>. — Accessed 01.04.2021.
  25. Alekin O.A. Manual for the chemical analysis of land waters. Leningrad, Gidromethioizdat, 1973, p. 262 (in Russian).
  26. Kiselev I.A. Plankton research methods. *Life of fresh waters*, 1956, No. 4, Part 1, p. 163 (in Russian).



27. Methodical recommendations for the collection and processing of materials during hydrobiological research in freshwater reservoirs. Zoobenthos and its products. Leningrad, 1984. p. 52 (in Russian).
28. Romanenko V.I., Kuznetsov S.I. Ecology of fresh water microorganisms. Moscow, Nauka, 1974. p. 194 (in Russian).

### Сведения об авторах

*Агеец Владимир Юльянович* — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Пантелей Сергей Николаевич* — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: pantsialei@yandex.ru

*Сенникова Виолетта Дмитриевна* — старший научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Хомич Андрей Сергеевич* — научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Сакович Юлия Игоревна* — младший научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Исаенко Марина Николаевна* — младший научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

### Information about the authors

*Aheyets Uladzimir Yu.* — D.Sc. (Agriculture), Professor, director, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Panteley Sergey N.* — Ph.D. (Agriculture), RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: pantsialei@yandex.ru



- Sennikova Violetta D* — senior researcher of the laboratory of pond and industrial fish farming, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by
- Homich Andrey S.* — researcher of the laboratory of pond and industrial fish farming, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by
- Sakovich Julia I.* — junior researcher of the laboratory of pond and industrial fish farming, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by
- Isaenko Marina N.* — junior researcher of the laboratory of pond and industrial fish farming, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by



**В.Ю. Агеец, О.М. Таврыкина, А.Г. Литвинова, Г.П. Воронова, С.И. Ракач**

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОВАРНОЙ РЫБЫ В ПРУДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИЕМОВ МАЛОЗАТРАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Аннотация:** Изучены приемы малозатратного производства, включающие применение комплекса отходов пищевого производства (барды спиртовая, дробина пивная, остаточные пивные дрожжи) совместно с ограниченной дозой минеральных удобрений и комбинированное кормление рыбы комбикормом, зерном и зерноотходами, позволяющие, не снижая производство рыбной продукции, уменьшить ее себестоимость, сделать ее конкурентоспособной как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Гидрохимические показатели при применении приемов малозатратного производства товарной рыбы не превышали норматив СТБ 1943-2009.

Совместное внесение органических удобрений в виде барды спиртовой и дробины пивной совместно и ограниченной дозы минеральных удобрений обеспечило формирование наибольшей биомассы фитопланктона, в 1,5 раза превышающую такую по сравнению с вариантом с внесением только минеральных удобрений. Применение отходов пищевой промышленности приводило к доминированию в прудах зеленых водорослей (57–77%), коловраток (57,5 %) и копеподитных стадий веслоногих (47,1 %). Среди макрозообентоса в данных вариантах доминировали представители хирономид.

Применение дешевых средств интенсификации естественной кормовой базы и кормов в виде зерна и зерноотходов способствовало получению рыбной продукции на уровне контрольных прудов 715,9–807,3 кг/га, где применяли дорогостоящие минеральные удобрения и комбикорма.

**Ключевые слова:** товарная рыба, комбикорм, зерно, зерноотходы, комплекс удобрений, отходы пищевого производства, малозатратное производство рыбы, рыбопродуктивность, кормовой коэффициент



U.Yu. Ahejets, O.M. Tavrykina, G.P. Voronova, A.G. Litvinova, S.I. Rakach

*RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry", Minsk, Belarus*

## EFFICIENCY OF GROWING COMMERCIAL FISH IN PONDS USING LOW-COST PRODUCTION TECHNIQUES

**Abstract:** Methods of low-cost production of fish have been studied, including the use of a complex of food production waste (alcohol bard, beer shot, residual brewer's yeast) together with a limited dose of mineral fertilizers and combined feeding of fish with compound feed, grain and grain waste, allowing, without reducing the production of fish products, to reduce its cost, make it competitive both on the domestic and foreign market.

Hydrochemical mearing in investigated variants when using the methods of low-cost production of marketable fish did not exceed critical indications.

The combined application of organic fertilizers in the form of alcohol stillage and beer grains together and a limited dose of mineral fertilizers ensured the formation of the largest biomass of phytoplankton, 1,5 times higher than that in comparison with the option with the introduction of only mineral fertilizers. The use of food industry waste products led to the dominance of green algae (57–77 %), rotifers (57,5 %) and copepod on young stage of development (47,1 %). Among the macrozoobenthos in these variants, representatives of chironomids dominated.

The use of cheap means of intensification of the natural fodder base and feed in the form of grain and grain waste contributed to the receipt of fish products in control ponds 715,9–807,3 kg/ha, where expensive fertilizers and compound feed are used.

**Keywords:** marketable fish, compound feed, grain, grain waste, a complex of fertilizers, food waste, low-cost fish production, fish productivity, feed coefficient

**Введение.** Основное производство рыбы, до 83 %, осуществляется в рыбоводных хозяйствах республики. Резервы увеличения производства товарной прудовой рыбы определяются выбранной технологией, естественной рыбопродуктивностью пруда, оптимальным уровнем интенсификации применительно к нынешним социально-экономическим условиям.

В условиях высокой стоимости минеральных удобрений, комбикормов, энергоносителей применение интенсивных технологий производства товарной рыбы во многих рыбоводных хозяйствах становится не-



эффективным. В рыбоводстве как никогда высок спрос на получение наибольшего возможного объема производства прудовой рыбы высокого качества при минимальных затратах материально-технических ресурсов, в основе которого лежит максимальное использование биопродукционного потенциала пруда на основе направленного формирования естественной кормовой базы. Актуальным является получение прироста рыбной продукции при снижении затрат на ее производство, что делает ее конкурентоспособной как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

В доперестроечный период рыбохозяйственные предприятия практиковали в основном интенсивную технологию выращивания товарной рыбы, которая предусматривает высокие плотности посадки, интенсивное кормление комбикормом, полносистемное использование минеральных и органических удобрений, что позволяло отдельным рыбхозам («Селец», «Белое», «Любань») получать 20–25 ц/га рыбопродукции. С переходом экономики на рыночные отношения, в связи с резким ростом стоимости материально-энергетических ресурсов, используемых в рыбоводстве, большинство рыбхозов вынуждены были перейти на полунтенсивный способ выращивания, что снизило производство товарной рыбы. Производство товарной рыбы за последние годы составило в среднем 6–8 ц/га. Сейчас большинство рыбхозов не в состоянии приобретать дорогостоящие минеральные удобрения, выращивать рыбу при высоких плотностях посадки. Подобная ситуация сложилась и в других республиках СНГ.

Решить эту проблему можно за счет приемов малозатратного производства, которые направлены на обеспечение максимально возможного объема производства рыбы при минимальных затратах материально-технических ресурсов [2, 3]. В основе этих приемов лежит как улучшение использования естественных кормовых ресурсов пруда, так и рациональное кормление рыбы искусственными кормами.

Состояние естественной кормовой базы во многом определяет рыбопродуктивность прудов. Применяемые в товарном рыбоводстве корма искусственного происхождения без достаточного количества естественной пищи, богатой витаминами и аминокислотами, плохо усваиваются. При уменьшении в рационе карпа естественной пищи до 20 % и ниже рост рыбы замедляется, расход кормов на единицу продукции увеличивается до 7–15 кормовых единиц [4]. Особенно сильно сказывается недостаток естественного питания на растительноядных рыбах



(белые и пестрые толстолобики, белый амур), которые вообще целиком зависят от естественных пищевых ресурсов пруда [5].

Цель работы — изучить влияние комбинированного кормления товарного карпа с применением малозатратных приемов на выход рыбопродукции.

**Материалы и методика.** Исследования проводили в 2021 г. на 8 экспериментальных прудах с независимым водоснабжением площадью 0,24 га каждый в ХРУ «Вилейка» Минской области, сгруппированных в 4 варианта опыта в зависимости от применяемых средств интенсификации естественной кормовой базы и кормления рыбы искусственными кормами.

Пруды зарыбляли поликультурой рыб (двухгодовиками карпа, пестрого толстолобика, белого амура и карася), общей плотностью посадки 1541 экз./га.

В качестве средств интенсификации естественной кормовой базы применяли отходы пищевой промышленности: барду спиртовую, пивную дробину, остаточные пивные дрожжи, а также минеральные удобрения в виде аммиачной селитры, аммофоса, которые вносили по биологической потребности из расчета разовой дозы барды — 75 кг/га, пивной дробины — 1000 кг/га (одноразово), остаточных пивных дрожжей — 50 кг/га и минеральных удобрений — 25–50 кг/га. В пруды первого и второго вариантов отходы вносили совместно с ограниченной дозой минеральных удобрений (25 кг/га). В пруды 3–4 вариантов вносили только минеральные удобрения из расчета разовой дозы 50 кг/га.

В качестве искусственных кормов для трехлетков карпа в прудах 1–3 вариантов использовали комбикорм К-111 (май), фуражное зерно (июнь, июль) и зерноотходы пшеницы, состоящие на 70 % из зерна (август, сентябрь). В прудах четвертого варианта, которые служили контролем, для кормления трехлеток карпа применяли только комбикорм К-111. Вегетационный период выращивания рыбы составил 176 сут.

**Результаты исследований.** В ходе исследований установлено, что наряду с применяемыми средствами интенсификации естественной кормовой базы и типом кормления рыбы на конечные рыбоводные результаты значительное влияние оказывала степень зарастаемости высшей водной растительностью и обеспеченность рыбы водой. Глубина экспериментальных прудов из-за недостатка воды в рыбхозе не превыша-



ла 50–60 см, что приводило к сильной зарастаемости их высшей водной растительностью (тростником, рогозом), которая составляла до 70 % поверхности водного зеркала, что способствовало увеличению плотности посадки рыбы на единицу объема воды. Это не могло не отразиться как на конечной навеске рыбы, так и на рыбопродуктивности.

Анализ гидрохимических показателей в исследуемых прудах показал, что наибольшие значения перманганатной окисляемости — 27,45 мгО/л, превышающие норматив, но не превышающие допустимый предел 30 мгО/л, наблюдались во втором варианте опыта, где применяли пивную дробину и остаточные пивные дрожжи, при этом содержание кислорода здесь не снижалось и находилось в оптимальных пределах (рис. 1). Несколько ниже (на 1 мг/л) по сравнению с остальными вариантами опыта оказалось среднесезонное содержание кислорода в варианте с совместным применением пивной дробины и спиртовой барды — 8,7 мг/л, в то же время находящиеся в допустимых пределах. В варианте с совместным применением отходов производства после из внесения наблюдалось краткосрочное снижение кислорода до предельных значений — 4,50–5,68 мг/л, поэтому важно соблюдать рекомендации по дозам внесения отходов.

Внесение только минеральных удобрений в вариантах 3,4 способствовало большему повышению содержания азота и фосфора в прудах, чем их ограниченное внесение совместно с органическими удобрениями, хотя и незначительно (рис. 1).

Остальные гидрохимические показатели воды в прудах исследуемых вариантов (прозрачность, рН, хлорид-ионы, кальций, магний, железо и др.) отличались незначительно и не превышали требований СТБ 1943-2009.

В структуре фитопланктона в исследуемых вариантах опыта в течение вегетационного сезона наблюдались закономерные пики доминирования определенных видов водорослей, характерные для сезона. Так, в начале сезона в прудах доминировали диатомовые водоросли, доля которых составила 67,2 %, далее структура фитопланктона распределилась в сторону преобладания зеленых водорослей, вклад которых на протяжении сезона составил 57,3–77,3 %.

Нужно отметить, что внесение органических удобрений в виде барды спиртовой и дробины пивной совместно с ограниченной дозой минеральных удобрений обеспечило формирование наибольшей биомассы фитопланктона, в 1,5 раза превышающей таковую по сравнению с ва-

риантом с внесением только минеральных удобрений. Биомасса фитопланктона в данном варианте достигала значений 15,7–19,6 мг/л. Несколько ниже оказалась биомасса в варианте с применением в качестве комплекса органических удобрений дробины пивной и остаточных пивных дрожжей — 9,2–10,9 мг/л. В данных вариантах вклад ценных с точки зрения питания рыбы и потребления зоопланктоном зеленых водорослей так же был наибольшим и составил 57–86 %, в то время как в контрольном варианте не превышал 30,2–79,4 %.

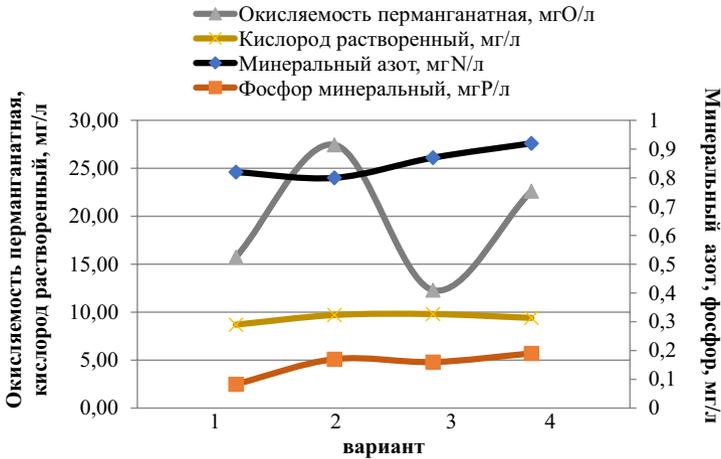


Рис. 1. Гидрохимические показатели в исследуемых вариантах, ХРУ «Вилейка», средние за сезон 2021 г.

Fig. 1. Hydrochemical indicators in the studied variants, «Vileika», average for the season of 2021

Анализ зоопланктона в прудах исследуемых вариантов показал, что значения среднесезонной биомассы в целом по прудам были небольшими и составили 1,02–2,87 мг/л с наибольшими и наименьшими значениями во втором и в первом вариантах опыта соответственно. В формировании биомассы всех четырех вариантов, и особенно второго, определяющее значение принадлежало копеоподитным стадиям развития циклопов. В первом и четвертом вариантах биомассу в значительной степени создавали коловратки (в первую очередь, *Asplanchna priodonta* и *Brachionus diversicornis*), кроме того, во 2–4 вариантах был достаточно значимым вклад представителей ветвистоусых ракообразных (второй вариант — *Ceriodaphnia quadrangula* и *Scapholeberis mucronata*, третий —



*Polyphemus pediculus* и *Alona rectangulara*, четвертый — *Ceriodaphnia quadrangula*).

Обобщив данные по численности и биомассе зоопланктона, можно утверждать, что в прудах первого варианта, куда вносились барда и пивная дробина, в структуре зоопланктона был наиболее высоким вклад коловраток. Как мелкие представители, они не создавали в нем высокой биомассы. Три остальных комплекса мероприятий способствовали более высокому вкладу в структуру зоопланктона представителей веслоногих и ветвистоусых ракообразных, особенно во втором варианте, куда были внесены остаточные пивные дрожжи совместно с пивной дробинкой, и где весь использованный комплекс мер создавал в итоге наиболее благоприятные условия для развития зоопланктона.

Как следует из полученных данных, в структуре зоопланктона доминировали мелкие формы, крупные же выедались трехлетками карповых рыб.

В зообентосе всех исследованных вариантов основную роль играли представители Сем. Chironomidae. Их видовое разнообразие было невысоким и составляло 4 (первый, второй и четвертый варианты) и 5 видов (третий вариант). Вариант, где применялось кормление зерном, отличался наибольшей биомассой зообентоса (704,2 мг/м<sup>2</sup>).

По численности доминировали различные представители хирономид (1 вариант — *Polypedilum scalaenum*; 2 вариант — *Glyptotendipes gripekoveni*, *Polypedilum scalaenum*; 3 вариант — *Cryptochironomus viridulus*, *Endochironomus sp.*, *Polypedilum scalaenum*; 4 вариант — *Chironomus plumosus*, *Microtendipes chloris*) и представители олигохет (2 вариант).

Как показали результаты облова, лучшие рыбоводные данные были получены в прудах 1–3 вариантов опыта, где применяли комбинированное кормление карпа комбикормом, зерном и зерноотходами. Продукция рыбы в этих группах прудов составила 715,9–807,3 кг/га, в то время как в контрольных прудах, где использовали только комбикорм, выход рыбной продукции был на 3–13 % меньше, составив 695,6 кг/га (табл. 1).

Аналогичные данные были получены и по рыбопродуктивности.

Комбинированное кормление рыбы оказало положительное влияние на среднюю конечную массу трехлетка карпа, которая составила в группе прудов 1–3 варианта 677–755 г, в то время как в контроле она не превышала 612 г, при нормативе для трехлетка карпа 800 г [6].

Таблица 1. Выход рыбопродукции в экспериментальных прудах рыбохоза «Вилейка» при использовании малозатратной технологии выращивания рыбы, 2021 г.  
 Table 1. Output of fish products in experimental ponds of the «Vileika» with using low-cost fish farming technology, 2021 year

Вариант, пруд	Вид рыбы	Плотность посадки, экз./га	Средняя масса, г	Выход с га				Рыбопродуктивность, кг	Затраты кормов	
				% экз.	Средняя масса, г	Общая масса, кг	ед.		УК	
1	каarp	1025	292	65,6	673	508,3	208,3	5,1	1358,8	
	пестрый толстолобик	250	366	81,6	204	156,3	47,9			
	белый амур	66	282	71,2	47	30,5	20,8			
	карась	200	50	94,5	189	45,0	35,0			
	щука	-	-	-	4	2,4	10,0			
	<b>Всего</b>	<b>1541</b>	<b>1541</b>	<b>1541</b>	<b>742,5±138,3</b>	<b>322,0±138,3</b>	<b>223,8</b>			
2	каarp	1025	292	70,0	717	523,8	223,8	5,1	1358,8	
	пестрый толстолобик	250	366	54,0	135	124,5	32,9			
	белый амур	66	282	97,0	64	57,6	38,8			
	карась	200	50	60,0	120	10,0	5,0			
	щука	-	-	-	-	-	-			
	<b>Всего</b>	<b>1541</b>	<b>1541</b>	<b>1541</b>	<b>715,9±5,0</b>	<b>300,5±2,1</b>	<b>223,8</b>			
3	каarp	1025	292	87,2	894	605,4	306,2	4,1	1358,8	
	пестрый толстолобик	250	366	70,8	177	112,5	20,8			
	белый амур	66	282	93,9	62	65,1	17,5			
	карась	200	50	46,0	92	18,9	8,8			
	щука	-	-	-	12	434	5,4			
	<b>Всего</b>	<b>1541</b>	<b>1541</b>	<b>1541</b>	<b>807,3±64,2</b>	<b>358,7±63,8</b>	<b>223,8</b>			



4	карп	1025	292	77,6	796	612	487,1	187,9	3,6	900,8
	пестрый толстолобик	250	366	76,4	191	788	150,5	59,2		
	белый амур	66	282	72,7	48	900	43,2	25,0		
	карась	200	50	22,0	44	234	10,3	0,6		
	щука	-	-	-	18	250	4,5	4,6		
	<b>Всего</b>	<b>1541</b>					<b>695,6±65,0</b>	<b>277,3±24,6</b>		

*Примечание.* \* — условный комбикорм, перевод зерна пшеницы и отходов пшеницы (70 % зерна) в условный комбикорм с учетом содержания белка в зерне и в комбикорме



В то же время во всех группах прудов отмечалась высокая конечная навеска растительноядных рыб по сравнению с нормативом, конечная масса белого амура была в среднем по вариантам на 42 %, а пестрого толстолобика на 30 % больше норматива.

Несмотря на разреженную посадку поликультуры рыб по сравнению с нормативом, выход основных видов рыб — трехлетков карпа и трехлетков растительноядных рыб в большинстве прудов был ниже норматива, составив по карпу 65,6–87,2 %, белому амуру — 97,0 %, пестрому толстолобику 54,0–81,6 %, в то время как нормативные данные составляют 90 %.

При проведении сравнительной оценки затрат кормов на прирост рыбы (карпа, белого амура, карася) зерно и зерноотходы приведены к показателю условного комбикорма с учетом содержания белка в зерне и комбикорме. Как показали расчеты, затраты условного комбикорма на единицу прироста рыбы в прудах 1–3 вариантов составили 4,1–5,1 единиц. В то время как в контрольных прудах, где использовали комбикорм К-111, затраты на прирост составили 3,6 единиц. Безусловно, эффективность комбикорма по сравнению с зерном выше. Но при расчете с учетом его стоимости, которая на сегодняшний день составляет в среднем в 4,0–5,7 раз выше зерна и зерноотходов (комбикорм К-111 — 1000 руб./т, фуражное зерно пшеницы — 250 руб./т, зерноотходы — 175 руб./т), зерно оказывается предпочтительнее. Принимая во внимание, что в себестоимости рыбной продукции до 50–60% составляют комбикорма, применение комбинированного кормления товарной рыбы с использованием дешевого зерна и зерноотходов может значительно повысить рентабельность производства товарной рыбы, не снижая объема ее производства, увеличить объем продаж рыбной продукции, сделать ее конкурентоспособной как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

## **Выводы**

Изучены приемы малозатратного производства товарной рыбы, включающие комбинированное кормление комбикормом, дешевым зерном и зерноотходами, позволяющими не снижая производство рыбной продукции уменьшить ее себестоимость, сделать ее конкурентоспособной как на внутреннем, так и на внешнем рынке.



## Список использованных источников

1. Буяров, В.С. Экономико-технологические аспекты производства продукции животноводства и птицеводства // Вестник ОрелГАУ. — 2019. — №6 (81). — С. 77–88.
2. Срибный, А.С. Малозатратная технология производства карпа / А.С. Срибный, М.Е. Пономарева, С.П. Скляр, А.А. Покотило // Создание интенсивной технологии производства продукции аквакультуры: Методические рекомендации. — Ставрополь: «Агрус». — 2017. — С. 78–89.
3. Бегерук, А.К. Биотехнологии в аквакультуре: теория и практика. — М.: ФГНЦ «Росинформагротех». — 2006. — 232 с.
4. Акимов, Е.Е. Основные тенденции развития товарного рыбоводства в центральном федеральном округе // Вестник Академии знаний. — 2020. — №4 (39). — С. 26–29.
5. Левич, А.П. Управление структурой фитопланктонных сообществ: Эксперимент и моделирование / автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — 2020. — 37 с.
6. Рыболовно-биологические нормы для эксплуатации прудовых и садковых хозяйств Беларуси. — Минск. — 2008. — 119 с.

## Reference

1. Buyarov V.S. Ekonomiko-tehnologicheskie aspekty proizvodstva produktsii zhivotnovodstva i pticevodstva. *Vestnik OreIGAU*. 2019, №6 (81), pp. 77–88 (in Russian).
2. Sribnyj A.S., Ponomareva M.E., Sklyarov S.P., Pokotilo A.A. Malozatratnaya tekhnologiya proizvodstva karpa. Sozdanie intensivnoy tekhnologii proizvodstva produktsii iakvakul'tury: Metodicheskie rekomendatsii. Stavropol': «Agrus», 2017, pp. 78–89 (in Russian).
3. Begeruk A.K. Biotekhnologii v akvakul'ture: teoriyaipraktika. M.: FGNC «Rosinformagrotekh», 2006, 232 p. (in Russian).
4. Akimov E.B. Osnovnye tendentsii razvitiya tovarnogo rybovodstva v central'nom federal'nom okruge. *Vestnik Akademii znaniy*, 2020, №4 (39), pp. 26–29 (in Russian).
5. Levich A.P. Upravlenie strukturoy fitoplanktonnyh soobshchestv: Eksperiment i modelirovanie. Avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk, 2020, 37 p. (in Russian).
6. Rybolovno-biologicheskie normy dlya ekspluatatsii prudovyh i sadkovykh hozyajstv Belarusi. Minsk, 2008, 119 p. (in Russian).

## Сведения об авторах

*Агеец Владимир Юльевич* — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Таврыкина Оксана Михайловна* — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая лабораторией гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбо-



го хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tavykina@mail.ru

*Воронова Галина Петровна* — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Литвинова Анастасия Геннадьевна* — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nastya\_litvinova\_1986@mail.ru

*Ракач Светлана Ивановна* — научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

### Information about authors

*Aheyets Uladzimir Yu.* — D.Sc. (Agriculture), Professor, director, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Tavykina Oksana* — Ph.D. (Agricultural Sciences), assistant professor, Head of Lab. Hidrobiology and Hydrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: tavykina@mail.ru

*Voronova Galina* — Ph.D. (Biology), Leading Researcher of Lab. Hidrobiology and Hydrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Litvinava Anastasiya* — Ph.D. (Biology), Leading Researcher of Lab. Hidrobiology and Hydrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: nastya\_litvinova\_1986@mail.ru

*Rakach Svetlana* — Researcher of Lab. Hidrobiology and Hydrochemistry, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by



С.Н. Пантелей<sup>1</sup>, В.Д. Сенникова<sup>1</sup>, Г.В. Наумова<sup>2</sup>, Н.А. Жмакова<sup>2</sup>,  
А.А. Макеенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь  
<sup>2</sup>Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

## ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ТОРФА И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРУДОВОМ РЫБОВОДСТВЕ

**Аннотация:** В статье представлены результаты комплекса научных исследований по изучению физико-химических свойств, химического состава, органической и минеральной части твердых остатков, образующихся при производстве жидких гуминовых препаратов на основе торфа на промышленных установках. Выход растворимых продуктов при этом достигает 60–80 % от органической массы исходного торфяного сырья. Твердый остаток является отходом производства, его выход на тонну гуминового препарата, в зависимости от технологии производства, составляет от 25 до 35 %. Выявлено присутствие в составе твердых отходов значительного количества активизированных гуминовых кислот и других биологически активных соединений органической и минеральной природы, оказывающих положительное воздействие на рост и развитие живых организмов. Это явилось основанием для их исследования в качестве гуматсодержащих добавок в прудовом рыбоводстве, как средства расширения естественной кормовой базы рыб. С положительными результатами проведены испытания этих гуматсодержащих остатков в экспериментальных нагульных и выростных прудах. Разработан способ их применения, обеспечивающий повышение рыбопродуктивности прудов при существенной экономии кормовых средств и удобрений. Разработана нормативно-техническая документация на их получение и применение, что позволяет эффективно использовать гуматсодержащие остатки от производства биологически активных препаратов из торфа в прудовом рыбоводстве.

**Ключевые слова:** твердый остаток, химический состав, токсичность, рыбоводство, кормовая база, гуматсодержащая добавка



S.N. Panteley<sup>1</sup>, V.D. Sennikova<sup>1</sup>, G.V. Naumova<sup>2</sup>, N.A. Zhmakova<sup>2</sup>, A.A. Makeenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry», Minsk, Belarus

<sup>2</sup>Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

## BY-PRODUCTS OF HUMIC PREPARATIONS PRODUCTION ON THE PEAT BASIS AND EFFICIENCY EVALUATION OF THEIR USE IN POND FISHING

**Abstract:** The article presents the results of a complex of scientific research on the study of physical and chemical properties, chemical composition, organic and mineral parts of solid residues formed during the production of liquid humic preparations based on peat at industrial plants. It is shown that with these by-products from 25 to 35 % of the original peat raw material is lost. Revealed the presence in their composition of a significant amount of activated humic acids and other biologically active compounds of organic and mineral nature, which have a positive effect on the growth and development of living organisms. This was the basis for their study as humate-containing additives in pond fish farming, as a means of expanding the natural food base of fish. With positive results, these humate-containing residues were tested in experimental feeding and nursery ponds. A method for their application has been developed, which ensures an increase in the fish productivity of ponds and a significant saving of fodder and fertilizers. The technical documentation for their receipt and application has been developed, which allows them to be effectively used in pond fish farming.

**Keywords:** solid residue, chemical composition, toxicity, fish farming, feed base, humate-containing additive

**Введение.** Развитие аквакультуры в последние десятилетия демонстрирует стремительный рост. Объемы выращиваемой рыбы в ряде стран уже превышают объемы выловленной из естественных водоемов [1].

Рыбоводная отрасль относится к важной составляющей сельскохозяйственного комплекса нашей страны. В ее задачу входит более полное обеспечение продуктовой безопасности населения путем поставки на внутренний рынок рыбы и рыбопродукции с качественным, легкоусвояемым белком [2].

В настоящее время в Беларуси функционируют 16 специализированных рыбоводческих хозяйств, которые включают 16 тыс. га нагульных



и 5,4 тыс. га выростных прудов, пригодных к эксплуатации. Из всего объема производимой в стране рыбы 86 % поставляют прудовые рыбоводческие хозяйства, однако основным поставщиком рыбной продукции населению остается ее импорт [3].

Рассматривая перспективы развития рыбной отрасли в Республике Беларусь, специалисты отмечают, что одним из сдерживающих факторов дальнейшего увеличения рыбопродуктивности в прудовом рыбоводстве является недостаточное обеспечение рыбоводных хозяйств полноценными кормами и минеральными удобрениями. Это обусловлено высокими финансовыми затратами на их закупку и недостатком отдельных видов сырья для их производства, что не способствует повышению рентабельности рыбоводных хозяйств.

Современные мероприятия, направленные на повышение рыбопродуктивности прудового рыбоводства, требуют не только решения проблемы разработки новых эффективных кормовых продуктов и усовершенствования технологий их производства, но и расширения естественной кормовой базы самих водоемов, с использованием отходов пищевых и иных производств, органических и минеральных удобрений. Однако, учитывая тот факт, что ранее используемые вторичные ресурсы и отходы становятся все менее доступными, учеными ведется поиск новых, эффективных, ранее невостребованных в рыбоводстве субстратов [4].

К таким ранее не используемым в прудовом рыбоводстве вторичным продуктам и относятся гуматсодержащие твердые остатки, образующиеся в промышленном производстве гуминовых препаратов на основе торфа, пока не нашедшие достойного применения, учитывая их биологическую активность.

Обобщенные результаты совместных исследований Института природопользования НАН Беларуси и РУП «Институт рыбного хозяйства» представлены в данной статье.

#### **Объекты и методы.**

Объектами исследования являлись твердые остатки от производства гуминовых препаратов, отобранные на промышленных установках ЧПУП «ЧервеньАГРО», ЗАО «Юнатекс» и ООО «Фермент», осуществляющих выпуск биологически активных гуминовых препаратов Гидрогумат, Оксигумат, Оксидат торфа и Консил. Они же явились основными объектами исследования в аквариумах, а затем в рыбоводческих экспериментальных прудах, как гуматсодержащие добавки. Объектами



исследования также служили фитопланктон, зоопланктон, выращиваемая рыба различных видов и возрастных категорий, а также вода экспериментальных и контрольных прудов.

При оценке физико-химических свойств указанных твердых остатков, использовали стандартные методы и приборы, применяемые в лабораторной практике в торфохимии [5].

Исследование компонентного состава образцов твердых остатков гуминовых препаратов, проводили по методикам, предварительно разработанных для этих целей путем модификации методик определения компонентного состава самого торфа [6].

При оценке этих отходов, как гуматсодержащих добавок для внесения в экспериментальные выростные и нагульные пруды, использовали стандартные методы, рекомендуемые в рыбоводстве.

**Обсуждение результатов исследований.** В рамках ГНТП «Природопользование и экологические риски» на 2016–2020 гг. по заданию П.1.8 Институт природопользования НАН Беларуси, совместно с РУП «Институт рыбного хозяйства» выполнен комплекс НИР, направленных на изучение возможностей и перспективности использования в прудовом рыбоводстве твердых гуматсодержащих остатков от производства биологически активных препаратов из торфа для сельского хозяйства. При производстве этих препаратов образуются не только жидкие целевые продукты, но и твердые остатки, с которыми теряется значительная часть органических составляющих исходного торфяного сырья.

Исследованиями специалистов лаборатории экотехнологии Института природопользования НАН Беларуси дана оценка выхода твердых гуматсодержащих отходов, образующихся при производстве гуминовых препаратов Гидрогумат, Оксигумат, Оксидат торфа, используемых в качестве регуляторов роста растений и биологически активных добавок к удобрениям и кормам, а также твердого остатка от производства гуминового препарат Консил, применяемого при силосовании травяных кормов. Показано, что в зависимости от технологии производства гуминовых препаратов, выход твердых остатков составляет от 17 до 42 % от органической массы торфа, взятого на переработку.

Установлено содержание основных компонентов в органическом веществе этих остатков: битумов (Б), легкогидролизующих веществ (ЛГ), гуминовых веществ (ГВ), гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК), трудногидролизующих веществ (ТВ) и «лигнина» (Л).

Результаты исследований представлены в табл. 1.



**Таблица 1. Групповой состав твердых остатков, образующихся в производстве Гидрогумата, Оксигумата, Оксидата торфа и Консила**  
**Table 1. Group composition of solid residues formed in the production of Hydrohumate, Oxygumate, Peat Oxidate and Consila**

Объект исследования	Содержание компонентов в органической массе, % на ОМ						
	Б	ЛГ	ГВ, в т.ч.			ТГ	«Л»
			сумма	ГК	ФК		
Остаток Оксигумат	4,2	9,5	30,4	20,3	10,1	25,2	30,7
Остаток Оксидата торфа	3,0	11,6	33,9	22,6	11,3	20,9	30,6
Остаток Гидрогумата	3,9	0,6	31,0	19,5	11,5	27,3	37,2
Остаток Консила	3,2	9,6	30,7	20,4	16,3	26,1	30,4

Установлено, что в процессе получения жидких гуминовых препаратов в твердые отходы переходит от 30 до 34 % гуминовых веществ, в расчете на органическую массу, что является важным, так как эти соединения обладают многогранным биологическим действием и способностью положительно воздействовать на различные процессы в живых организмах.

В этих остатках происходит относительное накопление целлюлозы и лигнина, содержание которых находится в пределах 20,9—37,2 %. При этом в остатках от Консила и Оксигумата доля лигнина несколько ниже, чем в других остатках. Это связано с тем, что процессы их получения осуществляются в достаточно жестких условиях по температурным и расходным параметрам реагентов, а также с применением катализатора окисления, а в производстве Гидрогумата, и особенно Оксидата торфа, происходит менее глубокая деструкция торфа не затрагивающая полифенилпропановые структуры торфяного «лигнина». Характерно, что наряду с указанными компонентами органическая часть этих побочных продуктов содержит целый комплекс карбоновых, оксикарбоновых, фенолкарбоновых кислот, а также меланоидины, обладающие биологической активностью, а остаток от получения Гидрогумата дополнительно обогащен серосодержащими минеральными соединениями.

Физико-химическая характеристика этих остатков показала, что они включают значительное количество минеральных веществ, их содержание в сухом веществе твердого остатка Гидрогумата составляет 47,3 %, остатка от Оксигумата — 29,7 %, остатка от Консила — 27,6 %, а в сухом остатке от Оксидата торфа — 3,4 %. Различия в содержании

минеральных веществ в этих остатках связаны с применением в производстве гуминовых препаратов различных химических реагентов. Содержание макроэлементов в твердых остатках представлена в табл. 2.

**Таблица 2. Содержание основных макроэлементов в золе твердых остатков от производства гуминовых препаратов**

**Table 2. The content of the main macroelements in the ash of solid residues from the production of humic preparations**

Элемент	Содержание в золе, %			
	Остаток от Оксигумата	Остаток от Гидрогумата	Остаток от Консила	Остаток от Оксидата торфа
Al	7,88	6,60	7,20	17,77
Ca	6,54	5,63	6,11	17,34
Fe	5,21	3,52	4,22	15,98
S	4,15	23,50	4,00	9,11
Mg	3,99	3,38	4,10	12,56
P	2,58	2,37	2,01	8,42
Si	4,23	2,62	3,25	10,35
K	1,12	0,78	0,90	4,15
Na	64,30	51,60	68,21	4,32
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00

При производстве Гидрогумата, Оксигуматат и Консила в качестве реагента используют гидроксид натрия, поэтому доля натрия в золе их остатков составляет от 51,6 до 68,21 %. В значительном количестве в зольной части этих твердых остатков присутствуют такие жизненно важные макроэлементы как алюминий (от 6,6 до 7,8 %), кальций (от 5,5 до 6,5 %), магний (от 3,5 до 4 %), железо (от 3 до 4 %), фосфор (от 2,4 до 2,6 %), калий (до 1 %). При производстве Оксидата торфа в качестве щелочного агента применяют гидроксид аммония, поэтому доля натрия в золе его твердого остатка составляет лишь 4,3 % и, в связи с этим, относительно возрастают доли других макроэлементов.

Изучение содержания микроэлементов в золе твердых остатков показало, что в их составе преобладают марганец (до 188 мг/кг), кобальт (до 92 мг/кг), медь (до 49 мг/кг) и цинк (до 25 мг/кг) (табл. 3). Массовая доля марганца в золе остатков от Гидрогумата и Консила находилась в пределах 34,5—75,3 мг/кг, в золе остальных исследуемых остатков — в пределах 168—188 мг/кг. В золе остатков от Оксигумата и Консила значительно больше содержание кобальта (88, 69 и 92,33 мг/кг), чем



в остатках от Гидрогумата и Оксидата торфа (0,23 и 6,35 мг/кг). Это связано с его использованием как катализатора окисления при производстве первых двух препаратов.

**Таблица 3. Содержание отдельных микроэлементов в золе твердых остатков от производства гуминовых препаратов**  
**Table 3. The content of individual microelements in the ash of solid residues from the production of humic preparations**

Микро-элемент	Содержание в золе, мг/кг			
	Остаток от Оксигумата	Остаток от Гидрогумата	Остаток от Консила	Остаток от Оксидата торфа
Ni	2,31	4,30	2,54	6,43
Cu	5,98	48,52	36,73	8,48
Cd	1,50	1,20	1,26	1,55
Pb	0,73	0,45	0,82	0,44
Zn	4,15	23,97	25,48	13,38
Mn	188,55	34,58	75,32	167,96
Co	88,69	0,23	92,33	6,35

Оценка твердых остатков по содержанию тяжелых металлов выявила, что они являются безопасными продуктами и содержат соли тяжелых металлов в незначительных количествах. Например, в золе этих остатков содержание свинца находится на уровне 0,44—0,82 мг/кг.

Исследование реакций среды указанных остатков показало, что рН водной вытяжки составляет 10,5—11,0.

Детально химический состав и физико-химические свойства, указанных твердых остатков, представлены в научной статье [7].

Проведенные специалистами Института рыбного хозяйства токсикологические исследования гуматсодержащих остатков по оценке острой водной токсичности показали, что в тестируемых концентрациях 0,1—100 мг/л (однократное внесение), они практически не токсичны для ракообразных (рачки *Moina macropora*) и для рыб гуппи (*Poecilia reticulata*). При этом ЛК<sub>50-96</sub> составляет для рыб менее 100 мг/л, а для ракообразных ЭК<sub>50-48</sub> менее 100 мг/л.

Учитывая, что одноклеточные водоросли являются наиболее эффективным продуцентом пресноводных гидробиоценозов, а его продукция служит основой питания планктонных ракообразных и растительноядных рыб, выполнена оценка влияния исследуемых гуматсодержащих остатков на культивируемые водоросли *Scenedesmus quadricauda* при их



первоначальной концентрации в воде 25 мг/л. Результаты исследований представлены в табл. 4.

**Таблица 4. Изменение концентрации культуры *Scenedesmus quadricauda* за 5 сут при использовании твердых остатков от производства гуминовых препаратов**

**Table 4. Change in the concentration of the culture *Scenedesmus quadricauda* for 5 days when using solid residues from the production of humic preparations**

Концентрация препарата, мг/л	0	50	100	200
	концентрация организмов, мг/л			
№1 Гидрогумат	46,4	54,0	54,8	50,5
№2 Оксигумат		51,3	53,3	49,3
№3 Оксидат торфа		52,3	53,3	51,0
№4 Консил		51,8	54,3	51,5

Как видно из данных, приведенных в таблице, наблюдается выраженный стимулирующий эффект у всех остатков, который достигает максимума при дозировке 100 мг/л и в дальнейшем снижается.

Лабораторные исследования гуматсодержащих остатков были проведены также на планктонных ракообразных, являющихся источником белка для рыбы, в частности для карпа. В качестве тест-культуры в опытах использовали рачков *Moina macroptera*. Плотность посадки рачков в начале опыта 100 экз/л, концентрация культуры для питания рачков — 30 мг/л. Гуматсодержащие остатки внесены в дозах 50—200 мг/л. Результаты оценки биомассы рачков в экспозиции представлены в табл. 5.

**Таблица 5. Изменение численности *Moina macroptera* за 5 сут при использовании твердых остатков от производства гуминовых препаратов**  
**Table 5. Change in the number of *Moina macroptera* for 5 days when using solid residues from the production of humic preparations**

Концентрация препарата, мг/л	0	50	100	200
	численность рачков, экз/л			
№1 Гидрогумат	170	210	428	484
№2 Оксигумат	260	270	250	240
№3 Оксидат торфа	150	192	170	75
№4 Консил	196	240	198	152

Как видно из этих данных, ни один из препаратов не приводил к гибели рачков в течение 5 сут, т.е. не был токсичным для ракообразных. Однако в концентрациях, превышающих 100 мг/л, прирост был ниже по сравнению с контролем, за исключением остатка от производства



Гидрогумата, в последнем случае даже при дозе 200 мг/л прирост их численности превышал аналогичный показатель в 2,8 раза. Исходя из этого можно заключить, что оптимальной дозой для остатков № 2—4 является доза около 50 мг/л, а для остатка № 1 — 100 мг/л. Таким образом, исследуемые твердые остатки в этих дозах могут использоваться как в выростных, так и в нагульных прудах без опасности нарушения функционирования гидробиоценоза.

Проведены также исследования по влиянию доз остатков 100—1000 мг/л на рыб гуппи *Poecilia reticulata*. В результате опытов установлено, что при одинаковом рационе рыб и концентрации остатков (1 г/л или 10 т/га) прирост несколько отличался от приростов в контроле и вариантах с более низкими концентрациями этих остатков. Так, у рыб в контрольных группах после 14 сут экспериментов прирост составлял 2,2 мг/экз, а при дозах 55—500 мг, находились в пределах 2,2—2,3 мг/экз. В то время как при дозе остатка 1 г/л составил 2,4 мг/экз. Для остатка № 2 и № 3 — 2 мг/экз, для № 4 — 2,2 мг/экз. Исходя из этого можно заключить, что очень высокие дозы остатков № 2—4 не оказывает положительного влияния на гуппи, в то время как доза 1 г/л остатка № 1 положительно влияет на темп роста гуппи в эксперименте.

Влияние твердых остатков на изменение биомассы сеголеток карпа за 14 сут при использовании указанных твердых остатков приведены в табл. 6.

**Таблица 6. Изменение биомассы сеголеток карпа за 14 сут при использовании указанных твердых остатков**

**Table 6. Changes in the biomass of carp underyearlings for 14 days when using the specified solid residues**

Концентрация препарата, мг/л	0	100	200
	Биомасса сеголетков карпа, г		
№1 Гидрогумат	127,9	129,0	128,9
№2 Оксигумат		128,4	128,0
№3 Оксидат торфа		126,7	126,6
№4 Консил		128,9	128,0

По данным представленным в таблице можно проследить тенденцию по увеличению биомассы тела рыб в вариантах с остатками от Гидрогумата, Оксигумат и Консила в дозировке 100 мг/л. А в дозировке 200 мг/л этот эффект сохраняется только лишь для Гидрогумата. Из полученных данных следует, что указанные препараты, кроме Оксидата торфа могут



быть использованы для стимулирования компонентов естественной кормовой базы в прудах в дозировке до 1 т/га. В случае остатка от Оксидата торфа необходимы более продолжительные исследования.

Таким образом, выявлена тенденция к увеличению массы тела рыб в вариантах с остатками от Оксигумата и Консила в дозировке 100 мг/л, а для остатка от Гидрогумата в дозировке 200 мг/л. Исследуемые остатки в дозах 500—1000 кг/га могут использоваться для проведения работ в экспериментальных выростных и нагульных прудах для стимулирования количественного развития компонентов гидробиоценозов прудов без опасности нарушения их функционирования.

В 2019 г. специалистами РУП «Института рыбного хозяйства» работы по оценке влияния гуматсодержащих добавок, как средств расширения естественной кормовой базы рыбоводных хозяйств, были проведены в выростных и экспериментальных прудах СПУ «Изобелино» и в нагульных экспериментальных прудах ХРУ «Вилейка». Одновременно осуществлялся гидрохимический контроль опытных и контрольных прудов, отрабатывались дозы внесения гуматсодержащих субстратов, изучалась возможность снижения расходов по внесению минеральных и органических удобрений, применяемых при выращивании рыбы по экстенсивной технологии.

Гидрохимические исследования показали, что в опытных и контрольных прудах СПУ «Изобелино» отдельные показатели заметно отличаются, но находятся в пределах нормы. Так, в экспериментальных прудах почти в 2,5 раза меньше содержание нитратов и существенно больше аммонийного азота, а в их минеральной части больше водорастворимого фосфора и железа. Активная кислотность воды в контрольных и опытных вариантах была одинаковой ( $\text{pH} = 7,7$ ), однако жесткость воды была несколько ниже в экспериментальных прудах. Она снижалась с 4,0 мг-экв/л в контроле до 3,8 мг-экв/л в прудах, где внесены гуматсодержащие остатки.

Учитывая важную роль фитопланктона рыбоводческих прудов, как единственного источника природного питания для зоопланктона, определяющего продукционные показатели, было изучено его развитие в выростных прудах СПУ «Изобелино». Приведены средние показатели количественного развития фитопланктона в экспериментальных прудах, в которые вносили исследуемые остатки от производства гуминовых препаратов в дозах 400 и 600 кг/га, по сравнению с их развитием в контрольных водоемах, куда эти продукты не вносились.



Результаты исследования показали, что развитие фитопланктона в экспериментальных прудах проходило более интенсивно, чем в контрольных. Так, биомасса фитопланктона в контроле составила 3,78 мг/л, а при внесении гуматсодержащих остатков в дозе 400 кг/га она достигала 4,22 мг/л. При повышении дозы гуматсодержащих остатков до 600 кг/га этот показатель практически был вдвое больше (8,56 мг/л). Таким образом гуматсодержащие остатки целесообразно вносить в выростные пруды в дозах до 600 кг/га.

Что касается зоопланктона, являющегося основной пищей молоди прудовых рыб, биомасса в экспериментальных прудах 400 кг/га составляла 5,59 мг/л, при увеличении дозы до 600 кг/га этот показатель увеличивался до 7,55 мг/л, в то время как в контроле он находился на уровне 3,24 мг/л. Как видно из приведенных данных, биомасса зоопланктона увеличивается с увеличением дозы вносимого гуматсодержащего продукта, т.е. положительно влияет на сообщество планктона выростных прудов. При этом, судя по показателям численности, в присутствии гуматсодержащих добавок развиваются более крупные формы зоопланктона.

В ходе осеннего облова экспериментальных выростных прудов, осуществлявшегося в первой декаде ноября, были получены данные, приведенные в табл. 7.

Таблица 7. Результаты облова экспериментальных прудов СПУ «Изобелино»  
Table 7. The results of fishing experimental ponds SPU «Isobelino»

Вариант	Вид рыбы, возраст	Плотность посадки, экз/га	Выход			Рыбопродуктивность, ц/га
			%	кг/га	средняя масса, г	
1 (дозировка 400 кг/га)	Карп, личинка	20000	43	232,2	27	2,3
2 (дозировка 600 кг/га)	Карп, личинка	20000	51	265,2	26	2,7
Контроль*	Карп, личинка	20000	54	259,2	24	2,6

Из данных, приведенных в табл. 7, видно, что максимальная рыбопродуктивность 2,7 ц/га достигнута во втором варианте опыта, где вносилось 600 кг/га, где средняя масса экземпляра 26 г на 4 % выше норматива (25 г).

При этом, величина рыбопродуктивности в контроле сопоставима с таковой в полученном 2 варианте, однако средняя масса на 4 % ниже

норматива. Характерно, что в 1 варианте средняя масса экземпляра была на 8 % выше норматива. Таким образом, дозировка гуматсодержащей добавки 600 кг/га, при совместном использовании с аммофосом (150 кг/га), позволяет превысить нормативные показатели рыбопродуктивности на 8 % и сэкономить следующие ресурсы: известь негашеная — 1 т/га, компостируемый навоз 2,5 т/га, аммофос 20 кг/га, селитра аммиачная — 200 кг/га. Это достигается за счет положительного влияния гуматсодержащего остатка на важнейшие компоненты естественной кормовой базы сеголеток крапа в прудах.

В нагульных прудах ХРУ «Вилейка», где также, начиная с момента зарыбления, осуществлялся контроль за гидрохимическим режимом после внесения гуматсодержащих остатков (2-я декада мая), было установлено, что как в контрольных, так и опытных водоемах, куда внесены указанные добавки в дозах 400 кг/га и 600 кг/га, не наблюдается превышение допустимых величин учитываемых показателей. Характерно, что в прудовой воде, где внесены добавки, отчетливо прослеживается заметное увеличение содержания аммонийного азота в зависимости от дозы внесения остатков: от 0,45 мгN/л в контроле до 0,52 и 0,82 мг N/л в опытах. Это наблюдалось ранее и в выростных прудах. Другие показатели также мало отличались.

Изучение количественных показателей развития фитопланктонов также являлось важным элементом проводимой работы в нагульных прудах, результаты которой представлены на рис. 1.

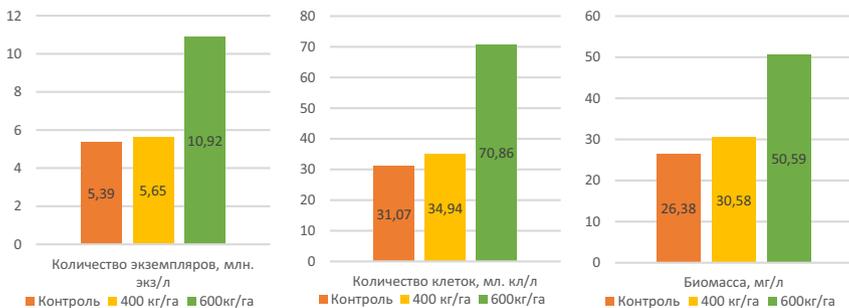


Рис. 1. Средние показатели количественного развития фитопланктона в экспериментальных и контрольных нагульных прудах, 2019, г.

Fig. 1. Average indicators of the quantitative development of phytoplankton in experimental and control feeding ponds, 2019



Как видно из данных, приведенных на рис. 1, в контрольных и экспериментальных прудах, где внесены остатки в количестве 400 кг/га, биомасса фитопланктона отличается незначительно. Однако в прудах, удобренных гуматсодержащим остатком из расчета 600 кг/га, она значительно выше (50,59 мг/л). Следовательно, такая дозировка является эффективной и положительно влияет на гидробиоценоз нагульных прудов. Характерно, что основу фитопланктона во всех прудах составляли наиболее ценные в пищевом отношении зеленые водоросли, количество которых находится в пределах от 83,0 до 88,6 % от общего содержания.

В гидробиологических исследованиях особое внимание уделяется сообществу зоопланктона, как наиболее показательного звена, позволяющего проследить эффективность трансформации вещества продуцентов в вещество консументов 1-го порядка. В ходе мониторинга показателей количественного развития зоопланктона были получены усредненные данные, приведенные на рис. 2.

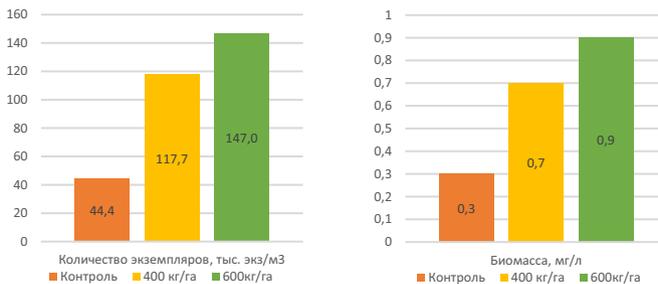


Рис. 2. Средние показатели количественного развития зоопланктона в экспериментальных и контрольных нагульных прудах, 2019 г.

Fig. 2. Average indicators of the quantitative development of zooplankton in the experimental and control feeding ponds, 2019

Как видно из этих данных, численность и биомасса зоопланктона заметно выше в экспериментальных прудах, при этом с увеличением дозы гуматсодержащей добавки показатели увеличиваются.

В ходе осеннего облова экспериментальных нагульных прудов, осуществлявшегося в 3 декаде октября, были получены данные, приведенные в табл. 8.

Как видно из этих данных, в экспериментальных прудах общая рыбопродуктивность была выше по сравнению с контролем и составляла



2,65—2,66 ц/га, при нормативе 2,4 ц/га. Выше была также и средняя масса рыбы, что говорит о положительном влиянии вносимых гуматсодержащих остатков на производственные показатели нагульных прудов при выращивании рыбы по экстенсивной технологии. Поскольку показатели рыбопродуктивности при внесении как 400, так и 600 кг/га остатка, мало отличаются, то оптимальной для нагульных прудов является доза 400 кг/га.

Таблица 8. Результаты облова нагульных прудов, 2019 г.  
Table 8. Results of harvesting feeding ponds, 2019

Вариант	Вид рыб, возраст	Плотность посадки, кг/га	Выход рыбы,		Рыбопродуктивность, ц/га
			кг/га	средняя масса, г	
<b>Контроль:</b> Аммофос — 200–250 кг/га Селитра аммиачная — 200–250 кг/га	Карп, 1+	20	145,0	247	2,37
	Пестрый толстолобик, 2+	4	12,8	530	
	Белый амур, 1+	8	37,6	224	
	Щука, 0+	400	3,6	300	
	Сор	-	38,0	88	
<b>Опыт:</b> Остаток — 400 кг/га Аммофос — 150–170 кг/га	Карп, 1+	20	212,0	274	2,66
	Пестрый толстолобик, 2+	4	11,6	490	
	Белый амур, 1+	8	31,2	189	
	Щука, 0+	400	11,6	290	
	Сор	-	21,2	74	
<b>Опыт:</b> Остаток — 600 кг/га Аммофос — 150–170 кг/га	Карп, 1+	20	213,0	295	2,65
	Пестрый толстолобик, 2+	4	11,6	533	
	Белый амур, 1+	8	37,8	239	
	Щука, 0+	400	11,2	307	
	Сор	-	12,8	89	

В 2020 г. разработана и реализована схема производственной проверки гуматсодержащих добавок в прудовом рыбоводстве.

Производственная проверка в условиях интенсивного выращивания рыбы проводилась в ОАО «Опытный рыбхоз «Белое» Гомельской облас-



ти на экспериментальных выростных (0,20—0,24 га) и нагульных прудах (9,0—9,1 га). Разработанная схема предусматривала, в том числе, применение гуматсодержащих остатков и частичную и полную замену обычных органических удобрений (навозного компоста). Затраты кормов были рассчитаны исходя из естественной рыбопродуктивности для третьей рыбоводной зоны (190 кг/га) и кормового коэффициента (4,7).

Изучено влияние на гидрохимический и гидробиологический режимы прудов при выращивании рыбы по интенсивной технологии в условиях производственной проверки. Судя по результатам гидрохимических исследований, все средние показатели прудовой воды укладывались в норматив. Существенных различий по вариантам не наблюдалось, за исключением перманганатной окисляемости, которая в контрольных прудах имела более высокие показатели — 17,1 мг О/л, а в опытных 14,7—14,9 мг О/л, что связано с внесением в контрольные пруды 2,5 т навозного компоста.

Гидробиологические исследования показали, что количественное развитие фитопланктона в контроле составляло 5656 тыс. клеток/л, в прудах с внесением остатка Гидрогумата в дозе 300 кг/га — 11590 тыс. клеток/л, а при внесении композиции остатка Гидрогумата и Консила (1:1) в дозе 300 кг/га — 12544 тыс. клеток/л, при этом даже внесение остатка от Гидрогумата в дозе 600 кг/га было менее эффективно — 7515 тыс. клеток/л.

Наилучшие результаты по выходу биомассы планктона были также выше при внесении комплексной гуматсодержащей добавки (остаток от Гидрогумата + остаток от Консила), которая составляла 5,80 мг/л, при показателе в контрольных прудах 5,33 мг/л.

Основным показателем, определяющим эффективность использования интенсифицирующих мероприятий для повышения продуктивности рыбоводных прудов, являются рыбоводческие результаты, которые обобщены и приведены в табл. 9.

Анализ данных осеннего облова, полученных на экспериментальных и контрольных нагульных прудах в производственных условиях рыбхоза «Белое» свидетельствует, что показатели рыбопродуктивности в экспериментальных прудах выше по сравнению с контрольными. Однако было выявлено, что исключение навозного компоста в одном из вариантов в экспериментальных прудах, который вносился в контрольные пруды в количестве 2500 кг/га, заметно снижает эффективность использования гуматсодержащих добавок.



**Таблица 9. Рыбоводческая эффективность экспериментальных и контрольных нагульных прудов при использовании гуматсодержащих добавок, 2020 г.**

**Table 9. Fish breeding efficiency of experimental and control feeding ponds when using humate-containing additives, 2020**

Вид рыбы	Посажено, экз/га	Навеска, г	Посажено, кг/га	Выловлено, экз/га	Выход, %	Навеска, г	Выловлено, кг/га	Рыбпродуктивность, кг/га
Вариант 1: Остаток производства гуминовых удобрений — 600 кг/га, аммофос — 150–170 кг/га								
Карп	1500	27	40,5	1245	83	354	441,0	400,5
Щука	2000	-	-	95	4,8	260	24,8	24,8
Б.амур	150	30	4,5	117	78	344	40,3	35,8
Толстолобик	300	30	9,0	243	81	402	97,7	88,7
Всего							603,8	549,8
Вариант 2: Остаток производства гуминовых удобрений — 300 кг/га, навоз компостированный — 1250 кг/га, аммофос — 150–170 кг/га								
Карп	1500	26	39	1350	90	355	479,3	440,3
Щука	2000	личинка	-	46	2,3	255	11,7	11,7
Б.амур	150	30	4,5	111	74	341	37,9	33,4
Толстолобик	300	30	9,0	246	82	386	95,0	86,0
Всего:							623,8	571,3
Вариант 2а: смесь остатков производства гуминовых удобрений 300 кг/га (гидрогумат 150 кг, консил 150 кг), навоз компостированный — 1250 кг/га, Аммофос — 150–170 кг/га								
Карп	1500	27	40,5	1320	88	362	477,8	437,3
Щука	2000	-	-	38	1,9	270	10,3	10,3
Б.амур	150	30	4,5	114	76	351	40,0	35,5
Толстолобик	300	30	9,0	255	85	395	100,1	91,1
Всего							628,2	574,2
Контроль: аммофос — 200 кг/га, селитра аммиачная — 300 кг/га, навоз компостированный — 2500 кг/га								
Карп	1500	28	42,0	1200	80	357	428,4	386,4
Щука	2000	0,001	0,002	34	1,7	271	9,2	9,2
Б.амур	150	30	4,5	125	83	351	43,9	39,4
Толстолобик	300	30	9,0	261	87	415	108,3	99,3
Всего:							589,8	534,3



Так, если при внесении 1500 кг/га навоза и 600 кг/га гуматсодержащих добавки рыбопродуктивность составила 549,8 кг/га, а данный показатель в контроле — 534,3 кг/га, то в экспериментальных прудах, где вносилась гуматсодержащих добавка, только в количестве 300 кг/га и навоза в количестве 1200 кг/га рыбопродуктивность составляла 571,3 кг/га. Характерно, что, при внесении гуматсодержащей добавки в виде композиции (1:1) остатков от Гидрогумата и Консила, рыбопродуктивность была на более высокой — 574,2 кг/га. Это можно объяснить присутствием в указанной композиции калия в доступной форме.

Таким образом, результаты производственной проверки подтвердили эффективность применения гуматсодержащих остатков в качестве добавки, расширяющих кормовую базу прудов и повышающих их рыбопродуктивность.

**Заключение.** В рамках научно-технического проекта выполнен детальный анализ физико-химических свойств и химического состава побочных продуктов, образующихся при производстве биологически активных гуминовых препаратов на основе торфа, что позволило выявить присутствие в их составе значительного количества активизированных гуминовых кислот и других биологически активных соединений органической и минеральной природы способных в определенных дозах оказывать положительное влияние на жизнедеятельность различных организмов, что явилось предпосылкой изучения возможности их использования в прудовом рыбоводстве, которое остро нуждается в расширении естественной кормовой базы выращиваемых рыб. В ходе испытаний этих гуматсодержащих остатков в аквариумах, а затем в экспериментальных рыбоводческих прудах (выростных и нагульных) выявлено отсутствие их токсического воздействия на физико-химические свойства воды и водную биоту при одновременном положительном влиянии на рост и развитие фитопланктона, зоопланктона, а также на рыбопродуктивность прудов. Отработанные в процессе экспериментальных испытаний сроки и дозы внесения гуматсодержащих добавок в рыбоводные водоемы позволили разработать способ их применения, научная новизна которого защищена патентом РФ, а также схем их производственных испытаний в промышленных прудах при выращивании рыбы по интенсивной технологии. Производственными испытаниями подтверждено, что применение гуматсодержащих добавок позволяет исключить внесение комбикормов в рыбоводные пруды, снизить на 50 % внесение органических удобрений, полностью исключить внесение аммиачной селитры и на 25 % снизить дозы внесения аммофоса. При этом применение ука-



занной схемы удобрительных мероприятий способствует повышению рыбопродуктивности на 4—5 %. На гуматсодержащую добавку для прудового рыбоводства разработаны технические условия (ТУ ВУ 10289079.080-2020), опытно-промышленный технологический регламент (ТР-П 100289079.056-2020), а также технологическая инструкция по использованию гуматсодержащих остатков в рыбоводческих прудах.

Таким образом, новое эффективное направление использования побочных продуктов от производства гуминовых препаратов в прудовом рыбоводстве будет способствовать безотходному использованию торфа, повышению продуктивности прудового рыбоводства и отсутствию загрязнения окружающей среды промышленными отходами.

### Список используемых источников

1. Агеец, В.Ю. Рыбоводство в Беларуси и мировой аквакультуре. Известия НАН Беларуси // серия аграрных наук — 2014. — №2. — С. 86—93.
2. Агеец, В.Ю., Пантелей, С.Н. Комбикорма для рыб 21 века. Тезисы докладов науч.-практ. семинара, Минск, 22-24 ноября 2017. — С. 13—15.
3. Агеец, В.Ю. Состояние аквакультуры в Республике Беларусь: возможности инновационного развития и научное обеспечение: сб. науч. Трудов / Вопросы рыбного хоз-ва Беларуси. — Минск, 2015. — Вып. 31. — С. 14—24.
4. Агеец, В.Ю. Рыбная отрасль: перспективы развития / В.Г. Костоусов, С.В. Банина, О.Н. Марцуль // Наука и инновации. — Минск, 2020. — №3. — С. 1—6.
5. Семенский, Е.П. Технический анализ торфа / Е.П. Семенский. — М.: Недра, 1966. — С. 232.
6. Лиштван, И.И. Основные свойства торфа и методы их определения / И.И. Лиштван, Н.Т. Король — Минск, «Наука и техника», 1975. — С. 320.
7. Лиштван, И.И. Исследование состава органической и минеральной частей твердых отходов от производства гуминовых препаратов // Г.В. Наумова, Н.А. Жмакова, Н.Л. Макарова, Т.Ф. Овчинникова, А.А. Макеенко // Природопользование. — 2021. — №1. — С. 187—191.

### Reference

1. Aheyets U.Yu. Fish farming in Belarus and world aquaculture. Bulletin of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of agricultural sciences. 2014, no. 2, pp. 86—93 (in Russian).
2. Aheyets U.Yu., Panteley S.N. Compound feed for fish of the 21st century. Abstracts of scientific and practical reports. seminar, Minsk, November 22-24, 2017, pp. 13—15 (in Russian).
3. Aheyets U.Yu. The state of aquaculture in the Republic of Belarus: opportunities for innovative development and scientific support: collection of articles. scientific. Trudy. Issues of the fish industry in Belarus. Minsk, 2015, Issue. 31, pp. 14—24 (in Russian).



4. Aheyets U.Yu., Kostousov V.G., Banina S.V., Marzul O.N. Fishing industry: development prospects. Science and innovation. Minsk, 2020. No. 3, pp. 1—6 (in Russian).
5. Semensky E.P. Technical analysis of peat. M., Nedra, 1966. P. 232 (in Russian).
6. Lishtvan I.I., Korol N.T. Basic properties of peat and methods for their determination. Minsk. Science and Technology, 1975. P. 320 (in Russian).
7. Lishtvan I.I. Investigation of the composition of the organic and mineral parts of solid waste from the production of humic preparations. Nature Management, 2021, No. 1, pp. 187—191 (in Russian).

### Информация об авторах

*Пантелей Сергей Николаевич* — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: pantsialei@yandex.ru

*Сенникова Виолетта Дмитриевна* — старший научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Наумова Галина Васильевна* — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

*Жмакова Надежда Анатольевна* — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь). E-mail: zhmakova@mail.ru

*Макеенко Александр Александрович* — аспирант, младший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь). E-mail: makeenko1507@mail.ru

### Information about the authors

*Panteley Sergey N.* — Ph.D. (Agriculture), RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: pantsialei@yandex.ru

*Sennikova Violetta D.* — senior researcher of the laboratory of pond and industrial fish farming RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Naumova Galina V.* — Professor, D.Cs (Technical), Chef Researcher, Institute for Nature Management of the NAS of Belarus (220114, Minsk, F. Scoriny str., 10, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

*Zhmakova Nadezhda A.* — Ph.D. (Technical), Leading Researcher, Institute for Nature Management of the NAS of Belarus (220114, Minsk, F. Scoriny str., 10, Republic of Belarus). E-mail: zhmakova@mail.ru

*Makeenko Alexander A.* — Graduate Student, Junior Researcher, Institute for Nature Management of the NAS of Belarus (220114, Minsk, F. Scoriny str., 10, Republic of Belarus). E-mail: makeenko1507@mail.ru



С.Н. Пантелей, В.Д. Сенникова, А.С. Хомич

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

## **РАЗРАБОТКА ОПТИМИЗИРОВАННЫХ К ПРОЦЕССУ ВЫРАЩИВАНИЯ ЩУКИ МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРИЁМОВ, ВИДОВОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОЛИКУЛЬТУРЫ (ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)**

**Аннотация:** Щука как объект прудовой аквакультуры отличается рядом характеристик, отличающих её от других, более широко распространённых объектов — карпа, растительноядных рыб. Стабильно высокий спрос на товарную продукцию, высокие диетические качества мяса и, наряду с этим, способность повышать эффективность производства за счёт биологической мелиорации — трансформации вещества низкопродуктивной сорной рыбы, создающей условия для пищевой конкуренции в условиях поликультуры, делает щуку желательным объектом в условиях прудовой аквакультуры. В то же время ряд существующих проблем ограничивает объёмы производимой товарной продукции. Сюда относится, в первую очередь, невысокая выживаемость молоди вследствие каннибализма, обусловленного дефицитом на определённых этапах выращивания молоди доступных кормовых ресурсов, и другими объективными факторами, в связи с чем эксплуатация производителей зачастую малоэффективна. Исходя из этих предпосылок, Институтом запланировано и реализуется в настоящее время исследование, направленное на увеличение производственных показателей по щуке до 25–30 кг/га в ходе выращивания этого объекта в поликультуре с карповыми рыбами. Такие показатели обеспечиваются проведением ряда мероприятий, в частности, подращиванием личинок щуки в различных условиях, в том числе и с применением концентрированных кормов, созданием безопасной среды обитания для молоди щуки на начальных этапах её выращивания в прудах, проведении ряда мелиоративных мероприятий. В настоящий момент проект находится на стадии производственных испытаний проекта технологического регламента, разработка которого потребовала изучения гидрохимического, гидробиологического режимов в прудах, особенностей питания, темпа



роста и физиологического состояния отдельных видов при использовании оптимизированных к процессу выращивания щуки мелиоративных приёмов, видового и количественного состава поликультуры.

**Ключевые слова:** щука, увеличение, рыбопродуктивность, технология, гидрохимический режим, гидробиологический режим, рост, питание

S.N. Panteley, V.D. Sennikova, A.S. Homich

*RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry", Minsk, Belarus*

## **DEVELOPMENT OF RECLAMATION TECHNIQUES OPTIMIZED FOR THE PROCESS OF PIKE CULTIVATION, SPECIES AND QUANTITATIVE COMPOSITION OF POLYCULTURE (INTERMEDIATE RESULTS)**

**Abstract:** Pike as an object of pond aquaculture differs in a number of characteristics that distinguish it from other, more widespread objects — carp, herbivorous fish. The consistently high demand for marketable products, high dietary qualities of meat and, along with this, the ability to increase production efficiency due to biological reclamation - the transformation of the substance of low-productive trash fish, which creates conditions for food competition in polyculture conditions, makes pike a desirable object in pond aquaculture. At the same time, a number of existing problems limit the volume of commercial products produced. This includes, first of all, the low survival rate of juveniles due to cannibalism caused by a shortage of available forage resources at certain stages of juvenile rearing, and other objective factors, and therefore the exploitation of broodstock is often ineffective. Based on these prerequisites, the Institute has planned and is currently implementing a study aimed at increasing production indicators for pike to 25–30 kg / ha during the cultivation of this object in polyculture with carp fish. Such indicators are provided by a number of measures, in particular, rearing pike larvae in various conditions, including using concentrated feed, creating a safe habitat for juvenile pike at the initial stages of its rearing in ponds, and carrying out a number of reclamation measures. At the moment, the project is at the stage of production testing of the draft technological regulations, the development of which required the study of hydrochemical and hydrobiological regimes in ponds, nutritional characteristics, growth rate and physiological state of certain species using reclamation techniques optimized for the pike growing process, species and quantitative composition of polyculture.

**Keywords:** pike, increase, fish productivity, technology, hydrochemical regime, hydrobiological regime, growth, nutrition



**Введение.** Планируемое к концу 2021 г. суммарное производство рыбных ресурсов в водных объектах республики должно составлять около 18–20 тыс. т, в том числе прудовой рыбы — до 15,8 тыс. т, ценных видов рыб — до 1,2 тыс. т. Решать эту задачу приходится в сложных экономических условиях, при ограниченных материальных ресурсах и постоянном росте их стоимости. По этой причине повышение эффективности рыбоводства за счет разработки и освоения инновационных подходов и методов является одним из условий роста объемов производства и конкурентоспособности отечественной продукции.

В прудовом рыбоводстве щука:

- ♦ «биологический мелиоратор», повышающий рыбопродуктивность по карпу, карасю и другим разводимым рыбам за счет уничтожения их конкурентов в питании. При этом получаемый прирост нередко бывает выше прироста по самой щуке.
- ♦ источник дополнительной продукции, позволяющий получать до 15–25 кг дополнительной продукции сеголетка щуки с 1 га нагульной площади. При относительно высоком темпе роста, масса за сезон, в зависимости от обеспеченности пищей и прочих условий, может достигать 300–500 г.

На торговых прилавках щука (в свежем виде) — наиболее спрашиваемый товар, отличающийся нежирным мясом, сходным по составу белков, жиров и углеводов с мясом трески.

Объемы производства щуки в прудовых хозяйствах невелики (в Беларуси обычно не превышают 0,1–0,7 % от общего объема выращиваемой рыбы). Такая ситуация обусловлена особенностями её биологии, затрудняющими эффективную эксплуатацию маточных стад. При довольно высокой плодовитости щуки (на уровне 10–20 тыс. экз. икринок от одной самки), выход довольно низкий, что обусловлено: недостаточным уровнем развития кормовой базы в прудах при переходе личинок на активное питание (из-за относительно раннего срока нереста, что приводит к массовой смертности на 3–4 сутки после рассасывания желточного мешка); недостаточным количеством живого корма (зоопланктона, в дальнейшем зообентоса, что в значительной степени сдерживает дальнейший темп роста; из-за ограниченного количества личинок других рыб).

Из этого обстоятельства вытекают две проблемы, затрудняющие увеличение производства щуки в рыбхозах:

- ♦ Зарыбление прудов даже большим количеством неподрощенного посадочного материала не приводит к увеличению выхода товар-



ной рыбной продукции, поэтому посадочный материал используется неэффективно;

- ♦ Подращивание личинки щуки до более жизнестойких стадий затруднено «хищническим» характером питания, из-за которого использование искусственных кормов малоэффективно. Применение традиционных живых кормов (науплиев артемии, прудового зоопланктона) также перестаёт быть эффективным к 20-м суткам подращивания (7 этап личиночного развития), кроме того, приводит к массовому заражению молоди щуки хилодонеллезом, лечение которого в таком возрасте обычно неэффективно.

Разработка позволит увеличить производство, как товарного сеголетка, так и посадочного материала, пригодного для зарыбления естественных водоёмов аборигенным видом, до 30 кг/га товарных сеголетков щуки за сезон. Это позволит иметь современную научно-техническую документацию, позволяющую в 2–3 раза увеличить производство товарной щуки прудовыми хозяйствами республики за счёт увеличения эффективности использования прудовых площадей, снизить себестоимость продукции за счёт увеличения эффективности использования производителей, повысить до 3–5 % общую рыбопродуктивность прудов, увеличить рентабельность хозяйств, расширить ассортимент производимой рыбной продукции. Исходя из вышеперечисленного, проводимая работа своевременна и актуальна.

Цель настоящего исследования — изучить гидрохимический, гидробиологический режим в прудах, особенности питания, темп роста и физиологическое состояние отдельных видов в ходе отработки оптимизированных к процессу выращивания щуки мелиоративных приёмов, видового и количественного состава поликультуры.

Ставились следующие задачи:

- ♦ Изучить гидрохимический, гидробиологический режим в прудах, при использовании оптимизированных к процессу выращивания щуки мелиоративных приёмов, видового и количественного состава поликультуры;
- ♦ Изучить особенности питания, темп роста и физиологическое состояние отдельных видов;
- ♦ Провести анализ полученных данных по функционированию гидробиоценозов прудов, результатов обловов;

**Материалы и методы исследований.** Объект исследований — щука (*Esox lucius*).



В ходе предыдущих исследований была разработана схема экспериментов по изучению функционирования гидробиоценозов прудов при использовании, оптимизированных к процессу выращивания щуки мелиоративных приёмов, видового и количественного состава поликультуры. Разработанная схема включает экспериментальные варианты, отличающиеся используемыми мелиоративными приёмами, включая подращивание личинки щуки, а также контрольный вариант, соответствующий традиционной схеме получения товарной продукции щуки в качестве дополнительного вида. Рыба выращивалась по ресурсосберегающей технологии. Контрольные пруды отличались от экспериментальных тем, что пруды зарыблялись неподрощенной личинкой щуки при той же плотности посадки (2000 экз./га). При этом проводились только общепринятые мелиоративные мероприятия.

Исследования проводили на базе ОАО «Опытный рыбхоз «Белое», в специально подготовленных зимовальных прудах. Зарыбление прудов личинкой щуки было осуществлено в конце 2 декады апреля, при этом контрольный и опытный варианты отличались используемыми мелиоративными приёмами (в опытные пруды дополнительно вносился остаток от производства гидрогуматов), а также качеством использованного посадочного материала (подрощенная и неподрощенная личинка щуки). Плотность посадки в обоих случаях составляла 2 тыс. экз./га.

Контрольный вариант был зарыблен вставшей на плав личинкой щуки из нерестовых прудов, опытный — личинкой из той же партии, подрощенной в цехе ОАО «Опытный рыбхоз «Белое» на протяжении 5 сут с использованием продукции вермикультуры. На момент завершения подращивания линейные размеры личинки достигли  $22 \pm 3$  мм.

В дальнейшем пруды были зарыблены годовиком карпа массой 25–30 г из расчёта 1000 экз./га. Также в пруды в 1 декаде мая помещены производители карася (20 кг/га), в 3 декаде мая — личинка карпа (4 тыс. экз./га).

Мониторинг гидрохимического и гидробиологического режима проводился 1 раз в 15 дней на протяжении всего периода выращивания. Сбор и обработку материала осуществляли на экспериментальных и нагульных прудах ОАО «Опытный рыбхоз «Белое» 2 раза в месяц по общепринятым в гидробиологии и гидрохимии методикам [1–4].

Тогда же был отобран материал для определения биохимических и физиологических показателей выращиваемой рыбы.



## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### Гидрохимический режим

Отклонений от действующих нормативов по исследованным показателям в экспериментальных и контрольных прудах не наблюдалось, что говорит о пригодности разработанной схемы повышения продуктивности рыбоводческих прудов по щуке для использования в производстве.

### Гидробиологический режим

Уровень количественного развития планктонных водорослей был не высоким как в экспериментальных, так и в контрольных прудах. Средняя численность клеток планктонных водорослей в прудах составила 5656,14 тыс. кл./л и 7015,38 тыс. кл./л, средняя численность организмов фитопланктона находилась на уровне 1109,39 тыс. экз./л и 953,13 тыс. экз./л. Средняя за сезон биомасса фитопланктона составила 2,84 мг/л и 5,33 мг/л, соответственно. В экспериментальных прудах основу фитопланктонного сообщества формировали сине-зеленые водоросли, образуя 72,18 % средней биомассы, в контрольных прудах — зеленые водоросли, 80,68 % средней биомассы.

Зоопланктон в прудах, где выращивались сеголетки щуки, был хорошо развит как в количественном, так и в качественном отношении, но показатели отличались в экспериментальных и контрольных прудах. В экспериментальных прудах, где выращивали подрощенную личинку щуки, заметное стимулирующее воздействие на сообщество зоопланктона оказывали используемые остатки от производства гуминовых удобрений (600 кг/га), о чем свидетельствует более высокая численность и биомасса зоопланктонных организмов по сравнению с контролем. Средняя биомасса зоопланктона составила 24,64 мг/л (эксперимент) и 8,18 мг/л (контроль). Основу средней общей биомассы зоопланктона образовывали благоприятные в кормовом отношении ветвистоусые ракообразные, их доля была, соответственно, 65,01 % (контроль) и 75,81 % (эксперимент).

### Особенности питания, темп роста и физиологическое состояние отдельных видов

В ходе изучения особенностей питания, темпа роста и физиологического состояния отдельных видов рыб в контрольных и экспериментальных прудах установлено, что в экспериментальных прудах весовой



и линейный темп роста щуки был выше по сравнению с контролем (средняя масса тела 76 и 80 г; длина тела 18,3 и 19,0 см, соответственно). В пищевом комке молоди щуки встречались такие кормовые организмы, как циклопы, дафнии, полифемусы, лептодоры, личинки хирономид. В дальнейшем молодь перешла на питание рыбой, в состав пищевого комка сеголетков щуки входили мальки карася и карпа (до 90 %). Средний показатель общего индекса наполнения кишечника сеголетков щуки находился на уровне 104,02 %.

Измерены морфометрические показатели и рассчитаны коэффициенты упитанности подрощенных (эксперимент) и неподрощенных сеголетков щуки (контроль) и двухлетков карпа. У щуки и двухлетков карпа из контрольных прудов, соответственно, средний показатель коэффициента упитанности по щуке составил 1,24, по карпу — 2,78, а для подрощенной личинки щуки и двухлетков карпа из экспериментальных прудов эта величина была на уровне 1,17 и 2,55, соответственно, что укладывается в нормативные показатели. Более высокие коэффициенты упитанности наблюдались в контрольном варианте, но надо учитывать, что выход сеголетка в опыте был в десятки раз выше (668 и 56 экз./га, соответственно), что не могло не сказываться на доступности кормовых объектов для щуки.

Таким образом, исходя из полученных данных, следует отметить, что сеголетки щуки и двухлетки карпа имели нормальное физиологическое состояние.

### **Функционирование гидробиоценозов экспериментальных прудов. Результаты обловов**

Исходя из результатов исследований, продукция фитопланктона трансформировалась в продукцию организмов, составляющих естественную кормовую базу выращиваемых рыб в 3,1 раза эффективнее в экспериментальных прудах. Это можно объяснить снижением пресса сорной рыбы на сообщества зоопланктона и макрозообентоса за счёт её выедания щукой, поскольку количество последней по выходу было в 11,9 раз больше в экспериментальных прудах.

Поскольку для проведения экспериментов использовались зимовальные пруды, которые для дальнейшего использования по назначению должны выводиться в летование хотя бы на некоторое время, облов был проведен 15 августа. В ходе облова была установлена существенная



разница в рыбопродуктивности прудов в целом и по отдельным видам. Так, карп имел несколько меньшую навеску (220 г) в экспериментальных прудах, в связи с этим рыбопродуктивность по этому виду составила 169,9 кг/га. В контроле этот показатель был выше — 188,0 кг. В то же время в экспериментальных прудах получено 53,4 кг/га щуки, в контроле 4,4 кг/га. Доля производителей карася, используемых при зарыблении для формирования кормовой базы молоди щуки, в показателях рыбопродуктивности невелика, прирост за сезон составил 4,8–7,3 кг/га. Сорной рыбы в экспериментальных прудах практически не было (20 г/га), в то время как в опыте выловлено 1,28 кг сорной рыбы, преимущественно сеголетков карася. В целом рыбопродуктивность в экспериментальных прудах была выше по сравнению с контролем на 32,14 кг/га, что обеспечивалось очень высоким выходом и несколько большей навеской щуки.

Сходные схемы зарыбления были опробованы на производственных нагульных прудах ТН-12 и Л-15, имеющих площадь по 50 га. При использовании оптимизированных к процессу выращивания щуки мелиоративных приёмов, видового и количественного состава поликультуры достигнута несколько более высокая рыбопродуктивность (559 кг/га и 534,3 кг/га, соответственно). Доля щуки в рыбопродуктивности также выше (4,43 % по сравнению с 1,72 % в пруду Л-15), хотя такой значительной разницы, как в экспериментальных прудах, не наблюдалось. Это ожидаемо, поскольку в больших по размеру прудах труднее управлять биологическими процессами.

Исходя из вышеперечисленного, можно заключить, что разрабатываемая технология пригодна для использования в производственных прудах, при этом достигается более высокая рыбопродуктивность как в целом, так и по щуке.

## **Выводы**

- ♦ Разработана и реализована эффективная схема экспериментов по изучению функционирования гидробиоценозов прудов при использовании, оптимизированных к процессу выращивания щуки мелиоративных приёмов, видового и количественного состава поликультуры.
- ♦ Изучен гидрохимический режим в экспериментальных прудах. Установлено, что использованный комплекс мелиоративных при-



ёмов не оказывает негативного воздействия на критические показатели гидрохимического режима. Величины исследованных показателей находились в пределах норматива.

- ♦ Изучен гидробиологический режим в экспериментальных прудах. Показано, что на развитие зоопланктона в экспериментальных прудах заметное стимулирующее воздействие оказывал использованный комплекс мелиоративных приёмов. Средняя биомасса зоопланктона в них была в три раза выше, чем в контрольных прудах, и составила 24,64 мг/л), а в контроле — 8,183 мг/л.
- ♦ Изучены особенности питания, темп роста и физиологическое состояние отдельных видов. Установлено, что изученные показатели укладываются в нормативы, что свидетельствует о нормальном физиологическом состоянии рыбы.
- ♦ Проведен анализ полученных данных по функционированию гидробиоценозов прудов, результатам обловов. Установлено, что продукция фитопланктона трансформировалась в продукцию организмов, составляющих естественную кормовую базу выращиваемых рыб в 3,1 раза эффективнее в экспериментальных прудах. Отмечена существенная разница в рыбопродуктивности прудов в целом и по отдельным видам. В целом рыбопродуктивность в экспериментальных прудах была выше по сравнению с контролем на 32,14 кг/га, что обеспечивалось очень высоким выходом и несколько большей навеской щуки. В производственных прудах, при использовании оптимизированных к процессу выращивания щуки мелиоративных приёмов, видового и количественного состава поликультуры, достигнута несколько более высокая рыбопродуктивность (559 кг/га и 534,3 кг/га, соответственно) по сравнению с показателями, полученными в пруду, где рыба выращивалась по традиционной технологии (Л-15). Доля щуки в рыбопродуктивности также выше (4,43 % в пруду ТН-12 по сравнению с 1,72 % в пруду Л-15). Исходя из этого, можно заключить, что разрабатываемая технология пригодна для использования в производственных прудах, при этом достигается более высокая рыбопродуктивность как в целом, так и по щуке.
- ♦ На основании результатов обловов и собранных материалов по функционированию гидробиоценозов рыбоводных прудов, пита-



нию, темпу роста и физиологическому состоянию отдельных видов разработать проект научно-технологической документации для проведения производственных испытаний, реализуемых в настоящее время.

### Список использованных источников

1. Алекин, О.А. Руководство по химическому анализу вод суши / О.А. Алекин [и др.]. — Ленинград: Гидрометиздат, 1973. — С. 262.
2. Киселев, И.А. Методы исследования планктона / И.А. Киселев // Жизнь пресных вод. — 1956. — № 4, Ч.1. — 163 с.
3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. — Ленинград, 1984. — 52 с.
4. Романенко, В.И. Экология микроорганизмов пресных вод / В.И. Романенко, С.И. Кузнецов. — Москва: Наука, 1974. — С. 194.

### Reference

1. Alekin O.A. Manual for the chemical analysis of land waters. Leningrad, Gidromethioizdat, 1973, P. 262 (in Russian).
2. Kiselev I.A. Plankton research methods. Life of fresh waters, 1956, No. 4, Part 1, P. 163 (in Russian).
3. Methodological recommendations for the collection and processing of materials during hydrobiological research in freshwater reservoirs. Zoobenthos and its products. Leningrad, 1984. P. 52 (in Russian).
4. Romanenko V.I. Ecology of fresh water microorganisms. Moscow, Nauka, 1974. P. 194 (in Russian).

### Информация об авторах

*Пантелей Сергей Николаевич* — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: pantsialei@yandex.ru

*Сенникова Виолетта Дмитриевна* — старший научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Хомич Андрей Сергеевич* — научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by



### **Information about the authors**

*Panteley Sergey N.* — Ph.D. (Agriculture), RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: pantsialei@yandex.ru

*Sennikova Violetta D.* — senior researcher of the laboratory of pond and industrial fish farming RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Homich Andrey S.* — researcher of the laboratory of pond and industrial fish farming, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

**АСПЕКТЫ  
ЭКОЛОГИИ  
ВНУТРЕННИХ  
ВОДОЁМОВ**



В.Ю. Агеец<sup>1</sup>, С.В. Полоз<sup>1</sup>, А.Г. Шутова<sup>2</sup>, С.М. Дегтярик<sup>1</sup>, Е.В. Максимьюк<sup>1</sup>,  
Т.А. Говор<sup>1</sup>, Г.В. Слободницкая<sup>1</sup>, О.Н. Марцуль<sup>1</sup>

<sup>1</sup>РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «НПЦ НАН Беларуси

по животноводству», Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ И ИХ КОМПОЗИЦИЙ КАК ВАЖНЫЙ АСПЕКТ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ

**Аннотация:** В данной статье приводятся характеристики свойств растительных эфирных масел, показывающие возможность их использования для экологизации технологии выращивания объектов аквакультуры. Показано, что качественный и количественный состав эфирных масел достаточно большого количества представителей сем. Губоцветные (*Labiatae*), сем. Амариллисовые (*Amaryllidaceae*) и сем. Сложноцветные (*Compositae*), произрастающих либо культивируемых на территории Республики Беларусь, позволяет рассматривать их как перспективный потенциальный источник экологически безопасных веществ для создания препаратов, предназначенных для нужд рыбоводной отрасли страны. На основании собственных данных о количественном и качественном составе эфирных масел и литературных данных об их бактерицидной активности выбран ряд наиболее перспективных в этом плане растений. На основе сведений о синергизме и антагонизме компонентов эфирных масел создан ряд композиций для исследований антимикробной активности в отношении условно-патогенных для рыб бактерий рр. *Aeromonas* и *Proteus*. **Благодарности.** Исследования выполнены в рамках Государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства». Авторы выражают благодарность Национальной академии наук Беларуси за поддержку данных исследований.

**Ключевые слова:** эфирные масла, сем. Губоцветные (*Labiatae*) сем. Амариллисовые (*Amaryllidaceae*), сем. Сложноцветные (*Compositae*), микроорганизмы, бактерицидное действие



U. Yu. Aheyets<sup>1</sup>, S. Polaz<sup>1</sup>, H. Shutava<sup>2</sup>, S. Dziahtsiaryk<sup>1</sup>, Y. Maksimyyuk<sup>1</sup>,  
T. Hovar<sup>1</sup>, H. Slabodnitskaya<sup>1</sup>, V. Martsul<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RUE “Fish industry institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry”, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

## THE USE OF ESSENTIAL OILS AND THEIR COMPOSITIONS AS AN IMPORTANT ASPECT OF GREENING THE TECHNOLOGY OF GROWING AQUACULTURE OBJECTS

**Abstract:** This article presents the characteristics of the properties of plants essential oils, which show the possibility of their use for greening the technology of growing aquaculture objects. It is shown that the qualitative and quantitative composition of essential oils of a fairly large number of representatives of family Labiatae, fam. Amaryllidaceae and fam. Compositae, which are grown or are cultivated on the territory of the Republic of Belarus, allow us to consider them as a promising potential source of environmentally friendly substances for the creation of preparations intended for the needs of the fish farming industry of the country. Based on our own data on the quantitative and qualitative composition of essential oils and literature data on their bactericidal activity, a number of the most promising plants in this regard were selected. Based on information about the synergism and antagonism of the components of essential oils, a number of compositions have been created to study the antimicrobial activity against the bacteria *Aeromonas* and *Proteus*, which are opportunistic for fish. **Acknowledgments.** The study was performed within the framework of the State Program of Scientific Research “Quality and Efficiency of Agroindustrial Production”. The authors are grateful to the National Academy of Sciences of Belarus for supporting these researches.

**Keywords:** essential oils, fam. Labiatae, fam. Amaryllidaceae, fam. Compositae, microorganisms, bactericidal action

**Введение:** Наблюдающееся в последние десятилетия развитие новых технологий, интенсификация производства и возрастающее при этом загрязнение окружающей среды, а также завоз посадочного материала из других регионов являются факторами, влияющими на увеличение частоты встречаемости возбудителей инфекционных заболеваний. Анализируя собственные данные, полученные в 2013–2020 гг., отмечаем, что в посевах из внутренних органов больной рыбы наиболее часто встречаются аэромонады — бактерии *Aeromonas hydrophila* и *A. salmonicida*.



Наряду с аэромонадами от рыб — объектов аквакультуры Беларуси, в настоящее время выделяются и другие бактерии, в частности, представители рр. *Proteus*, *Pseudomonas*, *Vibrio*. Они также представляют серьезную опасность для рыб, особенно в ассоциации с другими микроорганизмами.

Натуральные препараты из лекарственных трав в XIX–XX вв. были основательно потеснены химиопрепаратами, действующими, как правило, более быстро и сильно и являющимися незаменимыми при оказании срочной помощи. Но в последнее время фитотерапия переживает очередную подъем. Это связано, в частности, с распространением болезней, возникающих вследствие массового применения различных химически чистых и синтетических средств, аллергических осложнений, возникающих на их фоне и проявляющихся все тяжелее. Известно, что бесконтрольное применение антибиотиков приводит к изменению микрофлоры кишечника у рыб, образованию резистентных штаммов патогенных бактерий и снижению терапевтического эффекта. Кроме того, антибиотики имеют свойство накапливаться в организме рыбы и по пищевой цепочке попадать в организм человека. Вследствие указанных причин многие антибактериальные препараты запрещены к использованию как в нашей стране, так и за рубежом.

В то же время многие фитопрепараты являются эффективными, хорошо проверенными средствами, отвечающими всем условиям, предъявляемым к лекарствам. Они действуют более медленно, мягко, не накапливаются в организме, не имеют побочных эффектов, т.е. лишены именно тех недостатков, которые наблюдаются у химиопрепаратов. Поэтому в настоящее время возрос интерес исследователей (как врачей, так и ветеринарных специалистов) к флоре, как к источнику лекарственных средств. Сведений о применении фитопрепаратов в рыбободной отрасли немного, наука делает первые шаги в этом направлении.

**Основная часть.** Многие растения оказывают антибактериальное действие на возбудителей болезней человека и животных (в т.ч. рыб и ракообразных). Антибактериальные активные вещества растений могут лизировать клеточную стенку, блокировать синтез белка и синтез ДНК, ингибировать ферментную и сигнальную системы бактериальной клетки [1]. В литературе имеются данные об эффективности отваров куркумы, нима, базилика в отношении *Aeromonas hydrophila* [2]. Ранняя фитотерапия рыб, зараженных бактериальными патогенами, приводила



к их полному излечению при использовании этих растений. Розмарин повышает устойчивость тилапии (*Oreochromis sp.*) к *Streptococcus iniae* и *Streptococcus agalactiae* [3].

Анализ литературы по содержанию и составу эфирных масел в сырье из растений семейства Губоцветные, которые могут проявлять активность в отношении бактерий р. *Aeromonas* и др., показал следующее.

Авторами [4] показана эффективность использования метанольных экстрактов растений семейства Губоцветные против *Aeromonas hydrophila*. Наибольшей активностью обладали экстракты плектрантуса ароматнейшего (*Plectranthus amboinicus*). Также высокую активность проявили базилик благородный (*Ocimum basilicum*) и мята полевая (*Mentha arvensis*).

Л. Тан приводит данные по эффективности использования эфирного масла душицы греческой (*Origanum heracleoticum*), содержащего тимол и карвакрол, для канальных сомиков (*Ictalurus punctatus*), зараженных *Aeromonas hydrophila* [5]. Автором показано, что выживаемость рыб при применении эфирного масла была наибольшей в сравнении с выживаемостью при применении индивидуальных соединений.

Изучена активность 12 эфирных масел по отношению к *A. salmonicida* subsp. *salmonicida*. Наибольший эффект наблюдался для коричника китайского (*Cinnamomum cassia*), душицы обыкновенной (*Origanum vulgare*), лимонного сорго (*Cymbopogon citratus*), тимьяна обыкновенного (*Thymus vulgaris*). Эфирные масла лаванды узколистной (*Lavandula angustifolia*) и шалфея лекарственного (*Salvia officinalis*) в этом исследовании также показали себя достаточно активными [6].

Линалоол — терпеновый спирт, характерный для многих эфирных масел. Согласно исследованиям Н.В. Nguyen et al, он обладал бактерицидным действием против широкого спектра патогенов с минимальными ингибирующими концентрациями в диапазоне от 0,72 до 2,89 мг/мл (*A. hydrophila*, *Edwardsiella tarda*, *Vibrio furnissii*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Streptococcus garvieae*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*). Рыбу кормили с добавлением 2, 4 и 8 % порошка листьев литсеи (*Litsea cubeba*), эфирное масло которой содержит до 95 % линалоола, в течение 21 дня; контрольных рыб кормили без добавления эфирного масла [7]. Параметры неспецифического иммунитета (лизоцим, гемолитическая и бактерицидная активность плазмы) оценивали через 21 день после периода кормления и до экспериментальной инфекции. Такие показатели, как прибавка в весе, удельная скорость роста и коэффициент конвер-



сии корма были улучшены при добавлении масла *L. cubeba* в зависимости от дозы, и при самой высокой дозе (8 %) по сравнению с контролем появилась значительная разница.

В статье [8] показано наличие противомикробной и синергической активности с флорфениколом у эфирных масел алоизии трехлистной (*Aloysia triphylla*) и липпии белой (*Lippia alba*) против *Aeromonas sp.* Основными компонентами первого эфирного масла были  $\alpha$ -цитраль (39,91 %), Е-карвеол (25,36 %) и лимонен (21,52 %), а основным компонентом второго был линалоол (81,64 %). *Aeromonas spp.* изоляты показали чувствительность к обоим эфирным маслам с минимальной бактерицидной концентрацией между 195,3 и 3125,0 мкл/мл.

В результате анализа литературных и экспериментальных данных по составу эфирных масел растений, которые могут успешно культивироваться в центральной агроклиматической зоне Беларуси, для дальнейшей работы были отобраны следующие представители семейства Губоцветные:

- ♦ по содержанию фенольных соединений, карвакрола и тимола — эфирное масло монарды дудчатой (*Monarda fistulosa*);
- ♦ в связи с высоким содержанием линалоола, лимонена — эфирные масла лаванды узколистной (*Lavandula angustifolia*) и многоколосника фенхельного (*Agastache foeniculum*);
- ♦ в связи с имеющимися в литературе данными по активности в отношении *Aeromonas sp.* — базилика благородного (*Ocimum basilicum*) и шалфея лекарственного (*Salvia officinalis*).

Также, в связи с найденными в литературе данными по активности в отношении *Aeromonas spp.* [4], выделено эфирное масло плектрантуса амбоинского, или ароматнейшего (*Plectranthus amboinicus*), который выращивается в условиях Беларуси в закрытом грунте. В связи с высокой скоростью роста и высоким содержанием карвакрола и тимола в эфирном масле он может рассматриваться в качестве перспективного таксона.

Также был проведен анализ имеющейся литературы по содержанию и составу эфирных масел в растительном сырье семейства Амариллисовые, которые могут проявлять активность в отношении бактерий р. *Aeromonas* и некоторых других патогенных и условно-патогенных для рыб микроорганизмов.

Чеснок как широко известный натуральный антибиотик, не вызывающий экологических и побочных эффектов, может быть эффектив-



ным при лечении многих болезней у людей и животных вследствие его антибактериальной активности, антиоксидантных и гипотензивных свойств. Обзор [9] посвящен применению чеснока в лечении болезней рыб и перспективах использования чесночных экстрактов в аквакультуре. Отмечено, что чеснок вызывает активизацию иммунной системы, стимулирует аппетит, снижает количество бактерий и грибов. Зарегистрирована активность чеснока в отношении *Pseudomonas fluorescens*, *Mycobacterium piscicola*, *Vibrio anguillarum*, *Aeromonas punctata*, *Yersinia ruckeri*. Чеснок может также предотвратить вызванные тяжелыми металлами альтерации липидного профиля. Эти эффекты чеснока относят к наличию различных органосерных соединений, включая алицины. Авторами [10] установлено, что биологически активные вещества (БАВ) из чесночной кожуры улучшают гематологические параметры, повышают иммунитет африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) и делают его более устойчивым к инфекции *Aeromonas sp.*

Анализ имеющейся литературы по содержанию и составу эфирных масел в растительном сырье сем. Сложноцветные, которые могут проявлять активность в отношении бактерий *Aeromonas*, показал следующее.

Полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*) — многолетнее травянистое растение, распространенное во флоре Беларуси. Отдельные химические компоненты (сесквитерпеноиды, производные  $\alpha$ - и  $\gamma$ -пирона и др.), содержащиеся в полыни обыкновенной, индивидуально проявляют широкий спектр фармакологического действия [11]. Основными компонентами эфирного масла являются камфора (около 30 %) и борнеол (около 15 %) [12]. Согласно данным [13, 14], около 19,9 % бактериальных и 25,9 % грибковых штаммов из исследованных были чувствительны к эфирному маслу полыни обыкновенной, в том числе псевдомонады (60 %), аэромонады (53,6 %), спорообразующие бациллы (71,6 %) и микрококки (66,7 %). Согласно другой работе этих авторов [15], 27,8 % исследованных представителей рода *Aeromonas* были чувствительными к эфирному маслу полыни обыкновенной.

Полынь однолетняя (*Artemisia annua*) — однолетний представитель рода полыней. Интерес к этому растению связан с выделением в 1970-х годах китайскими учеными высокоэффективного противомаларийного соединения — артемизинина. Немаловажным является и то, что у артемизинина и родственных соединений обнаружена цитотоксическая активность, что позволяет их использовать в противораковой



терапии. Растение введено в государственную фармакопею Вьетнама и Китая.

В результате проведенного сравнительного анализа образцов эфирного масла [13], полученных из надземной части полыни эстрагонной (*A. dracunculus*) различных популяций сибирской флоры, установлено, что основными его компонентами являются соединения нетерпеновой природы: производные 4-пропилфенола (метилхавикол — до 48 %, три-метоксиаллилбензол — до 34 %, метилэвгенол — до 12 %), ацетиленовые соединения (капиллен — до 3 %, 1-фенил-2,4-гексадиин — до 24 %, 1-фенил-2,4-гексадиин-1-он — до 3 %), производные изокумарина (3-(1Z-бутенил)-изокумарин — до 46 %, и 3-(1E-бутенил)-изокумарин — до 26 %). В некоторых образцах в заметном количестве присутствуют сесквитерпеноиды, основными из которых являются куркумен (до 14 %), спатуленол (до 17 %), кариофиллен- $\alpha$ -оксид (до 17%).

У полыни горькой (*A. absinthium*), согласно литературным данным [16], хамазулен,  $\alpha$ -туйон и камфора — основные компоненты эфирного масла, а само эфирное масло является активным в отношении большого количества микроорганизмов.

Известна высокая антимикробная активность эфирного масла пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare*). Состав масла также был изучен в различных регионах мира. Так, при исследовании эфирных масел соцветий и листьев *T. vulgare*, собранных при полном цветении в 10 местообитаниях в окрестностях Вильнюса, установлено присутствие 41 компонента [17]. Масла были распределены по четырем хемотипам. Основными составляющими хемотипа камфоры (10 образцов) были камфора (22,3–41,4 %) и 1,8-цинеол (10,6–26,4 %). Было обнаружено, что в хемотипе  $\alpha$ -туйона (шесть образцов) преобладают  $\alpha$ -туйон (25,7–71,5 %) и 1,8-цинеол (11,3–22,3 %); в основных составляющих 1,8-цинеол-хемотипа (три образца) преобладали 1,8-цинеол (24,5–32,7%) и камфора (8,3–23,8 %); хемотипартемизийного кетона (один образец соцветий) преимущественно включал артемизиякетон (30,5 %) и камфору (23,0 %).

Тагетес отклоненный (*Tagetes patula*) накапливает большое количество эфирного масла как в соцветиях, так и в листьях. Известна высокая биологическая активность эфирного масла этого вида в отношении грибной микрофлоры и насекомых. В эфирном масле тагетеса было идентифицировано тридцать соединений, что составляет 89,1 % от общего числа обнаруженных [18, 19]. Основными компонентами были



пиперитон (24,74%), пиперитенон (22,93 %), терпинолен (7,8 %), ди-гидротагетон (4,91 %), цис-тагетон (4,62 %), лимонен (4,52 %) и алло-оцимен (3,66 %). Масло показывало хорошую противогрибковую активность против двух фитопатогенных грибов, *Botrytis cinerea* и *Penicillium digitatum*, обеспечивая полное ингибирование роста при 10 мкл/мл и 1,25 мкл/мл соответственно. В литературе имеются также данные о высокой антибактериальной активности бархатцев мелких (*Tagetes minuta*) [20].

Так, на основании проведенного анализа литературных источников и данных по газохроматографическому анализу эфирного масла полыни однолетней, можно рассматривать камфору как основной биологически активный компонент эфирных масел родов *Artemisia* и *Tanacetum*, с которым связывают антимикробные свойства данных таксонов. Однако в литературных источниках не выявлено прямой корреляции между количественным содержанием камфоры в эфирных маслах и проявляемой антимикробной активностью, что позволяет сделать вывод о возможном вкладе минорных компонентов эфирных масел данных растений в демонстрируемый антибактериальный эффект.

Эфирное масло тагетеса отклоненного может быть перспективным антибактериальным агентом, однако до настоящего времени не была изучена его активность в отношении большинства микроорганизмов, в том числе, в отношении бактерий р. *Aeromonas*.

Выделение эфирного масла из растений сем. Губоцветные проводили методом водно-паровой дистилляции из сухого растительного сырья в соответствии с Государственной фармакопеей РБ [20]. Выход оценивали объемным методом, состав — методами ГЖХ (газо-жидкостной хроматографии) и ЯМР (ядерно-магнитного резонанса), а также на основании литературных данных. Затем образцы эфирного масла высушивали добавлением безводного сульфата натрия и помещали на хранение в герметично закрытой посуде при температуре 5 °С.

Выделение эфирных масел проводили из следующих растений: монарда дудчатая (*Monarda fistulosa*), базилик благородный (*Ocimum basilicum*), лаванда узколистная (*Lavandula angustifolia*), многоколосник фенхельный (*Agastache foeniculum*), шалфей лекарственный (*Salvia officinalis*). Для выделения образцов эфирных масел использовали надземную массу, собранную в фазе цветения, шалфея лекарственного — в период вегетации. Растительное сырье подвергали сушке при комнатной температуре, затем измельчали и хранили в бумажных пакетах.



Эфирное масло плектрантуса выделяли из свежесобранной надземной массы растений, выращенных в условиях теплицы.

В табл. 1 представлены результаты по выходу эфирного масла из исследованного растительного сырья.

Таблица 1. Выход эфирного масла из растений семейства  
Губоцветные (*Labiatae*)

Table 1. The release of essential oil from plants of the *Labiatae* family

Растение	Номер образца	Выход эфирного масла, мл/100 г	Цвет эфирного масла	Основные компоненты эфирного масла
<i>Monarda fistulosa</i>	1	0,71	коричневый	карвакрол, тимол, линалоол
<i>Ocimum basilicum</i>	2	0,43	соломенный	лимонен, линалоол, эвгенол
<i>Lavandula angustifolia</i>	3	1,41	бесцветное	линалилацетат, линалоол
<i>Agastache foeniculum</i>	4	0,30	бесцветное	лимонен, ментон, пулегон
<i>Salvia officinalis</i>	5	0,22	светло-соломенный	камфен, 1,8-цинеол, камфора
<i>Plectranthus amboinicus*</i>	6	0,1	светло-желтый	карвакрол, тимол

*Примечание.* \* — эфирное масло получено из свежесобранной надземной массы растений, выращенных в условиях теплицы.

Все взятые для исследования объекты обеспечивали достаточно высокий выход эфирного масла. Наибольшим содержанием эфирного масла среди исследованных растений обладали монарда дудчатая и лаванда узколистная.

Попытка получить эфирное масло из растений сем. Амариллисовые методом водно-паровой дистилляции не увенчалась успехом в связи с их ничтожно малым количеством. Поэтому образцы летучих соединений получали методом экстракции гексаном с последующей отгонкой растворителя при температуре 68–69 °С. Затем образцы, содержащие биологически активные соединения, переносили в высушенные бюксы с известным весом и досушивали, после чего повторно измеряли вес бюксов и определяли количество выделенных биологически активных веществ (БАВ).



В табл. 2 представлены результаты по выходу летучих БАВ из исследованного растительного сырья.

**Таблица 2. Выход БАВ из растений — представителей семейства Амариллисовые (*Amaryllidaceae*)**

**Table 2. The release of biologically active substances from plants — representatives of the Amaryllis family**

Растение	№ образца	Масса сырья, г	Масса извлеченных БАВ, г	Выход, %
Лук репчатый	1	450	1,41	0,31
Чеснок посевной	2	145	0,17	0,12

Выделение эфирного масла из растений сем. Сложноцветные проведено методом водно-паровой дистилляции из сухого растительного сырья, оценка выхода — объемный метод, состав — методами ГЖХ и ЯМР, а также на основании литературных данных.

В связи с неизученностью состава эфирного масла полыни однолетней, произрастающей в условиях Беларуси, был проведен ГЖ анализ, результаты которого представлены в табл. 3.

**Таблица 3. Состав эфирного масла полыни однолетней, произрастающей в условиях Беларуси**

**Table 3. Composition of essential oil of wormwood annual, growing in the conditions of Belarus**

№ пп	Соединение	Содержание, в % от общего количества	
		фаза бутонизации	фаза цветения
1	в-мирцен	4,12	4,22
2	1,8-цинеол	1,56	1,64
3	изоартемизиякетон	51,1	54,63
4	(-)-камфора	6,84	6,73
5	(+/-)-лавандулол	0,97	0,87
6	(+)- $\alpha$ -лонгипинен	0,80	0,84
7	бензил-2-метилбутарат	0,67	0,64
8	(E)- $\beta$ -кариофиллен	1,70	1,68
9	(E)- $\beta$ -фарнезен	0,44	0,40
10	(-)-гермакрен D	0,94	0,84
11	в-селинен	17,8	16,31
12	бергамотол	1,13	1,65
13	(-)-изоаромандендрен	0,61	0,59
14	(-)- $\alpha$ -копаен	1,07	1,03

Было проанализировано сырье, собранное в фазу бутонизации и фазу цветения. Установлено наличие изоартемизиякетона (подтверждено методом ЯМР), камфоры,  $\beta$ -селинена в наибольшем количестве.

В табл. 4 представлены результаты по выходу эфирных масел из исследованного растительного сырья.

Таблица 4. Выход БАВ из представителей семейства Сложноцветные  
Table 4. The release of biologically active substances from representatives of the Asteraceae family

Таксон	Номер образца	Состояние растительного сырья	Фаза развития	Выход, %
Тагетес отклоненный	1	Соцветия и верхняя часть надземной массы, высушенные	Цветение	0,55
Полынь эстрагонная	2	Сухая надземная масса	Цветение	0,47
Полынь обыкновенная	3	Сухая надземная масса	Цветение	0,05
Полынь горькая	4	Сухая надземная масса	Цветение	0,10
Полынь однолетняя	5	Сухая надземная масса	Цветение	0,35
Пижма обыкновенная	6	Сухая надземная масса	Цветение	0,30

Полученные образцы подготовлены для дальнейших испытаний антагонистической активности в отношении условно — патогенных для рыб бактерий рр. *Aeromonas* и *Proteus*.

Проведен анализ имеющихся данных по подходам к формированию антибактериальных композиций эфирных масел. Известно, что различные компоненты эфирных масел обладают различной антимикробной активностью, которая зависит от их химического строения и растворимости в биологических средах. Многокомпонентный состав эфирных масел способен уменьшать вероятность формирования устойчивости патогена, т. к. преодолеть антимикробное действие каждого из компонентов сложнее.

Как показывают результаты исследований ряда авторов [21–26], при оценке биологической активности композиций эфирных масел часто отмечаются явления синергизма и антагонизма. Явление синергизма часто связывают со способностью отдельных компонентов эфирных масел предотвращать окисление других компонентов. Обнаружен зна-



чительный синергетический эффект эфирных масел лимона и гвоздики, который связали с наличием в композиции в достаточно высоких концентрациях двух сильных антиоксидантов —  $\gamma$ -терпинена и эвгенола [21].

Имеется достаточно большое количество примеров высокой активности композиций эфирных масел в отношении бактерий и вирусов. Установлено, что смесь эфирных масел эвкалипта, апельсина, гвоздики, корицы и розмарина способна оказывать ингибирующее влияние на вирусы гриппа. В исследованиях *in vitro* был показан противовирусный эффект смеси эфирных масел можжевельника, кипариса и шалфея в отношении коронавируса SARS-CoV и HSV-1 [22]. Также в литературе присутствуют данные о синергизме композиций эфирных масел или индивидуальных масел в сочетании с антибиотиками. Например, при тестировании [23] четырех госпитальных штаммов условно-патогенных грамотрицательных бактерий (*Stenotrophomonas maltophilia*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae*), устойчивых ко многим антибиотикам, взаимодействие левофлоксацина с эфирным маслом розового дерева и лаванды привело к усилению антибактериального эффекта против *S. maltophilia* на 7,1 и 5,8 % соответственно; сочетание эфирного масла розового дерева и ТИМ на 31,9 % увеличило зону ингибирования культуры антибиотиком.

В исследовании [24] показаны синергетические эффекты эфирного масла *Myrtus communis* и линалоола, одного из главных компонентов, в комбинации с итраконазолом против устойчивых к азолам *Candida spp.* Сочетание эфирного масла и противогрибкового препарата привело к снижению устойчивости патогена на 60 %. Смесь линалоола с итраконазолом проявляла сильную синергетическую активность в отношении *Candida spp.*

Активность антибиотиков гентамицина и амикацина была усилена против *S. aureus* и *P. aeruginosa* после контакта с летучими компонентами эфирного масла *Lantana montevidensis*, демонстрируя, что это масло влияет на активность антибиотика и может использоваться в качестве адьюванта при антибиотикотерапии дыхательных путей. Основными компонентами эфирного масла *Lantana montevidensis* являются  $\beta$ -кариофиллен (31,50 %), гермакрен D (27,50 %) и бициклогермакрен (13,93 %) [25].

Низин-Z и тимол были испытаны отдельно и в комбинации на антибактериальную активность против *Listeria monocytogenes* ATCC 7644



и *Bacillus subtilis* ATCC 33712 [26]. Антибактериальный эффект низина Z, продуцируемого *Lactococcus lactis*, был значительно усилен при использовании субингибирующих концентраций тимола. Результаты исследований влияния циннамальдегида, тимола и карвакрола или их комбинаций в отношении *Salmonella typhimurium* показали, что посредством их парных комбинаций может быть снижена концентрация отдельных компонентов в смеси.

При анализе литературных данных выявлен ряд условий, необходимых при составлении композиции эфирных масел:

1. Возможность достижения синергизма в действии компонентов композиции. Синергизм достигался подбором нескольких эфирных масел с необходимым общим действием для его усиления за счет накопления активных компонентов с учетом имеющихся данных о синергизме эфирных масел.

2. Оценка сочетаемости доминирующих компонентов эфирных масел, используемых в композиции по направленности действия.

3. Оценка стойкости полученной композиции, исключение или снижение количеств легкоокисляемых компонентов эфирных масел.

Таким образом, с учетом литературных и собственных данных создано 7 вариантов композиций эфирных масел для испытаний их антимикробной активности.

Варианты композиций:

1. Монарда дудчатая — базилик обыкновенный — шалфей лекарственный.

2. Монарда дудчатая — лаванда узколистная — плектрантус ароматнейший.

3. Монарда дудчатая — базилик обыкновенный — лаванда узколистная.

4. Плектрантус ароматнейший — лаванда узколистная — базилик обыкновенный.

5. Монарда дудчатая (сорт Ильгиния) — шалфей лекарственный.

6. Монарда дудчатая (сорт Ильгиния) — плектрантус ароматнейший.

7. Монарда дудчатая (сорт Ильгиния) — лаванда узколистная.

**Заключение.** Эфирные масла многих растений и их отдельные компоненты обладают ярко выраженным бактерицидным действием против возбудителей болезней человека и животных, в т.ч. пойкилотермных (рыб, ракообразных). Отмечена их антимикробная активность



в отношении таких опасных для рыб микроорганизмов, как *Pseudomonas fluorescens*, *Vibrio anguillarum*, *Aeromonas punctata*, *A. hydrophila*, *Yersinia ruckeri*. К наиболее активным компонентам эфирных масел можно отнести карвакрол, тимол, линалоол, лимонен, аллицин, камфора и др.

Качественный и количественный состав эфирных масел достаточно большого количества представителей сем. Губоцветные (*Labiatae*), сем. Амариллисовые (*Amaryllidaceae*) и сем. Сложноцветные (*Compositae*), произрастающих либо культивируемых на территории Республики Беларусь, позволяет рассматривать их как перспективный потенциальный источник экологически безопасных веществ для создания препаратов, предназначенных для нужд рыболовной отрасли страны.

На основании собственных данных о количественном и качественном составе эфирных масел и литературных данных об их бактерицидной активности выбран ряд наиболее перспективных в этом плане растений. Представители сем. Губоцветные (*Labiatae*): монарда дудчатая (*Monarda fistulosa*), базилик благородный (*Ocimum basilicum*), лаванда узколистная (*Lavandula angustifolia*), многоколосник фенхельный (*Agastache foeniculum*), шалфей лекарственный (*Salvia officinalis*), плектрантус ароматнейший (*Plectranthus amboinicus*). Представители сем. Амариллисовые (*Amaryllidaceae*): лук репчатый (*Allium cepa*), чеснок полевой (*Allium sativum*). Представители сем. Сложноцветные (*Compositae*): полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), полынь горькая (*A. absinthium* L.), полынь однолетняя (*A. annua* L.), полынь эстрагонная (*A. dracunculoides* L.), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.), тагетес отклоненный (*Tagetes patula* L.). Также на основе сведений о синергизме и антагонизме компонентов эфирных масел создан ряд композиций эфирных масел перечисленных выше растений для исследований антимикробной активности в отношении условно-патогенных для рыб бактерий pp. *Aeromonas* и *Proteus*.

### Список использованных источников

1. Yilmaz, E. Potential of medical herbal products to be used in aquaculture / E. Yilmaz, O. Tasbozan, C. Erbas // Eastern Anatolian Journal of Science. — 2018. — Vol.6, iss. 2. — P. 16–23.
2. Harikrishnan, R. In vitro and in vivo studies of the use of some medical herbs against the pathogen *Aeromonas hydrophila* in goldfish / R. Harikrishnan // J. Aquat. Anim. Health. — 2008. — Vol. 20, iss. 30. — P. 1651–1676.
3. Dried leaves of *Rosmarinus officinalis* as a treatment for Streptococcosis in tilapia / D. Zilberg [et al.] // Journal of Fish Diseases. — 2010. — Vol. 33 (4). — P. 361–369.



4. Antibacterial activity of medicinal herbs against the fish pathogen *Aeromonas hydrophila* / M.A. Haniffa, K. Kavitha // Journal of Agricultural Technology. — 2012. — Vol. 8 (1). — P. 205–211.
5. Tan, J. Evaluation of oregano essential oil (*Origanum heracleoticum* L.) on growth, antioxidant effect and resistance against *Aeromonas hydrophila* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) / J. Tan // Aquaculture. — 2009. — Vol. 292, iss. 3–4. — P. 214–218.
6. An investigation of the bactericidal activity of selected essential oils to *Aeromonas spp.* / C.E. Starlipera [et al.] // J. of advanced research. — 2015. — Vol. 6. — P. 89–97.
7. Antibacterial activity of *Litsea cubeba* (Lauraceae, May Chang) and its effects on the biological response of common carp *Cyprinus carpio* challenged with *Aeromonas hydrophila* / H.V. Nguyen [et al.] // Journal of Applied Microbiology. — 2016. — Vol. 121, iss. 2. — P. 341–351.
8. Antimicrobial and synergistic activity of essential oils of *Aloysia triphylla* and *Lippia alba* against *Aeromonas spp.* / R.C. Souza [et al.] // Microbial Pathogenesis. — 2017. — Vol. 113. — P. 29–33.
9. Review of the Application of Garlic, *Allium sativum*, in Aquaculture / J.-Y. Lee, Y. Gao // Journal Of The world Aquaculture Society. — 2012. — Vol. 43, iss. 4. — P. 447–458.
10. Effect of garlic peel on growth, hematological parameters and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in African catfish *Clarias gariepinus* (Bloch) fingerlings / K. Thanikachalam, M. Kasi, X. Rathinam // Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. — 2010. — Vol. 3, iss. 8. — P. 614–618.
11. Северин, А.П. Растения рода полынь — источники получения полиенов / А.П. Северин, Л.Е. Сипливая, В.Я. Яцюк // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Поиск новых физиологически активных веществ / Материалы 4-й всероссийской с международным участием научно-методической конференции «Фармобразование 2010». Часть 2. — С. 338–340.
12. Алякин, А.А. Химический состав эфирных масел *Artemisia absinthium* L. и *Artemisia vulgaris* L., произрастающих на территории Красноярского края / А.А. Алякин, А.А. Ефремов, А.С. Ангаскиева // Химия растительного сырья. — 2011. — № 3. — С. 123–127.
13. Состав эфирного масла полыни тархун (*Artemisia dracunculus* L.) сибирской флоры // И.Б. Рущих [и др.] // Химия растительного сырья. — 2000. — № 3. — С. 65–76.
14. Comparative evaluation of antimicrobial effect of *Artemisia vulgaris* essential oils extracted from fresh and dried herb / B. R. Singh [et al.] // Medicinal Plants. — 2012. — Vol. 4, iss. 2. — С. 76–82.
15. Antimicrobial effect of *Artemisia vulgaris* essential oil / B.R. Singh [et al.] // Natural Products: An Indian Journal. — 2011. — Vol. 7. — P. 5–12.
16. Effect of environmental conditions on chemical polymorphism and biological activities among *Artemisia absinthium* L. essential oil provenances grown in Tunisia / L. Riahiab [et al.] // Industrial Crops and Products. — 2015. — Vol. 66. — P. 96–102.



17. Composition of the Essential Oils of *Tanacetum vulgare* L. Growing Wild in Vilnius District (Lithuania) / D. Mockute, A. Judzentiene // Journal of Essential Oil Research. — 2004. — Vol. 16, iss. 6. — P. 550–553.
18. Chemical characterization and antifungal activity of essential oil of capitula from wild Indian *Tagetespatula* L. / C. Romagnoli [et al.] // Protoplasma. — 2005. — Vol. 225, iss. 1–2. — P. 57–65.
19. Antibacterial activity of *Tagetes minuta* L. (Asteraceae) essential oil with different chemical composition / F. Senatore [et al.] // Flavour and fragrant J. — 2004. — Vol. 19, iss. 6. — P. 574–578.
20. Государственная фармакопея Республики Беларусь. (ГФ. РБ II): Разработана на основе Европейской фармакопеи. — Т.1. Общие методы контроля лекарственных средств / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, УП «Центр экспертизы и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. А.А. Шерякова. Молодечно: Тип. «Победа», 2012. — 1220 с.
21. Самусенко А.Л. Исследование концентрационной зависимости эффектов синергизма и антагонизма в смесях эфирных масел лимона, кориандра и почек гвоздики // Химия растительного сырья. — 2015. — № 4. — С. 39–44.
22. Phytochemical analysis and in vitro antiviral activities of the essential oils of seven Lebanon species / M. R. Loizzo [et al.] // Chem. Biodivers. — 2008. — Vol. 5, iss. 3. — P. 461–470.
23. Влияние эфирных масел на микроорганизмы различной таксономической принадлежности в сравнении с современными антибиотиками. Сообщение 3. Действие масел лаванды, розового дерева, эвкалипта, пихты на некоторые грамотрицательные бактерии / Е.В. Жученко [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. — 2015. — № 1 (9). — С. 30–41.
24. Determination of synergistic effect of *Myrtus communis* essential oil and linalool with itraconazole against azole-resistant *Candida* species / K. Zomorodian [et al.] // Journal of Microbiology. Special Edition. — 2013. — Vol. 2. — P. 5–15.
25. Chemical Composition and Aminoglycosides Synergistic Effect of *Lantana montevidensis* Briq. (Verbenaceae) Essential Oil / E.O. Sousa [et al.] // Records of Natural Products. 2011. — Vol. 5, iss. 1. — P. 60–64.
26. The antibacterial effect of cinnamaldehyde, thymol, carvacrol and their combinations against the foodborne pathogen *Salmonella typhimurium* / F. Zhou // Journal of Food Safety. 2007. — Vol. 27, iss. 2. — P. 124–133.

## REFERENCE

1. Yilmaz E., Tasbozan O., Erbas C. Potential of medical herbal products to be used in aquaculture. *Eastern Anatolian Journal of Science*, 2018, vol.6, iss. 2, pp. 16–23.
2. Harikrishnan R. In vitro and in vivo studies of the use of some medical herbals against the pathogen *Aeromonas hydrophila* in goldfish. *J. Aquat. Anim. Health*, 2008, vol. 20, no. 30, pp. 165–176.
3. Zilberg D., Tal A., Froyman N., Abutbul S., Dudai N., Golan-Goldhish A. Dried leaves of *Rosmarinus officinalis* as a treatment for Streptococcosis in tilapia. *Journal of Fish Diseases*. 2010, no. 33, iss. 4, pp. 361–369.



4. Haniffa M.A., Kavitha K. Antibacterial activity of medicinal herbs against the fish pathogen *Aeromonas hydrophila*. *Journal of Agricultural Technology*, 2012, vol. 8, iss. 1, pp. 205–211.
5. Tan J. Evaluation of oregano essential oil (*Origanum heracleoticum* L.) on growth, antioxidant effect and resistance against *Aeromonas hydrophila* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 2009, vol. 292, iss. 3–4, pp. 214–218.
6. Clifford E.S., Ketola H.G., Noyes A.D., Schill W.B., Fred G. An investigation of the bactericidal activity of selected essential oils to *Aeromonas* spp. *J. of advanced research*, 2015, vol. 6, pp. 89–97.
7. Nguyen H.V., Caruso D., Lebrun M., Nguyen N.T., Trinh T.T., J.-C. Meile, Chu-Ky S., Sarter S. Antibacterial activity of *Litsea cubeba* (Lauraceae, May Chang) and its effects on the biological response of common carp *Cyprinus carpio* challenged with *Aeromonas hydrophila*. *Journal of Applied Microbiology*, 2016, vol. 121, iss. 2, pp. 341–351.
8. De Souza R.C., Da Costa M.M., Baldisserotto B., Heinzmann B. M., Schmidt D., Caron B.O., Copatti C.E. Antimicrobial and synergistic activity of essential oils of *Aloysia triphylla* and *Lippia alba* against *Aeromonas* spp. *Microbial Pathogenesis*, 2017, vol. 113, pp. 29–33.
9. Lee J.-Y., Gao Y. Review of the Application of Garlic, *Allium sativum*, in Aquaculture. *Journal Of The world Aquaculture Society*, 2012, vol. 43, iss. 4, pp. 447–458.
10. Thanikachalam K., Kasi M., Rathinam X. Effect of garlic peel on growth, hematological parameters and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in African catfish *Clarias gariepinus* (Bloch) fingerlings. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 2010, vol.3, iss. 8, pp. 614–618.
11. Severin A.P., Siplivaya L.E., Yatsyuk V.Y. Plants of the genus wormwood — sources of polyenes. Ways and forms of pharmaceutical education improvement. Search for new physiologically active substances. *Materialy' 4 - j vsrossijskoj smezhdunarodny'm uchastiem nauchno-metodicheskoy konferenczii «Farmobrazovanie 2010» = Materials of the 4th all-Russian with international participation scientific and methodological conference «Pharmaceutical Education 2010»*, 2010, p. 2, pp. 338–340 (in Russian).
12. Alyakin A.A., Efremov A.A., Angaskieva A.S. The chemical composition of essential oils *Artemisia absintium* L. and *Artemisia vulgaris* L. growing on the territory of the Krasnoyarsk Territory. *Khimiya rastitel'nogo sy'r'ya = Chemistry of vegetable raw materials*, 2011, vol. 3, pp. 123–127 (in Russian).
13. Rutskikh I.B., Khanina M.A., Serykh E.A., Pokrovsky L.M., Tkachev A.V. Composition of essential oil of tarragon wormwood (*Artemisia dracuncululus* L.) of Siberian flora. *Khimiya rastitel'nogo sy'r'ya = Chemistry of vegetable raw materials*, 2000, vol.3, pp. 65–76 (in Russian).
14. Singh B.R., Singh V., Singh R.K., Toppo S., Haque N., Ebibeni N. Comparative evaluation of antimicrobial effect of *Artemisia vulgaris* essential oils extracted from fresh and dried herb. *Medicinal Plants*, 2012, vol. 4, iss. 2, pp. 76–82.



15. Singh B.R., Singh V., Singh R.K., Toppo S., Haque N., Ebibeni N. Antimicrobial effect of *Artemisia vulgaris* essential oil *Natural Products: An Indian Journal*, 2011, vol. 7, pp. 5–12.
16. Riahi L., Ghazghazi H., Ayari B., Aouadhi C., Klay I., Chograni H., Cherif A., Zoghalmi N. Effect of environmental conditions on chemical polymorphism and biological activities among *Artemisia absinthium* L. essential oil provenances grown in Tunisia. *Industrial Crops and Products*, 2015, vol. 66, pp. 96–102.
17. Mockute D., Judzentiene A. Composition of the Essential Oils of *Tanacetum vulgare* L. Growing Wild in Vilnius District (Lithuania). *Journal of Essential Oil Research*, 2004, vol. 16, iss. 6, pp. 550–553.
18. Romagnoli C., Bruni R., Andreotti E., Rai M.K., Vicentini C.B., Mares D. Chemical characterization and antifungal activity of essential oil of capitula from wild Indian *Tagetespatula* L. *Protoplasma*, 2005, vol. 225, iss. 1–2, pp. 57–65.
19. Senatore F., Napolitano F., Mohamed M. A-H, Harris P.J.C., Mnkeni P.N.S., Henderson J. Antibacterial activity of *Tagetes minuta* L. (Asteraceae) essential oil with different chemical composition. *Flavor and Fragrant Journal*, 2004, vol. 19, iss. 6, pp. 574–578.
20. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus. (GF. RB II): Developed on the basis of the European Pharmacopoeia, vol. 1. General methods of drug control = Gosudarstvennaya farmakopeya Respubliki Belarus'. (GF. RB II): Razrabotana na osnovu Evropejskoj farmakopei. T.1. Obshhie metody kontrolya lekarstvennykh sredstv. Ministry of health of Republic of Belarus, UE Center for Expertise and Testing in Health Care; under total. ed. A.A. Sheryakova. Molodechno: Type. «Victory», 2012, 1220 p. (in Russian).
21. Samusenko A.L. Study of the concentration dependence of the effects of synergism and antagonism in mixtures of essential oils of lemon, coriander and clove buds. *Chemistry of vegetable raw materials = Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, vol. 4, pp. 39–44 (in Russian).
22. Loizzo M.R., Saab A.M., Tundis R., Statti G.A., Menichini F., Lampronti I., Gambari R., Cinat J., Doerr H.W. Phytochemical analysis and in vitro antiviral activities of the essential oils of seven Lebanon species. *Chemistry & Biodiversity*, 2008, vol. 5, iss 3, pp. 461–470.
23. Zhuchenko E.V., Semenova E.F., Markelova N.N., Shpichka A.I., Knyazkova A. A. Influence of essential oils on microorganisms of different taxonomic affiliation in comparison with modern antibiotics. Message 3. The effect of lavender, rosewood, eucalyptus, fir oils on some gram-negative bacteria. News of higher educational institutions. Volga region = *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region*, 2015, vol. 1, iss. 9, pp. 30–41 (in Russian).
24. Zomorodian K., Moein M., Rahimi M.J., Esmaeilbeig M., Mir-Shahpari M.H., Bazrafshan H., Namazi N., Pakshir K.J. Determination of synergistic effect of *Myrtus communis* essential oil and linalool with itraconazole against azole-resistant *Candida* species. *Journal of Microbiology. Special Edition*, 2013, vol. 2, pp. 5–15.
25. Sousa E.O., Rodrigues F.F.G., Coutinho H.D.M., Campos A.R., Lima S.G., Costa J.G.M. Chemical Composition and Aminoglycosides Synergistic Effect of *Lantana*



montevidensis Briq. (Verbenaceae) Essential Oil. Records of Natural Products, 2011, vol. 5, iss. 1, pp. 60–64.

26. Zhou F., Ji B., Zhang H., Jiang HUI, Yang Z., Li J., Li Jihai, Yan W. The antibacterial effect of cinnamaldehyde, thymol, carvacrol and their combinations against the foodborne pathogen *Salmonella typhimurium*. Journal of Food Safety, 2007, vol. 27, iss. 2, pp. 124–133.

### Сведения об авторах

*Агеец Владимир Юльянович* — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Полоз Светлана Васильевна* — кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lana.poloz@gmail.com

*Шутова Анна Геннадиевна* — кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной биохимии, Центральный ботанический сад национальной академии наук Беларуси, Национальная академия наук Беларуси (ул. Сурганова 2В, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: anna\_shutova@mail.ru

*Дегтярик Светлана Михайловна* — кандидат биологических наук, доцент, зав. лабораторией болезней рыб, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lavrushnek@mail.ru

*Максимьюк Евгения Владимировна* — научный сотрудник, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: jenua\_maksimjuk@mail.ru

*Говор Татьяна Альфонсовна* — научный сотрудник, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: govorta@tut.by

*Слободницкая Галина Владимировна* — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: slobodnickaja.g.v@gmail.com

*Марцуль Ольга Николаевна* — кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: martsul\_v@mail.ru

### Information about authors

*Ahejets Uladzimir Yu.* — D.Sc. (Agriculture), Professor, director, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy



- of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by
- Polaz Sviatlana* — Ph.D. (in Veterinary Medicine), RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: lana.poloz@gmail.com
- Shutava Hanna* — Ph.D. (Biological Sciences), Associate professor, the Central Botanical Garden, the National Academy of Sciences of Belarus (2V Surganova Str., 220012 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: anna\_shutova@mail.ru
- Dziahtsiaryk Sviatlana* — Ph.D. (Biological Sciences), Associate professor, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: lavrushnek@mail.ru
- Maksimjuk Yauheniya* — researcher, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: jenya\_maksimjuk@mail.ru
- Hovar Tatsiana* — researcher, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: govorta@tut.by
- Slobodnitskaya Halina* — Ph.D. (Agricultural sciences), RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: slobodnickaja.g.v@gmail.com
- Martsul Volha* — Ph.D. (Agricultural sciences), Scientific Secretary, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: martsul\_v@mail.ru



**В.Г. Костоусов, Г.П. Прищепов, Т.И. Попиначенко**

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,  
Минск, Беларусь*

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ РЫБ ИХТИОФАГОВ И МЕТОДЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ИХ РЕСУРСОВ НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БРАСЛАВСКИЕ ОЗЕРА»**

**Аннотация:** На примере четырех озер национального парка «Браславские озера» рассмотрена динамика промыслового вылова рыб, в том числе крупных ихтиофагов — щуки и судака за период с момента образования парка и до настоящего времени. Установлено, что за указанный период ресурсы щуки и судака, которые к моменту создания парка имели тенденцию к снижению практически по всем водоемам, в последующие годы стабилизировались и несколько выросли. Популяции щуки и судака отличаются средней или низкой численностью, достаточно высоким темпом роста и в пределах анализируемой группы озер относительно небольшой флюктуацией темпа роста. Установлено, что ресурсы щуки эксплуатируются более интенсивно, что не дает возможности существенного их нарастания. Основная причина — селективное воздействие любительского рыболовства. Ресурсы судака находятся в удовлетворительном состоянии и отвечают продукционным возможностям водоемов. Обсуждается эффективность проведенных рыбоводных мероприятий в части роста запасов анализируемых видов рыб. Предполагается, что зарыбление наиболее эффективно в целях увеличения ресурсов щуки, тогда как техническая мелиорация — в целях увеличения ресурсов как щуки, так и судака.

**Ключевые слова:** озеро, рыболовство, запасы, зарыбление, щука, судак



V.G. Kostousov, G.P. Prischepov, T.I. Popinachenko

*RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry”, Minsk, Belarus*

## **ASSESSMENT OF THE STATE OF FISH POPULATIONS ICHTHYOPHAGES AND METHODS OF MAINTENANCE OF THEIR RESOURCES ON THE EXAMPLE OF THE NATIONAL PARK “BRASLAV LAKES”**

**Abstract:** On the example of four lakes of the Braslav Lakes National Park, the dynamics of the commercial fish catch, including large ichthyophages — pike and pike perch for the period from the moment of the formation of the park to the present is considered. It was found that during the specified period the resources of pike and pike perch, which by the time the park was created, tended to decrease in almost all water bodies, in subsequent years stabilized and slightly increased. The populations of pike and pike perch are characterized by medium or low abundance, a fairly high growth rate, and within the analyzed group of lakes, a relatively small fluctuation in the growth rate. It was found that the resources of pike are exploited more intensively, which does not give the possibility of their significant increase. The main reason is the selective impact of recreational fishing. The resources of pike perch are in a satisfactory condition and correspond to the production capabilities of the reservoirs. The effectiveness of the fish-breeding activities in terms of the growth of the stocks of the analyzed fish species is discussed. It is assumed that stocking is most effective in order to increase the resources of pike, while technical reclamation is most effective in order to increase the resources of both pike and pike perch.

**Keywords:** lake, fishing, stocks, stocking, pike, pike perch

**Введение.** Промысловое и любительское рыболовство на внутренних водоемах — одно из направлений использования озер, связанное с эксплуатацией водных биологических ресурсов. Задачи рыболовства непосредственно связаны не только с процессом вылова, но и с проблемами управления водными экосистемами, включая сохранение биоразнообразия и условий среды обитания рыб. Особенно актуально это для особо охраняемых природных территорий (ООПТ), которые призваны служить эталонами качества и рефугиумами для уязвимых видов. В результате процессов естественного старения, а также антропогенного воздействия, вызываемого увеличением биогенного стока



с водосборов, многие, особенно небольшие по площади, озера подвергаются усиленному эвтрофированию и теряют свое первоначальное значение. При этом заметно ухудшается качество водной среды, в придонных слоях отмечается устойчивый дефицит кислорода, вызываемый сокращением прозрачности воды. Проблемы деградации касаются не только водной массы, но и биологических ресурсов озер, прежде всего рыб. Изменение в худшую сторону условий нагула и воспроизводства влечет за собой и изменения в структуре рыбного стада, прежде всего в пользу видов с преимущественно планктонным спектром питания. Таким образом, ухудшение качества водных масс озер, так же как уменьшение и ухудшение качественного состава рыбных ресурсов, способствует потере их природной, рыбохозяйственной и рекреационной значимости. Крупные хищники-ихтиофаги в экосистемах озер выступают основным регулятором численности малоценных видов рыб (плотва, окунь, густера, ерш и др.), воздействуя на них по принципу «top-down» («сверху-вниз») [2, 3, 4]. Кроме того, они являются ценными объектами рыбного промысла и предпочитаемыми видами любительского вылова, тем самым определяя рекреационную привлекательность водоемов. По этой причине изучение состояния популяций крупных хищников, прежде всего щуки и судака, а также условий, определяющих их численность, является актуальным для всех озер парка.

В структуре рыбного стада по водоемам НП «Браславские озера» отмечается до 23 видов рыб, из них не более 18 служат объектами промыслового и любительского вылова [1]. Основу ихтиомассы составляют преимущественно карповые эври- и бентофаги, такие как лещ, густера, плотва и некоторые другие. Практически все они до определенного возраста потребляют зоопланктон, проявляя избирательность по отношению к наиболее эффективным фильтраторам (крупные ветвистоусые ракообразные). В составе ихтиокомплексов озер хищники — ихтиофаги представлены судаком, щукой, жерехом, налимом, окунем и угрем (по достижении определенной длины), в последний период в некоторые озера парка проведены посадки сома европейского. Среди них по хозяйственной и экологической значимости основное значение имеют щука и судак, тогда как прочие виды в силу размеров, малочисленности или особенностей биологии существенного воздействия на ихтиоценоз не оказывают. Крупные ихтиофаги (щука и судак) являются целенаправленными объектами рыболовства, в результате чего их попу-



ляции подвергаются более сильной рыболовной нагрузке, нежели популяции других видов рыб. По данным научного отдела парка, доля щуки в составе любительских уловов составляет от 3,4 до 29,5 %, судака — от 2,1 до 3,8 %, в среднем на два этих вида приходится около 14,2 % от всей массы, вылавливаемой любителями рыбы. Поддержание ресурсов этих видов возможно разными методами (охрана, регулирование вылова и т.п.), но для анализируемой территории чаще всего применяют зарыбление молодь, полученной в условиях аквакультуры [6, 13–16]. Практика вселения в озера разновозрастной молоди щуки и судака нашла достаточно широкое применение, однако не сложилось единого мнения по целесообразности, характеристикам применяемого материала и плотностям посадки [11, 14–16]. Эффективность подобного метода остается дискуссионной и требует большего анализа целесообразности применения.

**Материалы методы исследований.** Объектом исследований служили рыбные ресурсы озер Дривяты, Богинское, Снуды, Струсто, входящих в состав ГПУ «Национальный парк «Браславские озера». Анализу подвергнуты материалы промысловой статистики вылова рыбы за период с момента образования национального парка (1996 г.) и до настоящего времени, а также данные по фактическому зарыблению рыболовных угодий за указанный период, имеющиеся в распоряжении национального парка и Минсельхозпрода. В процессе подготовки материалов статьи проанализирована динамика и структура рыбного промысла на водоемах, динамика зарыбления озер молодь ценных хищных рыб, размерно-возрастной состав промысловых уловов щуки и судака.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Промысловые уловы наиболее полно отражают структуру и состояние рыбных ресурсов по сравнению с результатами контрольных отловов или анализа любительского рыболовства. На протяжении всего предшествующего периода анализируемые водоемы облавливали промысловыми орудиями с разной степенью интенсивности. Динамика вылова рыбы за период с начала организации национального парка и до настоящего времени представлена в табл. 1–4. Анализ данных таблиц показывает, что в промысловых уловах по анализируемому ряду озер фиксируется от 13 до 18 видов и товарных сортов рыб, включая сборные сорта «мелочь». Объемы и структура вылова во многом определяются ассортиментом применяемых орудий лова и интенсивностью рыболовства. Так, по оз. Дривяты, где применяют комплексный лов (невода, сети, ловушки) наблюдается мак-



симальные показатели промысловой рыбопродукции (7–19 кг/га) и разнообразия рыбы в уловах. Напротив, на озерах Снуды и Струсто, где неводной лов практически прекращен, при практически одинаковом объеме ихтиоценозов (24 и 23 вида) отмечены минимальные показатели разнообразия уловов и промысловой рыбопродукции (0,3–1,7 кг/га). Максимальные величины интенсивности рыболовства и промысловой рыбопродукции за рассматриваемый период наблюдались только в первое десятилетие после образования национального парка — 1997–2006 гг. В последующий период отмечена тенденция к изменению структуры промысла в пользу пассивных орудий лова (сетей и ловушек), что закономерно привело к снижению интенсивности рыболовства и общей изымаемой рыбопродукции, но способствовало росту в составе уловов доли высокотелых рыб, прежде всего леща. По отдельным водоемам динамика и структура уловов выглядит следующим образом.

**Оз. Дривяты.** Анализ имеющихся литературных данных и материалов промысловой статистики позволяет установить, что в разное время в составе ихтиофауны водоема насчитывалось от 18 до 24 видов рыб, представленных аборигенными и интродуцированными видами [9, 11]. Различия в количестве видов обусловлены временем наблюдения относительно начала проведения рыбоводных мероприятий, а также недоучетом мелких непромысловых видов, обитающих в озере. В настоящее время в озере насчитывается 22 вида рыб.

Анализ динамики уловов рыбы позволил выявить периоды в эксплуатации длительностью от 5 до 11 лет, различающихся характером изменения динамики годовых уловов, когда спад сменяется постепенным возрастанием объемов вылова. С 1998 г. отмечен некоторый рост уловов (до 675,3 ц за 1998–2002 гг.), после чего вновь произошел очередной спад. Таким образом, вырисовывается ярко выраженная флюктуация динамики вылова, что в основном связывается с чередованием интенсивности промысла по годам.

На протяжении анализируемого периода менялся не только объем вылова, но и качественный состав уловов. Так, в конце 50-х годов в промысловых уловах отмечалось 16 видов рыб, а также сборные сорта «мелочь» I–III групп. К середине 60-х из статистики уловов практически исчезли сом, жерех, «мелочь» I и III групп, к началу 80-х — перестали отдельно фиксировать уклей и снетка, к началу 90-х — карася. К концу 90-х гг. сократились уловы линя, язя, налима, окуня, особенно резко уменьшились уловы щуки и судака. Для восстановления численности щуки, на-



чая с 2002 г., приступили к зарыблению озера этим видом. Так, только в 2003 г. в озеро посажено 148 экз. производителей и 3,6 млн. личинок щуки. Также проведены охранные мероприятия, направленные на восстановление численности судака (запрет на его вылов в 2003–2004 гг.). Принятые меры дали нужный результат, и уже в 2006 г. эти два вида дали почти 24 % от общего улова. Практика зарыбления, продолжающаяся уже в течение ряда лет, в сочетании с благоприятными условиями нереста привела к нарастанию численности щуки, что объективно нашло отражение в динамике вылова (табл. 2). На фоне изменений в состоянии популяций крупных хищников отмечен рост удельного значения леща на фоне соответствующего снижения уловов плотвы. Так, относительная доля леща в уловах за последние 30 лет выросла более чем в три раза, тогда как плотвы снизилась более чем в семь раз. Известно, что крупные хищники более эффективно воздействуют на популяции плотвы и относительно слабо — на популяции леща. В результате последний получает определенное преимущество, увеличивая свою численность [5, 11].

Промысловая рыбопродукция имеет тенденцию к снижению (с 19,1 кг/га в период 1997–2001 гг. до 7,2 кг/га в 2017–2020 гг.). Доля ценных хищников (без учета угля), которая к началу анализируемого периода суммарно не превышала 3,9 %, к последнему времени выросла как в относительном (22,8 %), так и в объемном исчислении. Отмечаемый на протяжении 2007–2020 гг. рост в уловах доли судака (5,5 %→4,6 %→18,8 %) и щуки (3,6 %→2,4 %→4,0 %) на фоне роста доли леща (40,6 %→67,4 %→59,9 %) и снижения доли плотвы (23,6 %→15,8 %→8,7 %) также свидетельствуют о переходе на более селективные методы лова, позволяющие направленно изымать рыбу определенных характеристик. Но так как не отмечено роста общих уловов, можно сделать вывод, что некоторый рост вылова судака и щуки (в абсолютных и относительных величинах) обеспечивается не только селективностью промысла, но и проведенными в рассматриваемый период рыбоводно-мелиоративными мероприятиями.

**Оз. Богинское.** Анализ промысловой статистики за период до 1997 г. показал, что в структуре вылова фигурировало до 22 видов и сортов рыб, из которых наиболее многочисленными были лещ и плотва [10]. На протяжении всего периода наблюдалось изменение качественного состава в сторону роста значения менее ценных видов, в первую очередь за счет сокращения вылова крупных хищников. Так, если в 1965–1975 гг. суммарный вылов всех ценных видов составлял 42,2 %, то в 1986–1995 гг. — уже только 27,5 %.



Таблица 1. Промысловый вылов рыб из оз. Дривяты, 3370 га  
Table 1. Commercial fishing from the lake Driwyaty, 3370 hectares

Виды и сорта рыб	Среднее за 1997–2001 гг.		Среднее за 2002–2006 гг.		Среднее за 2007–2011 гг.		Среднее за 2012–2016 гг.		Среднее за 2017–2020 гг.	
	ц	%	ц	%	ц	%	ц	%	ц	%
лещ	120,72	17,6	68,48	14,0	126,79	40,6	188,54	67,4	146,80	59,9
судак	2,36	0,3	6,04	1,2	17,13	5,5	12,88	4,6	46,15	18,8
щука	3,10	0,5	13,42	2,7	11,11	3,6	6,83	2,4	9,69	4,0
окунь	24,62	3,6	10,34	2,1	5,43	1,7	5,86	2,1	8,46	3,5
плотва	459,46	67,1	324,40	66,2	73,65	23,6	44,21	15,8	21,19	8,7
густера	40,72	5,9	40,72	8,3	50,35	16,1	3,52	1,3	0,26	0,1
карась	-	-	0,89	0,2	0,46	0,1	2,29	0,8	0,27	0,1
лινь	1,92	0,3	5,42	1,1	5,50	1,8	5,98	2,1	3,90	1,6
ерш	-	-	0,38	0,1	0,09	<0,1	-	-	-	-
жерех	-	-	-	-	<0,01	<0,1	-	-	-	-
язь	0,12	<0,1	-	-	0,01	<0,1	-	-	0,02	<0,1
красноперка	-	-	-	-	1,55	0,5	-	-	-	-
толстолобик	-	-	-	-	0,05	<0,1	-	-	0,02	<0,1
белый амур	-	-	-	-	0,11	<0,1	0,02	<0,1	0,32	0,1
угорь	13,26	2,0	18,33	3,7	17,79	5,7	9,27	3,3	6,66	2,7
ряпушка	1,68	0,2	0,10	<0,1	-	-	-	-	-	-
карп	8,36	1,2	1,15	0,2	2,38	0,8	0,17	0,1	1,14	0,5
налим	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	<0,1
«мелочь» 3 гр.	8,42	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Всего	684,74	100	489,67	100	312,39	100	279,58	100	244,89	100
Рыбопродукция, кг/га	19,1		14,5		9,3		8,3		7,2	



Доля щуки в уловах снизилась с 21,2 % в 1965 г. до 1,2 % в 1993 г., а в 1997 г. щуки в уловах не было отмечено вообще. Аналогичная ситуация наблюдалась и с судаком. Среднемноголетний вылов данного вида составлял порядка 2,0–2,5 % от общего, но к 1997 г. судак полностью выпал из уловов. Причиной такого явления, на наш взгляд, послужила нерациональная эксплуатация рыбных ресурсов. В результате промысел в неодинаковой степени воздействовал на популяции промысловых видов, создавая лучшие условия для многочисленных плотвы и леща. Подтверждением данному факту может служить возрастная структура рыб в промысловых уловах. Анализ размерно-возрастного состава массовых уловов показал преобладание младших возрастных групп. Так уловы леща были представлены преимущественно неполовозрелыми 2–4 летками (83,8 %), тогда как уловы плотвы на 96 % были представлены особями до 5-летнего возраста. Последняя находилась в более благоприятном состоянии, поскольку к моменту созревания леща, судака или щуки успевала отнереститься 1–2 раза, формируя более мощные поколения.

В настоящее время в структуре промысловых уловов из водоема фигурирует до 15 товарных сортов и видов рыб. Объем вылова и изымаемая промысловая рыбопродукция за рассматриваемый период (1997–2020 гг.) также имеют тенденцию к снижению: максимальные показатели приходятся на период 1997–2001 гг. — в среднем 4,0 кг/га, тогда как в период с 2012 по 2020 г. они снизились в среднем до 1,8–2,0 кг/га (табл. 2). В структуре вылова первое десятилетие с момента образования парка доминировали малоценные виды (плотва, окунь, густера), в сумме составляющие 75,7–81,8 %, тогда как массовая доля судака в уловах не превышала 0,2 %, щуки — колебалась от 0,8 до 2,2 %. В последующий период отмечено снижение доли плотвы (до 9–15 %) и густеры (0,1–2,2 %) на фоне относительного роста значения вылова леща (до 41 %). Помимо леща, отмечается рост доли вылова судака (до 8,8–12,7 %), тогда как рост вылова щуки приходился на 2007–2011 гг. (до 12,5 %), а за последующий период ее значение в уловах снизилось до 3,3 %. Рост доли вылова судака подтверждается и общим ростом величин вылова этого вида, что свидетельствует либо о росте величин его запасов, либо о селективной направленности вылова этого вида. Изменение доли вылова щуки за последние 10 лет не подтверждается ростом абсолютного объема ее вылова.



Таблица 2. Промысловый вылов рыб из оз. Богинское, 1510 га  
Table 2. Commercial catch of fish from the lake Boginskoe, 1510 hectares

Виды и сорта рыб	Среднее за 1997–2001 гг.		Среднее за 2002–2006 гг.		Среднее за 2007–2011 гг.		Среднее за 2012–2016 гг.		Среднее за 2017–2020 гг.	
	ц	%	ц	%	ц	%	ц	%	ц	%
лещ	12,68	20,9	8,33	13,1	9,26	23,7	10,86	41,0	10,63	35,9
судак	0,04	0,1	0,10	0,2	1,67	4,3	2,34	8,8	5,94	20,0
щука	0,50	0,8	1,23	2,2	4,89	12,5	1,64	6,2	1,54	5,2
окунь	3,40	5,9	1,77	3,2	3,55	9,1	2,33	8,8	3,17	10,7
плотва	40,66	67,1	38,54	70,0	5,76	14,8	2,37	9,0	3,93	13,3
густера	1,82	3,0	4,68	8,5	0,41	1,0	0,58	2,2	0,01	<0,1
карась	-	-	0,02	<0,1	3,89	10,0	0,41	1,5	0,11	0,4
лινь	0,90	1,5	0,51	0,9	8,34	21,3	5,23	19,8	3,53	11,9
жерех	0,02	<0,1	-	-	0,42	1,1	0,37	1,4	0,32	1,1
сом	-	-	-	-	-	-	0,01	<0,1	-	-
красноперка	-	-	-	-	0,35	0,9	-	-	-	-
толстолобик	-	-	-	-	0,44	1,1	0,03	0,1	-	-
белый амур	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,1
угорь	-	-	-	-	<0,01	<0,1	0,07	0,3	0,21	0,7
каrp	0,48	0,8	0,01	<0,1	0,10	0,3	0,19	0,7	0,21	0,7
ерш	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	<0,1
«мелочь» 3 гр.	0,12	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Всего	60,62	100	55,24	100	39,09	100	26,47	100	29,63	100
Рыбопродукция, кг/га	4,0		3,7		2,6		1,8		1,96	



**Оз. Снуды.** По имеющимся литературным и фондовым материалам, состав ихтиофауны оз. Снуды был представлен 22 видами аборигенных и зарыбляемых видов рыб [8]. Основными объектами рыбного промысла на озере являлись плотва, окунь, линь, щука, ряпушка, угорь. В современный период в структуре промысловых уловов фигурирует около 14 видов и товарных сортов рыб. Объем вылова и изымаемая промышленная рыбопродукция за рассматриваемый период (1997–2020 гг.) имели тенденцию к снижению: максимальные показатели отмечены в период 1997–2001 гг. — в среднем 0,7 кг/га, тогда как в период с 2012 по 2016 г. они снизились в среднем до 0,3 кг/га (табл. 3).

В структуре вылова первое десятилетие доминировали малоценные виды, в сумме составляющие 52–79 %. Судак в уловах отмечен не ежегодно, а его количественное значение не превышает 0,7 %. Долевое значение щуки в уловах на протяжении значительного периода колебалось в пределах 1,2–2,4 %, в абсолютных величинах не превышая в среднем 0,3 ц в год. Изменение доли вылова щуки за последние два года (рост до 5,3 %) подтверждается и ростом абсолютного ее вылова (в среднем 1,6 ц), что свидетельствует о стабилизации запасов на более высоком уровне.

**Оз. Струсто.** По имеющимся литературным данным в составе ихтиофауны оз. Струсто отмечалось до 22 видов рыб [8]. Особенностью озера является наличие в составе ихтиофауны ледниковых реликтов — ряпушки и снетка. Еще в 60-х годах озеро зарыбляли сеголетками сига, леща, сазана и молодь угля. Сиг в озере не прижился и в уловах не встречался. Угорь вылавливается систематически. Сазан присутствует в уловах в отдельные годы и в небольших количествах. Судак в озеро проникал по протокам из других водоемов системы и никогда не создавал большой численности.

Анализ статистических материалов за 1987–1996 гг. показал, что основу уловов составляли два вида рыб: плотва и лещ, в сумме они составляли от 65 до 83 % всего улова. Долевое значение щуки, с конца 80-х к середине 90-х годов, снизилось с 4,7 % до 0,4 %, судак отмечен единично. Данные промысловой статистики за первый пятилетний период после образования национального парка (1998–2002 гг.) показывают, что плотва и лещ по-прежнему занимали доминирующее положение, в сумме их вылов составлял около 76 %. Значение щуки в уловах оставалось незначительным — 1,4 %. Средняя рыбопродукция за этот период составила всего 2,0 кг/га.



Таблица 3. Промысловый вылов рыб из оз. Снуды, 2248 га  
Table 3. Commercial catch of fish from the lake Snudy, 2248 hectares

Виды и сорта рыб	Среднее за 1997–2001 гг.		Среднее за 2002–2006 гг.		Среднее за 2007–2011 гг.		Среднее за 2012–2016 гг.		Среднее за 2017–2020 гг.	
	ц	%	ц	%	ц	%	ц	%	ц	%
лещ	4,36	26,0	1,16	10,6	3,83	36,9	4,80	68,5	12,88	47,5
судак	-	-	-	-	-	-	0,05	0,7	-	-
щука	0,20	1,2	0,17	1,6	0,25	2,4	0,12	1,7	1,55	5,7
окунь	1,68	10,0	1,96	18,0	1,57	15,1	0,60	8,6	3,68	13,6
плотва	6,82	40,6	6,66	61,0	3,18	30,7	0,47	6,7	2,85	10,5
густера	0,16	1,0	0,03	0,3	0,16	15,0	-	-	0,02	0,1
карась	-	-	-	-	<0,01	<0,1	0,19	2,7	0,01	<0,1
лινь	0,52	3,1	0,44	4,0	1,12	10,8	0,77	10,0	3,89	14,4
язь	-	-	0,06	0,6	0,07	0,7	0,03	0,3	-	-
красноперка	-	-	-	-	<0,01	<0,1	-	-	-	-
угорь	1,42	8,5	0,44	4,0	0,18	1,7	-	-	2,2	8,1
ряпушка	0,66	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-
ерш	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	<0,1
«мелочь» 3 гр.	0,46	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Всего	16,80	100	10,91	100	10,37	100	7,01	100	27,09	100
Рыбопродукция, кг/га	0,7		0,5		0,5		0,3		1,2	



В современный период в структуре промысловых уловов фигурирует 14 товарных сортов и видов рыб. Объем вылова и изымаемая промысловая рыбопродукция за рассматриваемый период (1997–2020 гг.) имели тенденцию к снижению: максимальные показатели отмечены в период 2002–2006 гг. — в среднем 3,6 кг/га, тогда как в период с 2012 по 2016 г. они снизились в среднем до 0,7 кг/га (табл. 4). В структуре вылова первое десятилетие после образования парка также, как и в оз. Снуды доминировали малоценные виды (плотва, окунь, густера) в сумме составляющие 52–80 %, тогда как на долю леща приходилось в среднем от 13 до 31 %. Судак в промысловой статистике за весь анализируемый период не отмечен, массовая доля щуки в уловах колебалась от 1,0 % в начальный период до 9,4 % в последние годы. С ростом удельного значения сетного лова отмечено закономерное снижение доли вылова плотвы (до 12,5–20 %) и густеры (0,1–2,9 %) на фоне относительного роста значения вылова леща (до 40–78,0 %). Изменение долевого значения вылова щуки за последние 15 лет не подкрепляется ростом абсолютного ее вылова (табл. 4).

Размерно-возрастная структура уловов щуки не претерпела существенных изменений по сравнению с ранее описанными данными [8, 10, 11]. В уловах встречаются особи длиной от 22 до 94 см, преобладающей группой являются рыбы с длиной тела 52–60 см. Возрастной состав уловов последнего периода был представлен двух-тринадцатилетками, с численным преобладанием пяти-шестилеток. Исходя из анализа имеющихся данных [9, 10, 11], можно констатировать, что темп роста щуки в анализируемых озерах мало подвержен колебаниям и не существенно зависит от уровня трофности озера.

Судак в уловах присутствует в возрасте 4–9 лет, при длине тела 40–67 см. Как и для прочих аналогичных популяций, в уловах из озера Дривяты и Богинское количественно преобладали 4–6 годовики, представленные половозрелыми особями. Показатели роста длины и массы судака в оз. Дривяты несколько выше аналогичных показателей по возрастным группам в оз. Богинское. Однако, по темпу роста популяция судака оз. Богинское в промысловых возрастных группах несколько превосходит популяцию оз. Дривяты, в частности общие приросты по длине в оз. Дривяты меньше в среднем на 42 %, по массе — на 61 %. Последнее может объясняться низким темпом роста популяции оз. Богинское в младших возрастных группах, после достижения половой зрелости рост судака здесь возрастает, в результате чего наблюдается



Таблица 4. Промысловый вылов рыб из оз. Струсто, 1379 га  
Table 4. Commercial catch of fish from the lake Strusto, 1379 hectares

Виды и сорта рыб	среднее за 1997–2001 гг.		Среднее за 2002–2006 гг.		Среднее за 2007–2011 гг.		Среднее за 2012–2016 гг.		Среднее за 2017–2020 гг.	
	ц	%	ц	%	ц	%	ц	%	ц	%
лещ	12,44	30,8	6,51	13,2	8,82	26,2	7,12	78,0	8,04	33,8
щука	0,40	1,0	0,62	1,3	2,52	7,5	0,32	3,5	2,23	9,4
окунь	1,98	4,9	2,53	5,1	2,95	8,8	0,28	3,1	4,49	18,9
плотва	18,48	45,7	31,30	63,4	11,58	34,4	1,14	12,6	3,98	16,7
густера	0,40	1,0	5,91	12,0	0,98	2,9	<0,01	0,1	0,04	0,2
карась	-	-	0,04	0,1	0,02	0,1	<0,01	0,1	0,02	0,1
линь	0,52	1,3	0,54	1,1	6,17	12,3	0,03	0,3	4,73	19,9
ерш	0,92	2,3	0,24	0,5	<0,01	<0,1	-	-	-	-
язь	-	-	0,02	<0,1	0,02	0,1	-	-	-	-
красноперка	-	-	-	-	0,09	0,3	-	-	-	-
угорь	1,54	3,8	1,28	2,6	0,45	1,3	0,24	2,6	0,14	0,6
ряпушка	3,30	8,2	0,36	0,7	-	-	-	-	-	-
«мелочь» 3 гр.	0,42	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Всего	40,40	100	49,38	100	33,64	100	9,13	100	23,77	100
Рыбопродукция, кг/га	2,9		3,6		2,4		0,7		1,7	



своеобразная компенсация ростовых показателей. Наблюдаемое явление может объясняться различной степенью обеспеченности и доступности пищи на разных этапах онтогенеза этого вида рыб применительно к рассматриваемым водоёмам [5, 7, 10, 11].

Исходя из определенных ранее величин запаса рыбного стада (по ситуации 2017 г.) и структуры промыслового вылова за последний период (табл. 1–4) определены средние величины промысловых запасов по щуке и судаку и степень их эксплуатации (табл. 5). Анализ табл. 5 предполагает недостаточное промысловое использование ресурсов рыб по рассматриваемым озерам. Промысловый запас щуки в озерах находится в пределах 2,7–5,2 кг/га, степень ее промысловой эксплуатации хотя и выше, нежели для других видов рыб, но не выходит за допустимые пределы. Очевидно, что невысокие величины запаса данного вида обусловлены селективным изъятием любительским рыболовством, степень воздействия которого в рамках данной статьи не рассматривается. Промысловый запас судака сформирован только в озерах Дривяты и Богинское, состояние ресурсов оценивается величинами 12,6–14,0 кг/га, что близко к нормальному состоянию для судачьих озер [5, 7, 14]. Степень промысловой эксплуатации ресурсов судака не превышает допустимых значений, состояние популяций следует признать удовлетворительным. Определенный рост ресурсов судака по сравнению со щукой может объясняться следствием проведенных ранее охранных мероприятий и меньшим селективным воздействием любительского вылова.

В рамках режимов ведения рыболовного хозяйства, предусмотренных рыбоводно-биологическими обоснованиями, администрацией парка за анализируемый период было проведено зарыбление ряда озер молодью хищных видов рыб. Также для повышения эффективности естественного воспроизводства на оз. Дривяты были осуществлены работы по реабилитации части литоральных нерестилищ фитофильных рыб (2002–2005 гг.). За неимением более ранних данных, приведены фактические объемы зарыбления за период с 2002 г. (табл. 6). Основным объемом зарыбления приходится на щуку, что связано с отработанной методикой получения ее посадочного материала в условиях действующих рыбхозов и его относительной доступности для потенциальных потребителей. Всего в анализируемые озера посажено 13590,2 тыс. экз. молоди щуки. Основная возрастная категория материала щуки — подращенные личинки, на долю которых приходится 99,5 % от общего



Таблица 5. Промысловый запас, фактический вылов и степень промысловой эксплуатации ресурсов рыб  
Table 5. Commercial stock, actual catch and extent of commercial exploitation of fish resources

Показатели	Единицы измерения	оз. Дривяты			оз. Бопинское			оз. Снуды		оз. Струсто	
		всего рыбного стада	щука	судак	всего рыбного стада	щука	судак	всего рыбного стада	щука	всего рыбного стада	щука
Промысловый запас	кг/га	66,9	2,7	12,6	70,0	3,6	14,0	50,0	2,9	55,0	5,2
Фактический промысловый вылов	кг/га	7,2	0,3	1,4	1,96	0,1	0,4	1,2	0,07	1,7	0,2
Степень промысловой эксплуатации	%	38,4	39,7	39,7	10,0	9,9	10,2	8,6	8,6	11,0	13,7



Таблица 6. Зарыбление озер и среднегодовой вылов судака и щуки  
Table 6. Lake stocking and average annual catch of walleye and pike

Годы	Водоём, га	Виды рыб	Посадочный материал и объёмы зарыбления, тыс. шт.			Вылов товарной рыбы, ц/% в уловах		
			личинки	разновозрастной	сеголетки	щука	судак	
2002-2006	Дривяты, 3370	щука	5475	0,348	40,23	13,4/2,7	6,1/1,2	
2016-2017		щука	485	-	-	14,2/2,6	34,3/6,3	
2020		щука	1000	-	-	6,9/2,7	44,2/17,3	
2005-2006	Снуды, 2248	щука	-	-	14,6	0,2/1,5	0,05/0,7	
2013		щука	-	-	1,3	0,6/3,9	-	
2018-2020		щука	800	-	-	2,0/6,4	-	
2003-2004	Богинское, 1510	щука	2295	-	-	1,3/2,3	-	
2004		судак	-	-	38,8	-	0,1/0,2	
2007-2011		щука	720	-	-	4,9/12,0	2,3/8,8	
2019-2020		щука	800	-	-	1,9/8,3	7,2/32,1	
2005	Струсто, 1379	щука	-	-	4,96	0,62/1,3	-	
2007-2011		щука	500	-	-	2,5/7,5	-	
2019-2020		щука	663,3	-	-	2,5/10,7	-	

числа высаженной молоди. В меньшем количестве использовали сеголетков — около 0,4 %, еще меньше разновозрастной материал — менее 0,1 %. Посадка судака на стадии сеголетка была произведена только в оз. Богинское (38,8 тыс. экз.). Принято считать, что зарыбление водоемов сеголетками дает лучшие результаты, нежели ранней молодью (личинками), хотя закупка посадочного материала и выращивание его до стадии сеголетка требует значительно больших затрат [16]. Вместе с тем, практика зарыбления анализируемых водоемов показывает определенную эффективность и при использовании подрощенных личинок. Сводные данные объемов зарыбления и вылова щуки и судака по анализируемым водоемам представлены в табл. 6. Наиболее наглядно наличие определенной зависимости между объемами и систематичностью зарыбления и динамики вылова можно наблюдать для щуки (рис. 1–4). Так, достаточно массированное зарыбление оз. Дривяты на рубеже 2002–2006 гг. позволило нарастить вылов щуки не только в указанный период времени, но и обеспечило ее улов в последующий пятилетний период. Сходная картина наблюдается по щуке и в других озерах, где вселение молоди сопровождается последующим ростом объемного

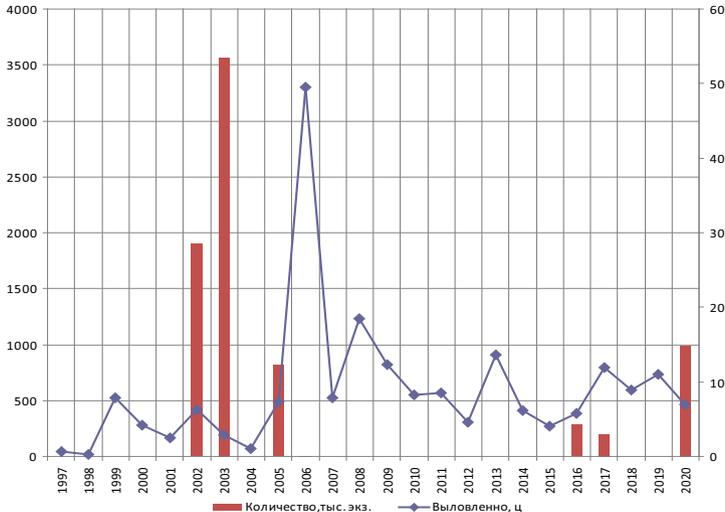


Рис. 1. Динамика объемов зарыбления и промыслового вылова щуки по оз. Дривяты

Fig. 1. Dynamics of the volume of stocking and commercial catch of pike on the lake Drivyaty

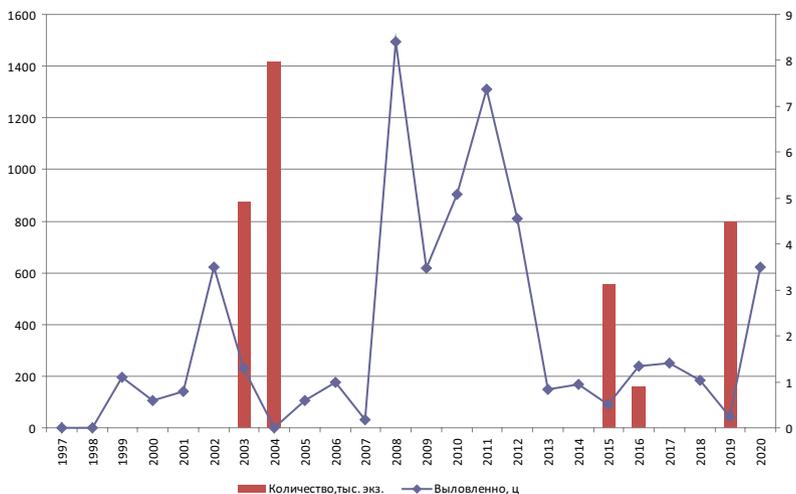


Рис. 2. Динамика объемов зарыбления и промыслового вылова щуки по оз. Богинское

Fig. 2. Dynamics of the volume of stocking and commercial catch of pike on the lake Boginskoe

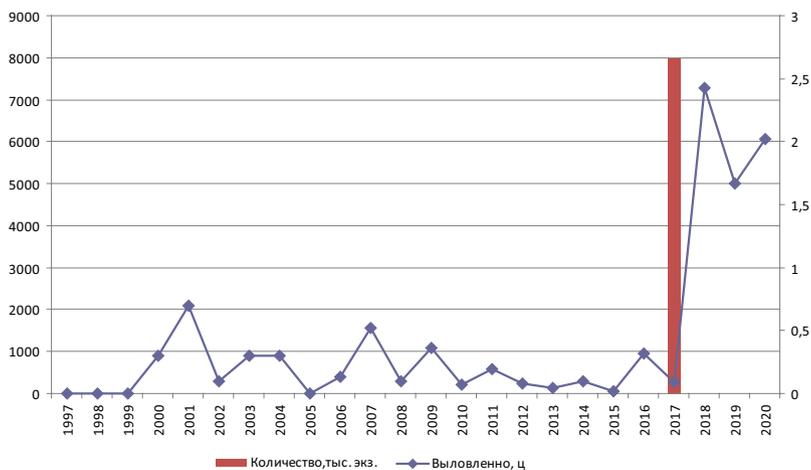


Рис. 3. Динамика объемов зарыбления и промыслового вылова щуки по оз. Снуды

Fig. 3. Dynamics of the volume of stocking and commercial catch of pike on the lake Snudy

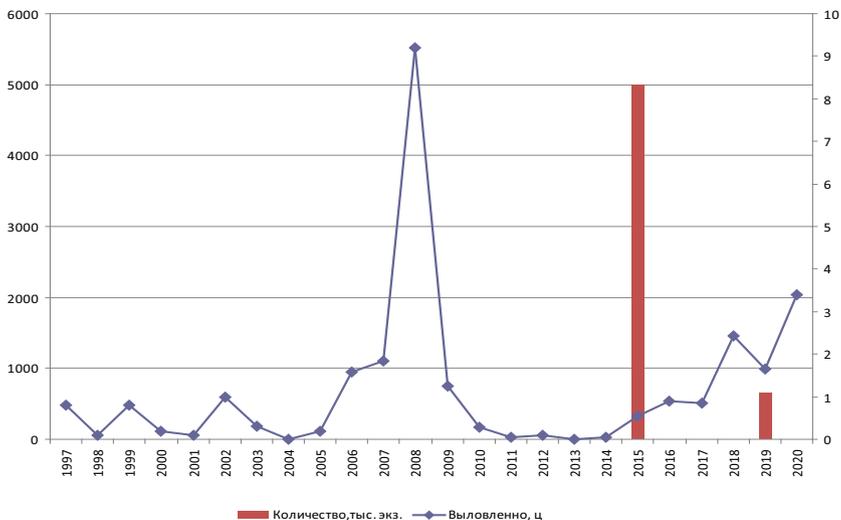


Рис. 4. Динамика объемов зарыбления и промыслового вылова щуки по оз. Струсто

Fig. 4. Dynamics of the volume of fish stocking and commercial catch of pike on the lake Strusto

и долевого роста в уловах этого вида. Прирост уловов судака в оз. Богинское в период после зарыбления как в абсолютных, так и в относительных величинах также мог быть обеспечен ростом численности популяции (в том числе за счет проведенного зарыбления). Таким образом, можно констатировать по ряду анализируемых озер наличие экономического и биологического эффекта от зарыбления молодь хищных рыб.

**Заключение.** 1. В структуре рыбного промысла озер национального парка «Браславские озера» по относительной и абсолютной численности доминируют карповые рыбы (прежде всего лещ и плотва). Доля крупных хищников (щука, судак), которая к моменту создания парка имела тенденцию к снижению практически по всем водоемам, в последующие годы стабилизировалась и несколько выросла.

2. Проведение в анализируемый период комплекса рыбоводно-мелиоративных мероприятий (зарыбление молодь хищных рыб, временный запрет на вылов, мелиорация нерестилищ) способствовало восстановлению их промыслового значения.



3. Популяции щуки и судака отличаются средней или невысокой численностью, достаточно высоким темпом роста и, в пределах анализируемой группы озер, относительно небольшой его флюктуацией.

4. Ресурсы щуки эксплуатируются более интенсивно, что не дает возможности существенного их нарастания. Основная причина — селективное воздействие любительского рыболовства. Ресурсы судака находятся в удовлетворительном состоянии и отвечают продукционным возможностям водоёмов.

5. Для поддержания численности ценных хищников целесообразно и далее осуществлять комплекс рыбоводно-мелиоративных мероприятий, включающих зарыбление и техническую мелиорацию. Зарыбление наиболее эффективно в целях увеличения ресурсов щуки, техническая мелиорация — в целях увеличения ресурсов как щуки, так и судака.

#### Список использованных источников

1. Боровик, Е.А. Рыбпромысловые озера Белоруссии / Е.А. Боровик. — Минск: Наука и техника, 1970. — 200 с.
2. Гладышев, М.И. Биоманипуляции как инструмент управления качеством воды в континентальных водоёмах (обзор литературы 1990–1999 гг.) / М.И. Гладышев // Биология внутренних вод. — 2001. — № 2. — С. 3–15.
3. Гладышев, М.И. Биоманипуляция «top-down» в небольшом сибирском водохранилище без дафний / М.И. Гладышев [и др.] // Сибирский экологический журнал. — 2006. — Т. 13, № 1. — С. 55–64.
4. Коновалов, А.Ф. Биоманипуляционный аспект акклиматизации судака в крупные озера Вологодской области / А.Ф. Коновалов // Трофические связи в водных сообществах и экосистемах: материалы междунар. конф. / Борок, ИБВВ. — Борок, 2003. — С. 55–56.
5. Костоусов, В.Г. Состояние запасов леща и судака в основных рыбопромысловых озерах Беларуси / В.Г. Костоусов [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. — Минск, 1996. — В. 14. — С. 213–230.
6. Костоусов, В.Г. Оценка зарыбления как фактора акклиматизации и пополнения рыбных запасов водоёмов / В.Г. Костоусов // Проблемы воспроизводства аборигенных видов рыб. — Киев. — 2005. — С. 98–101.
7. Кириленко, Л.В. Судак водоёмов Беларуси: биология и хозяйственное значение / Л.В. Кириленко, В.Г. Костоусов. — Минск, РУП «Институт рыбного хозяйства НАН Беларуси». — 2005. — 85 с.
8. Савина, Н.О. Рыбные ресурсы озер Белорусской ССР и перспективы их улучшения / Н.О. Савина // Тр. Белорусского отд. ВНИОРХ. — Минск, 1957, Т.1. — С. 71–103.



9. Сокровина, В.И. Промыслово-биологическая характеристика уловов рыбы в озере Снуды / В.И. Сокровина // Труды БелНИИРХ. — Минск, 1975, Т.ХІ: Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии. — С. 148—162
10. Штейнфельд, А.Л. Видовой и возрастной состав рыб в уловах озера Дривяты / А.Л. Штейнфельд // Труды БелНИИРХ. — Минск, 1969, Т.VI: Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии. — С. 220—225.
11. Штейнфельд, А.Л. Промыслово-биологическая характеристика уловов рыбы в озере Богоино / А.Л.Штейнфельд // Труды БелНИИРХ. — Минск, 1970, Т.VII: Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии. — С. 243—256.
12. Штейнфельд, А.Л. Состояние запасов и уловы рыб в оз. Дривяты / А.Л. Штейнфельд, Т.Г. Соболев // Биологическая продуктивность эвтрофного озера. — М.: Наука, 1970. — С. 150—164.
13. Carpenter, S.R. Consumer control of lake productivity / S.R. Carpenter, J.F. Kitchell // BioScience, 1988. — V. 38, № 11. — P. 764—769.
14. Zakes, Z. Effect of stocking earthen pond and lakes with pike (*Esox lucius*) and pikeperch (*Sabder lucioperca*) fingerlings reared in recirculating aquaculture systems / Z. Zakes // Restocking of fish resources and control of exploitation: matters of international conference 17-18<sup>th</sup> of September, 2015, Kaunas, Lithuania / Fisheries service. — Vilnius, 2015. — P. 35—36.
15. Z akwakultury do natury. Opracowanie alternatywnych metod zarzadzania rybolowstwem drapieznuch ryb jeziorowych / Z. Zakes [in.]: pod redakcja Z. Zakesia, M. Szczepkowskiego. — Olsztyn: IRS, 2015. — 224 s.
16. Howard, H.C. Behavior of northern pike fry related to pond culture/ H.C. Howard, R.E. Thomas // Progr. Fish. Culturist. — 1970. — V. 32, № 4. — P. 224—226.
17. Steffens, W. Hechtzucht / W. Steffens // Z. Binnenfischerei DDR. — 1976. — Jg. 23, № 12. — S. 360—371.

## References

1. Borovik E.A. *Rybpromyslovye ozera Belorussii* [Fishing lakes of Belarus]. Minsk: Nauka i tehnika, 1970. 200 p. (in Russian).
2. Gladyshev M.I. *Biomanipuljacji kak instrument upravlenija kachestvom vody v kontinental'nyh vodoemah (obzor literatury 1990—1999gg.)* [Biomanipulation as tool for management of water quality in inland waterbodies (literature review for 1990—1999)]. *Biologija vnutrennih vod.* [Biology of inland waters]. 2001. № 2. P. 3—15 (in Russian).
3. Gladyshev M.I. *Biomanipuljacija "top-down" v nebol'shom sibirskom vodohranilishhe bez dafnij* [«Top-Down» Biomanipulations in a Small Siberian Reservoir]. *Sibirskij jeologicheskij zhurnal* [Siberian ecological journal]. 2006. V. 13, № 1. P. 55—64 (in Russian).
4. Konovalov A.F. *Biomanipuljacionnyj aspekt akklimatizacii sudaka v krupnye ozera Vologodskoj oblasti* [Biomanipulation aspect of pike perch acclimatization in large lakes of the Vologda region]. *Troficheskie svyazi v vodnyh soobshhestvah i ekosistemah: materialy mezhdunar. konf./Borok, IBVV.* [Trophic links in aquatic communities



- and ecosystems: materials of the international. conf., / Borok, IBIW]. Borok, 2003. P. 55–56 (in Russian).
5. Kostousov V.G. *Sostojanie zapasov leshha i sudaka v osnovnyh rybopromyslovyyh ozerah Belarusi* [The state of stocks of bream and pike perch in the main fishing lakes of Belarus]. *Voprosy rybnogo hozjajstva Belarusi* [Belarus Fish Industry Problems]. Minsk, 1996, V. 14. S. 213–230 (in Russian).
  6. Kostousov V.G. Ocenka zaryblenija kak faktora akklimatizacii i popolnenija rybnyh zasasov vodoemov [Assessment of stocking as a factor of acclimatization and replenishment of fish stocks in water bodies]. *Problemy vosproizvodstva aborigennyh vidov ryb* [Reproduction problems of native fish species]. Kiev, 2005. P. 98–101 (in Russian).
  7. Kirilenko L.V., Kostousov V.G. *Sudak vodoemov Belarusi: biologija i hozjajstvennoe znachenie* [Pike perch of water bodies of Belarus: biology and economic importance]. Minsk, RUE «Fish Industry Institute NAS of Belarusi». 2005. — 85 p. (in Russian).
  8. Savina N.O. *Rybnye resursy ozer Belorusskoj SSR i perspektivy ih uluchshenija* [Fish resources of the lakes of the Byelorussian SSR and prospects for their improvement]. *Tr. Belorusskogo otd. VNIORH* [Proceedings of the Belarusian branch of USILF]. Minsk, 1957, V.I. P. 71–103 (in Russian).
  9. Sokrovina V.I. *Promyslovo-biologicheskaja harakteristika ulovov ryby v ozere Snudy* [Commercial and biological characteristics of fish catches in Lake Snudy]. *Trudy BelNIIRH. Minsk, 1975, V.XI: Voprosy rybnogo hozjajstva Belorussii* [Belarusian Fish Industry Problems], S. 148–162 (in Russian).
  10. Shtejnfel'd A.L. *Vidovoj i vozrastnoj sostav ryb v ulovah ozera Drivjaty* [Species and Age Composition of Fish in Catches of Lake Drivyaty]. *Trudy BelNIIRH. Minsk, 1969, T.VI: Voprosy rybnogo hozjajstva Belorussii* [Belarusian Fish Industry Problems], P. 220–225 (in Russian).
  11. Shtejnfel'd A.L. *Promyslovo-biologicheskaja harakteristika ulovov ryby v ozere Bogino* [Commercial and biological characteristics of fish catches in Lake Bogino]. *Trudy BelNIIRH. Minsk, 1970, T.VII: Voprosy rybnogo hozjajstva Belorussii* [Belarusian Fish Industry Problems], P. 243–256 (in Russian).
  12. Shtejnfel'd A.L., Sobol' T.G. *Sostojanie zasasov i ulovy ryb v oz. Drivjaty* [The state of stocks and catches of fish in the lake. Drivyaty]. *Biologicheskaja produktivnost' jevtrofnogo ozera* [Biological productivity of the eutrophic lake]. M., Nauka, 1970. S. 150–164 (in Russian).
  13. Carpenter, S.R., Kitchell J.F. Consumer control of lake productivity. *BioScience*, 1988, V. 38, № 11. R. 764–769.
  14. Zakes Z. Effect of stocking earthen pond and lakes with pike (*Esox lucius*) and pikeperch (*Sabder lucioperca*) fingerlings reared in recirculating aquaculture systems. Restocking of fish resources and control of exploitation: matters of international conference 17–18th of September, 2015, Kaunas, Lithuania / Fisheries service. Vilnius, 2015. P. 35–36.
  15. Zakes Z., Szczepkowskiego M. *Zakwakultury do natury. Opracowanie alternatywnych metod zarzadzania rybolowstwem drapieznuch ryb jezirowych*. Olsztyn: IRS, 2015, — 224 s.



16. Howard H.C., Thomas E. Behavior of northern pike fry related to pond culture. *Progr. Fish. Culturist*. 1970, V. 32, № 4. P. 224–226.
17. Steffens, W. Hechtzucht. *Z. Binnenfischerei DDR*. 1976, Jg. 23, № 12. S. 360–371.

### Сведения об авторах

*Костоусов Владимир Геннадьевич* — кандидат биологических наук, доцент, заместитель директора по научной работе, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: vkostousov@tut.by

*Прищепов Георгий Прокофьевич* — старший научный сотрудник лаборатории рыбоводства и рыболовства в естественных водоемах, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Попиначенко Таисия Ивановна* — научный сотрудник лаборатории рыбоводства и рыболовства в естественных водоемах, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lablakeirh@gmail.com

### Information about authors

*Kostousov Vladimir Gennadevich* — Ph.D. of Biological Sciences, associate professor, deputy director of science of RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: vkostousov@tut.by

*Prishepov Georgy Prokofievich* — senior researcher, laboratory of fish farming and fisheries in natural waters of RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Popinachenko Taisia Ivanovna* — researcher, laboratory of fish farming and fisheries in natural waters of RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: lablakeirh@gmail.com



**В.Г. Костоусов, Т.И. Попиначенко, В.Д. Сенникова, О.Д. Апсолихова**

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

## **ФИТОПЛАНКТОН РЕКРЕАЦИОННЫХ И ГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ Г. МИНСКА**

**Аннотация:** Рассмотрен состав и количественное развитие фитопланктона в системе городских и рекреационных водоемов г. Минска. Установлено, что видовое разнообразие представлено 45 таксонами водорослей, относимых к 6 отделам. Наиболее обильно представлены диатомовые, зеленые и сине-зеленые водоросли, прочие отмечены 1–3 таксонами. Биоразнообразие форм по отдельным створам наблюдений колебалась в пределах 5–18 видов и определялось гидрологическими и гидрохимическими условиями. Наименьшее разнообразие форм было характерно для интенсивно «цветущих» водохранилищ, что свидетельствует о том, что «цветение» вызывается небольшим количеством определенных видов в периоды их массового развития. В динамике количественного развития фитопланктона по анализируемым створам водоемов системы р. Свислочь максимальные показатели установлены для второго в ряду вдхр. Крыница и на не зарегулированных участках протекания в черте г. Минска. Последнее может объясняться различием в скорости самоочистки воды на зарегулированных и не зарегулированных участках при установленном объеме поступления. В створах по Слепянской водной системе отмечается закономерный рост показателей количественного развития фитопланктона по направлению от верхних к нижним, что может объясняться эффектом накопления при незначительном их различии в части гидрологического режима. Не нашло подтверждения предположение о негативном влиянии потенциально токсичных цианобактерий, поскольку последние были выявлены как на участках протекания, где ранее была зафиксирована гибель рыб, так и на тех участках, где таковой не было отмечено.

**Ключевые слова:** водоемы, водотоки, фитопланктон, цианобактерии, качественный состав, количественные показатели



V.G. Kostousov, T.I. Popinachenko, V.D. Sennikova, O.D. Apsolikhova

*RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry», Minsk, Belarus*

## PHYTOPLANKTON OF RECREATION AND URBAN WATER WATERS IN MINSK

**Abstract:** The composition and quantitative development of phytoplankton in the system of urban and recreational water bodies in Minsk is considered. It was found that the species diversity is represented by 45 taxa of algae belonging to 6 divisions. The most abundant are diatoms, green and blue-green algae, others are noted by 1–3 taxa. The biodiversity of forms in individual observation sections ranged from 5 to 18 species and was determined by hydrological and hydrochemical conditions. The smallest variety of forms was characteristic of intensively «blooming» reservoirs, which indicates that «blooming» is caused by a small number of certain species during the periods of their mass development. In the dynamics of the quantitative development of phytoplankton along the analyzed sections of water bodies of the R. Svisloch maximum indicators are set for the second in the row of water tanks. Krynitsa and in unregulated flow areas within the city of Minsk. The latter can be explained by the difference in the rate of self-purification of water in regulated and unregulated areas with a set volume of inflow. In the sections along the Slepnyanka water system, there is a regular increase in the indicators of the quantitative development of phytoplankton in the direction from the upper to the lower, which can be explained by the effect of accumulation, with their insignificant difference in terms of the hydrological regime. The hypothesis about the negative impact of potentially toxic cyanobacteria was not confirmed, since the latter were detected both in the areas of occurrence, where the death of fish was previously recorded, and in those areas where such was not noted.

**Keywords:** reservoirs, streams, phytoplankton, cyanobacteria, qualitative composition, quantitative indicators

**Введение.** Участвовавшие случаи летней немотивированной гибели рыб в городских и рекреационных водоемах г. Минска позволили высказать предположение о возможном воздействии комплекса факторов внешней среды, негативно влияющих на отдельные виды рыб, в том числе уровней количественного развития фитопланктона («цветения») и значения в его составе потенциально токсичных цианобактерий. Для проверки предположения в летний период 2021 г были проведены отборы материала и анализ качественного и количественного развития фитопланктона в системе водохранилищ по р. Свислочь, в самой реке



на не зарегулированных участках ее протекания в черте г. Минска, а также в Слепянской водной системе, связывающей Цнянское и Чижовское водохранилища через канализированное русло р. Слепя и каскад городских прудов. Сбор и обработку материала проводили по стандартным методикам гидробиологических исследований [1, 2]. Расположение анализируемых водных объектов и контрольных створов на них представлено на рис. 1.

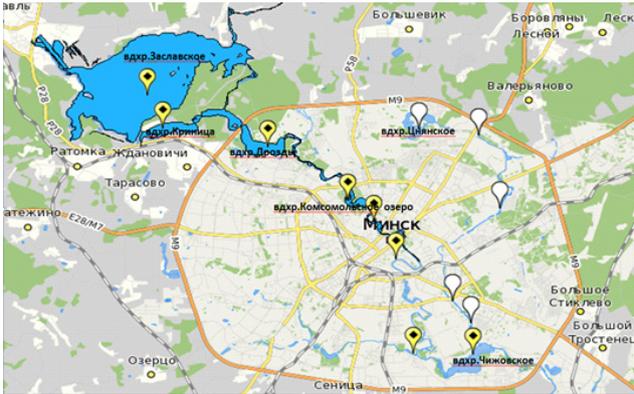


Рис. 1. Точки отбора проб по водным объектам г. Минска  
Fig. 1. Sampling points for water bodies in Minsk

**Обсуждение результатов.** Сообщество планктонных водорослей было представлено таксонами основных систематических групп, определяющих интенсивность «цветения» водоемов. Всего по водоемам системы р. Свислочь выявлено наличие 44 таксонов водорослей, относимых к 6 отделам. Наиболее разнообразно представлены диатомовые (20), зеленые (9) и сине-зеленые (9) водоросли, в меньшем составе выявлены пиррофитовые (3), эвгленовые (2) и золотистые (1) (табл. 1). По водоемам Слепянской водной системы установлено наличие 28 таксонов, относимых к 6 отделам, в том числе диатомовые (11), зеленые (6), сине-зеленые (5), пиррофитовые (3), эвгленовые (2), золотистые (1) (табл. 1).

Применительно отдельных водоемов системы р. Свислочь биоразнообразию планктонных водорослей представлено 6-18 таксонами. Наибольшим разнообразием видов характеризовались створы 1, 2, 3 по р. Свислочь с преобладающим значением зеленых и сине-зеленых; тогда как в водохранилищах доминировали диатомовые водоросли (табл. 2).

Наименьшее разнообразие форм было установлено для интенсивно «цветущих» водохранилищ — Заславское, Комсомольское озеро, Чижовское. Последний факт свидетельствует о том, что «цветение» вызывается небольшим количеством определенных таксонов в периоды их массового развития [3, 4].

Биоразнообразие фитопланктона по створам системы р. Слепня было представлено 5–13 таксонами. Здесь также отмечается преобладание зеленых и сине-зеленых в створах канала, тогда как в вдхр. Цнянское — диатомовых (табл. 3).

Таблица 1. Состав и встречаемость видов водорослей, 2021  
Table 1. Composition and occurrence of algae species, 2021

№ п/п	Вид и отдел водорослей	Водоёмы р. Свислочь							Водоёмы р. Слепня					
		вдхр. Заславское	вдхр. Криница	вдхр. Дрозды	вдхр. Комсомольское озеро	створ 1р. Свислочь	створ 2 р. Свислочь	створ 3р. Свислочь	вдхр. Чижовское	вдхр. Цнянское	створ 1 канал	створ 2 канал	створ 3 канал	створ 4 канал
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	<b>Зеленые</b>													
1	Scenedesmus quadricauda	+	+	-	+	+		+	+	+	+	+	-	-
2	Sc. obliquus	-	-	-	-		+		-	-	-	-	-	+
3	Coelastrum microporum	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
4	Dictyosphaerium pulchelum	-	-	-	-		+		-	-	-	-	-	-
5	Tetrastrum glabrum	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
6	Phacotus lenticularis	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-
7	Pediastrum duplex	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Kirchneriella lunaris	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
9	Ankistrodesmus agustus	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
	<b>Всего</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
	<b>Сине-зеленые</b>													
10	Microcystis aeruginosa	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+



Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
11	<i>Microcystis</i> sp.	-	+			+	+	-	-	-	+	+	+	+
12	<i>Gloeocapsa turgida</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	
13	<i>Aphanizomenon flos — aquae</i>	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
14	<i>Anabaena flos-aquae</i>	+	-	-	-	+	+		-	-	-	-	-	-
15	<i>Anabaena spiroides</i>	-	-	-	-		+		-	-	-	-	-	-
16	<i>Aphanothece clathrata</i>	+	-	-	-		+		-	-	-	-	-	-
17	<i>Oscillatoria amoena</i>	-	-	-	-		+	+	-	-	-	-	+	-
18	<i>Spirulina</i> sp.	-	-	-	-		+		-					
19	<i>Merismopedia</i> sp.											+	+	+
	<b>Всего</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
	<b>Диатомовые</b>													
20	<i>Navicula</i> sp.	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-
21	<i>Tabellaria flocculosa</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	<i>Tabellaria fenestrata</i>	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	<i>Gomphonema</i> sp.	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
24	<i>Nitzshia</i> sp.	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
25	<i>Nitzshia acicularis</i>	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-
26	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
27	<i>Stephanodiscus astraea</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
28	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
29	<i>Cyclotella comta</i>	-	-	+	-			-	+	-	-	-	-	-
30	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
31	<i>Pinnularia</i> sp.	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	<i>Amphora ovalis</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
33	<i>Melosira granulata</i>	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-
34	<i>Melosira varians</i>	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
35	<i>Synedra acus</i>	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-
36	<i>Synedra ulna</i>	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
37	<i>Cocconeis pediculus</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	<i>Cymbella</i> sp.	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-



Окончание табл. 1

39	<i>Diatoma vulgare</i>	-	-	-	-	-	-	-	+		-	-	-	-
	<b>Всего</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
	<b>Пирофитовые</b>													
40	<i>Peridinium</i> sp.	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+
41	<i>Cryptomonas marssonii</i>	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+
42	<i>Phodomonas pusilla</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
	<b>Всего</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
	<b>Эвгленовые</b>													
	<i>Trachelomonas volvocina</i>	-	+	-	-	+		+	-	-	-	-	-	+
43	<i>Euglena viridis</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
44	<i>Phacus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
	<b>Всего</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	<b>Золотистые</b>													
45	<i>Dynobryon divergens</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
	<b>Всего</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
	<b>Итого, таксонов</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>13</b>

Примечание: + — установлено наличие; - — наличие не установлено

В системе р. Свислочь максимальные показатели численности и биомассы зафиксированы в вдхр. Криница (4843,8 тыс.экз./л и 31,24 мг/л), створах 1 (4656,3 тыс.экз./л и 9,37 мг/л), 2 (8812,5 тыс.экз./л и 67,71 мг/л), и 3 (4187,5 тыс.экз./л и 15,57 мг/л) (табл. 2, рис. 1, 2). В этих же створах доминировали и сине-зеленые, составляя от численности 59,4 %, 67,1 %, 66, 0 % и 32,8 % соответственно. Сине-зеленые водоросли также доминируют и в вдхр. Заславское, составляя 41,2 % от численности и 50 % от биомассы. В вдхр. Криница, створах 1 и 2 по р. Свислочь зафиксированы более высокие концентрации потенциально токсичных форм цианобактерий из р. *Microcystis*. Диатомовые водоросли доминировали по численности и биомассе в вдхр. Дрозды (81,8 % и 63,9 %), Комсомольское озеро (88,9 % и 91,6 %) и Чижовское (66,7 % и 75,8 %) соответственно (табл. 2). В динамике количественного развития водорослей наблюдается сходная картина: как численность водорослей, так и их биомасса в системе наблюдаемых створов имела два пика — вдхр. Криница и створы на не зарегулированном участке


 Таблица 2. Качественный состав фитопланктона водоемов системы р. Свислочь  
 Table 2. Qualitative composition of phytoplankton of reservoirs of the Svisloch river system

Отдел	вдхр. Заслав-ское		вдхр. Криница		вдхр. Дрозды		вдхр. Комсо-мольское озеро		створ 1 р. Свислочь		створ 2 р. Свислочь		створ 3 р. Свислочь		вдхр. Чижов-ское					
	Число таксонов	Биомасса, мг/л экз./л	Число таксонов	Биомасса, мг/л экз./л	Число таксонов	Биомасса, мг/л экз./л	Число таксонов	Биомасса, мг/л экз./л	Число таксонов	Биомасса, мг/л экз./л	Число таксонов	Биомасса, мг/л экз./л	Число таксонов	Биомасса, мг/л экз./л	Число таксонов	Биомасса, мг/л экз./л	Число таксонов	Биомасса, мг/л экз./л		
Зеленые	2	187,5	4	156,3	-	-	1	125,0	3	343,8	6	500,0	4	437,5	2	437,5	2	1,94		
Синие-зеленые	2	437,5	3	2875	1	125,0	-	-	3	3125,0	7	5812,5	2	1375,0	-	0	0	4,07	0	
Диатомовые	1	375,0	4	1750	13	1125,0	7	1000,0	4	937,5	4	1625,0	3	1437,5	7	875,0	4,88	2,12	2,12	
Пиренофитовые	1	62,5	1	62,5	0	0	0	0	2	125,0	1	875,0	2	562,5	-	0	0	2,47	2,47	
Эвгленовые	-	0	1	62,5	0	0	0	0	1	125,0	-	0	2	375,0	-	0	0	4,97	4,97	
Золотистые	-	0	0	0	1	125,0	-	0	0	0	-	0	-	0	-	0	0	0	0	0
<b>Итого:</b>	<b>6</b>	<b>1062,5</b>	<b>13</b>	<b>4843,6</b>	<b>15</b>	<b>1375,0</b>	<b>8</b>	<b>1125,0</b>	<b>13</b>	<b>4656,3</b>	<b>18</b>	<b>8812,5</b>	<b>13</b>	<b>4187,5</b>	<b>9</b>	<b>1312,5</b>	<b>6,44</b>	<b>15,57</b>	<b>15,57</b>	<b>6,44</b>



Таблица 3. Качественный состав фитопланктона водоемов Слепянской водной системы  
Table 3. Qualitative composition of phytoplankton of reservoirs of the Slepyan water system

Отдел	вдхр. Цнянское			створ 1 канала			створ 2 канала			створ 3 канала			створ 4 канала		
	Число таксонов	Численность, тыс. экз./л	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Численность, тыс. экз./л	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Численность, тыс. экз./л	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Численность, тыс. экз./л	Биомасса, мг/л	Число таксонов	Численность, тыс. экз./л	Биомасса, мг/л
Зеленые	1	125,0	0,47	2	250,0	0,20	1	375,0	0,97	1	750,0	1,03	3	1250,0	5,50
Сине-зеленые	1	375,0	4,69	2	1250,0	4,24	3	5625,0	16,13	4	1750,0	4,7	3	8375,0	33,01
Диатомовые	9	1188,0	2,83	1	1500,0	1,50	2	2125,0	4,15	2	2500,0	2,52	2	3375,0	12,08
Пиррофитовые	-	0	0	-	0	0	2	1125,0	0,19	-	0	0	2	125,0	0,09
Эвгленовые	-	0	0	-	0	0	-	0	0	1	125,0	0,36	2	375,0	0,68
Золотистые	1	1000,0	0,90	-	0	0	-	0	0	-	0	0	1	125,0	0,11
<b>Итого:</b>	<b>12</b>	<b>2688,0</b>	<b>8,89</b>	<b>5</b>	<b>3000,0</b>	<b>5,94</b>	<b>8</b>	<b>9250,0</b>	<b>21,44</b>	<b>8</b>	<b>5125,0</b>	<b>8,61</b>	<b>13</b>	<b>13625,0</b>	<b>51,47</b>



р. Свислочь. Последнее можно объяснить тем, что относительно загрязненная (как по соединениям азота, так и по минеральному фосфору) и богатая биогенами вода из вдхр. Заславское поступает в нижерасположенное вдхр. Крыница, которое существенно меньше по площади водного зеркала и объему водных масс. Поступление достаточно больших объемов воды формирует рост показателей количественного развития водорослей (рис. 2, 3), но далее по системе идут процессы самоочищения, и вновь рост загрязнителей отмечается уже на не зарегулированных участках основного водотока. Последнее, вероятно, связано со снижением самоочищающей способности из-за меньшей степени развития русла и возможного наличия поверхностного стока по дождевым коллекторам [5]. В целом картина по минеральному составу воды в системе водохранилищ р. Свислочь (вдхр. Заславское → вдхр. Крыница → вдхр. Дрозды → вдхр. Комсомольское озеро → створы 1, 2, 3 на р. Свислочь → вдхр. Чижовское) имеет накопительный характер, что подтверждается фактом роста жесткости воды и содержания в ней солей кальция и магния.

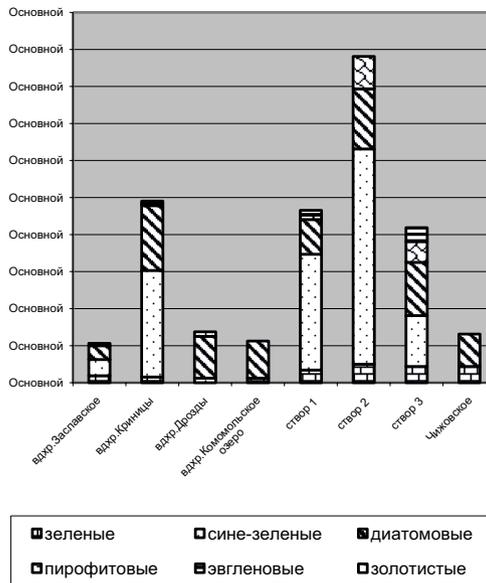


Рис. 1. Численность фитопланктона системы р.Свислочь, тыс.экз./л  
 Fig. 1. The abundance of phytoplankton in the Svisloch river system, thousand ind./l

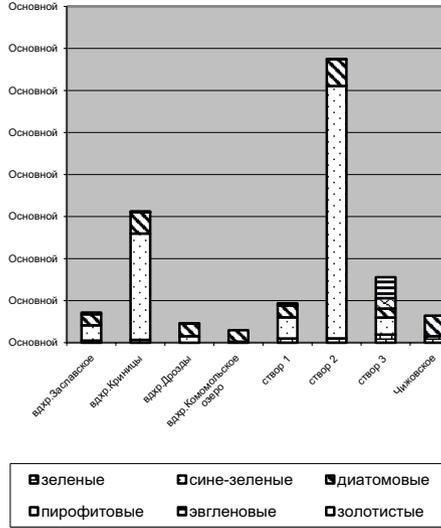


Рис. 2. Биомасса фитопланктона системы р.Свислочь, мг/л  
 Fig. 2. Phytoplankton biomass of the Svisloch River system, mg / l

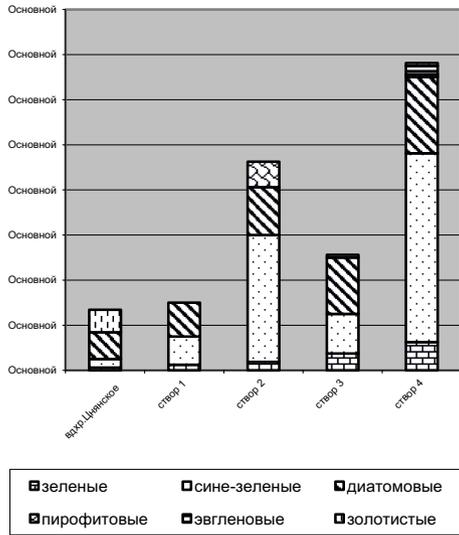


Рис. 3. Численность фитопланктона водотоков  
 Слепянской водной системы, тыс.экз./л  
 Fig. 3. The abundance of phytoplankton in the r.Slepnyia, thousand ind./l

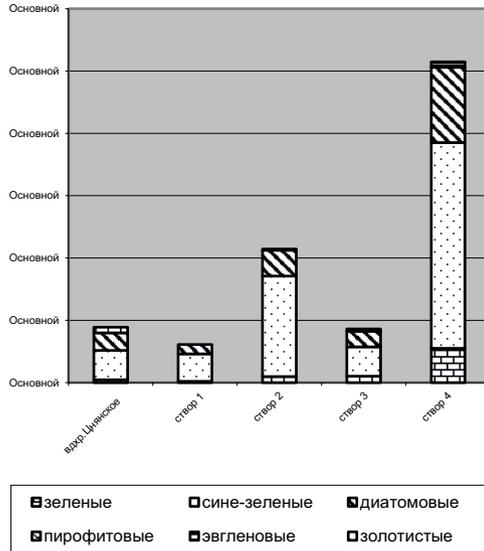


Рис. 4. Биомасса фитопланктона водотоков Слепянской водной системы, мг/л  
 Fig. 4. Phytoplankton biomass system p. Slepnya, mg / l

С увеличением минерализации и общей жесткости отмечено увеличение значений относительной численности диатомовых. Известно, что повышение концентраций общего железа негативно сказывается на развитии этой группы водорослей [6], что и подтверждается нашими данными. По количественному развитию фитопланктона воды р. Свислочь и ее водохранилищ на рассматриваемом участке протекания можно охарактеризовать как  $\alpha$ -мезосапробные, а в створе 2 в черте города — как полисапробные [7].

В системе р.Слепня отмечена картина постепенного возрастания численности фитопланктона от начального к конечному створам. Минимальные значения установлены для вдхр. Цнянское, где численность фитопланктона составила 2688 тыс.экз./л; в створах 1, 2, 3 численность увеличивалась и достигала максимальных показателей к створу 4 — 13625,0 тыс.экз./л (табл. 3, рис. 3). Минимальные показатели биомассы отмечены в створе 1 — 5,94 мг/л, максимальные — также в створе 4 — 51,47 мг/л (табл. 3, рис. 4). Во всех исследованных створах наблюдений сине-зеленые доминировали по биомассе (от 52,8 % до 75,2 %), но в вдхр. Цнянское, створах 1 и 3 по численности отмечено преобладание



диатомовых (рис. 3, 4). Такое распределение может быть обусловлено тем фактором, что в канализированном русле р. Слепня не наблюдаются существенных различий по створам в степени зарастания макрофитами или развитии рипальной зоны, выступающими существенными факторами в самоочистке вод [5]. Воды р. Слепня по количественному развитию фитопланктона можно охарактеризовать как  $\alpha$ - мезосапробные, а в створе 4 — как полисапробные [7].

**Заключение.** 1. Состав планктонных сообществ по рассматриваемым створам представлен рядом таксонов водорослей, определяющих уровень развития и интенсивность «цветения» воды. Доминирующее значение на момент обследования приобрели сине-зеленые водоросли (цианобактерии), помимо них существенное значение имели диатомовые водоросли.

2. По видовому разнообразию в водохранилищах доминировали диатомовые водоросли, в створах рек Свислочь и Слепня — зеленые и сине-зеленые водоросли.

3. Уровни количественного развития водорослей определяются слагающими гидрологическими условиями и интенсивностью протекающих процессов самоочистки. В системе водоемов по р. Свислочь максимальные значения выявлены для вдхр. Крыница и не зарегулированных створов р. Свислочь, минимальные — для срединных водохранилищ Дрозды и Комсомольское озеро. В Слепянской водной системе минимальные значения выявлены на верхнем (ниже вдхр. Цнянское) створе, максимальные — на нижнем створе, что подчеркивает накопительный характер динамики развития.

4. Не нашло подтверждения предположение о токсическом воздействии массового развития сине-зеленых водорослей, поскольку гибель рыбы в прежние годы была отмечена как на участках с высоким удельным значением микроцистин, так и на участках с их низким значением. Последнее дает основание предполагать комплексный характер причин гибели рыбы.

### Список использованных источников

1. Усачев, П.И. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона / П.И. Усачев // Тр. ВГБО, –1961. — В.ХІ. — С. 411–415.
2. Плотников, Г.К. Сборник классических методов гидробиологических исследований для использования в аквакультуре / Г.К. Плотников [и др.]. — Даугавпилс, Академическое изд-во Даугавпилского университета «Сауле», 2017. — С. 80–99.



3. Рябушко, Л.И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна / Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. — 288 с.
4. Михеева, Т.М. Цианобактерии и цианотоксины в планктоне зарегулированных водохранилищ и на городском отрезке реки Свислочь (Беларусь) / Т.М. Михеева, О.И. Белых, Е.Г. Сороковикова, А.С. Гладких, С.А. Потапов // ISEU. Экологический вестник. — 2011. — № 4 (18). — С. 30–37.
5. Биологические процессы и самоочищение на загрязненном участке реки (на примере верхнего Днепра) / А.П. Остапеня [и др.]; под ред. Г.Г. Винберга. — Минск, БГУ. 1973. — 192 с.
6. Городничев, Р.М. Взаимосвязь состава диатомовых комплексов, морфометрических и гидрохимических характеристик озерных экосистем севера Якутии: дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук ФГАОУ высшего профессионального образования Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Амосова, Якутск, 2015. — Режим доступа: <https://www.s-vfu.ru/upload/iblock/b69/b694a353a3ca26e34c93227472e565b6.pdf>.
7. Оксийук, О.П. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О.П. Оксийук [и др.] // Гидробиологический журнал, 1993, Т. 29, № 4. — С. 62–76.

## Reference

1. Usachev P.I. Kolichestvennaja metodika sbora i obrabotki fitoplanktona. Tr. VGBO. 1961, V.XI. S. 411–415.
2. Plotnikov G.K. Sbornik klassicheskikh metodov gidrobiologicheskikh issledovanij dlja ispol'zovanija v akvakul'ture. Daugavpils, Akademicheskoe izd-vo Daugavpilskogo universiteta «Saule», 2017. S. 80–99.
3. Rjabushko L.I. Potencial'no opasnye mikrovodorosli Azovo-Chernomorskogo bassejna. Institut biologii juzhnyh morej im. A.O. Kovalevskogo NAN Ukrainy. Sevastopol': JeKOSI-Gidrofizika, 2003. 288 s.
4. Miheeva T.M., Belyh O.I., Sorokovikova E.G., Gladkih A.S., Potapov S.A. Cianobakterii i cianotoksiny v planktone zaregulirovannyh vodohranilishh i na gorodskom otrezke reki Svisloch' (Belarus'). ISEU. Jekologicheskij vestnik. 2011, № 4 (18). S. 30–37.
5. Ostapenja A.P. Biologicheskie processy i samoochishhenie na zagrizannom uchastke reki (na primere verhnego Dnepra). Minsk, BGU. 1973. 192 s.
6. Gorodnichev R.M. Vzaimosvjaz' sostava diatomovyh kompleksov, morfometricheskikh i gidrohimicheskikh harakteristik ozernyh jekosistem severa Jakutii: dis. na soiskanie uchenoj stepeni kand. biol. nauk FGAOU vsshego professional'nogo obrazovanija Severo-vostochnyj federal'nyj universitet im. M.K. Amosova, Jakutsk, 2015. — Rezhim dostupa: <https://www.s-vfu.ru/upload/iblock/b69/b694a353a3ca26e34c93227472e565b6.pdf>.
7. Oksijuk O.P. Kompleksnaja jekologicheskaja klassifikacija kachestva poverhnostnyh vod sushi. Gidrobiologicheskij zhurnal, 1993, T. 29, №4. S. 62–76.

**Сведения об авторах**

*Костюсов Владимир Геннадьевич* — кандидат биологических наук, доцент, заместитель директора по научной работе, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: vkostousov@tut.by

*Сенникова Виолетта Дмитриевна* — старший научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Попиначенко Таисия Ивановна* — научный сотрудник лаборатории рыбоводства и рыболовства в естественных водоемах, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lablakeirh@gmail.com

*Апсольихова Ольга Дмитриевна* — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории рыбоводства и рыболовства в естественных водоемах, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lablakeirh@gmail.com

**Information about authors**

*Kostousov Vladimir Gennadevich* — Ph.D. of Biological Sciences, associate professor, deputy director of science of RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: vkostousov@tut.by

*Sennikova Violetta Dmitrievna* — Senior Researcher of the Laboratory of Pond and Industrial Fish Farming of RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Popinachenko Taisia Ivanovna* — researcher, laboratory of fish farming and fisheries in natural waters of RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: lablakeirh@gmail.com

*Apsolikhova Olga Dmitrievna* — Ph.D. of Biological Sciences, leading Researcher of the Laboratory of Fish Farming and Fisheries in Natural of RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by



А.С. Полетаев, Е.С. Гайдученко, В.К. Ризевский, А.В. Лещенко

Научно-практический центр по биоресурсам,  
Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРАСЯ СЕРЕБРЯНОГО ОЗЕРА ЧЕРВОНОЕ

**Аннотация:** Озеро Червоное (Житковичский р-н Гомельской обл.) является одним из водоёмов, послуживших центрами распространения карася серебряного на территории Беларуси в ходе его акклиматизации. По литературным данным, популяция карася серебряного в данном водоёме была представлена однополой гиногенетической формой. Наши исследования показывают, что за время обитания карася серебряного в оз. Червоное репродуктивная биология данной популяции претерпела кардинальные изменения, приведшие к переходу от гиногенетического к амфимиктического типу размножения. На сегодняшний день популяция карася серебряного оз. Червоное представлена диплоидной оболупой амфимиктической формой. Соотношение полов в популяции составляет 1♀:1,14♂. Наблюдаемые значения меристических признаков типичны для рыб комплекса *C. auratus s. lato*, наибольшее сходство наблюдается с *C. gibelio*. Кариотип составляет 100 хромосом, что типично для диплоидной формы карася серебряного. Причинами смены типа воспроизводства популяции карася серебряного оз. Червоное являются невозможность существования гиногенетической популяции в отсутствие потенциальных доноров сперматозоидов и регулярные зимние заморы в данном водоёме, обеспечивающие эволюционное преимущество амфимиктического размножения. Меристическая характеристика карася серебряного оз. Червоное, в отличие от организации кариотипа, не претерпела изменений за время существования данной популяции. Генетической основой перехода, по всей видимости, стало постепенное увеличение доли диплоидных особей в результате действия естественного отбора, не затронувшее свойственной для данной популяции морфологии особей.

**Ключевые слова:** ихтиология, карась серебряный, размножение, гиногенез, кариотип, половой состав, меристика, фенетика



A.S. Poletaev, H.S. Gajduchenko, V.K. Rizevsky, A.V. Leschenko

*Scientific and practical center for bioresources, National academy of sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

## BIOLOGICAL FEATURES OF THE CHERVONOE LAKE GOLDFISH

**Abstract:** The Chervonoe lake situated in Zhitkovichi district of Gomel region is the crucial water object in the goldfish (*C. auratus* s. lato) acclimation history in Belarus. The lake with the Beloe and Krasnaya Zorka fisheries located nearby was one of the goldfish distribution centers since 1948. Initially the goldfish population in the lake was represented by the unisexual gynogenetic form. Our study shows that the reproductive biology of this population changed drastically and nowadays the Chervonoe lake goldfish is represented by diploid bisexual amphimictic form (observed sex ratio was 1♀:1,14♂). The meristic traits' values observed are typical for the *C. auratus* s. lato complex fishes, with the highest similarity shown with *C. gibelio*. The karyotype of the all specimens studied (n=12) contained 100 chromosomes that is typical for the diploid forms of goldfish. We claim the two main reasons caused the changes in the Chervonoe lake goldfish population reproductive biology. The first one is the lack of potential sperm donors required for the unisexual reproduction caused by the extinction in the lake of a number of Cyprinidae species able to inseminate the gynogenetic goldfish eggs (crucian carp, common carp, tench, bream, ide and rudd) by 1966 due to water level lowering, reproduction conditions degradation, winter fish-kills increase and sharp reduction of the forage base. The second reason are the regular winter fish-kills in the lake (approximately 1 time in 10 years) that provide the bisexual amphimictic population sustainability due to presence of males providing genetic exchange within the population. In contrast, the meristic traits of the population weren't changed since 1950s-1960s. The most likely genetic base of the reproductive strategy change was the gradual increase of diploid specimens share throughout the process of natural selection with the inherent morphology wasn't affected.

**Keywords:** ichthyology, goldfish, *Carassius auratus* s. lato, reproduction, gynogenesis, karyotype, sex composition, meristics, phenetics

**Введение.** Современное повсеместное распространение карася серебряного (*Carassius auratus* s. lato) в водных объектах Беларуси — результат его целенаправленной акклиматизации, начатой в 1948 г. с целью увеличения рыбопродуктивности водоёмов республики [1]. На ранних этапах важнейшим местом опытных работ по интродукции карася серебряного было озеро Червоное (Житковичский р-н Гомельской



обл.), которое многократно зарыбляли посадочным материалом из разных источников.

В 1948 г. в БССР был завезён посадочный материал карася серебряного *C. auratus gibelio* (*C. gibelio* по актуальной систематике [2]) из двух источников: напрямую из бассейна р. Амур — 1000 экз. обоуполой формы, а также из Саввинского рыбопитомника (Московская обл. РСФСР) — 1200 экз. однополой формы, полученных в результате осеменения икры гиногенетических самок серебряного карася спермой сазана. Из первой партии от 200 до 400 экз. были выпущены в оз. Червоное, а оставшиеся дали в условиях рыбхоза потомство в количестве 100000 экз. сеголеток. Из второй партии 480 годовиков и 150 производителей были завезены в рыбхозы «Белое» и «Красная Зорька», где дали потомство в количестве 20000 сеголеток (данные об оставшейся части этой партии карася отсутствуют). Потомство обеих групп производителей использовали для зарыбления водоёмов Беларуси, из которых наиболее активно зарыбляли оз. Червоное. В период с 1948 по 1955 в него было выпущено 47,3 тыс. производителей, 311 тыс. годовиков и 1411 тыс. сеголеток карася серебряного (суммарная плотность посадки 404 экз./га) [1]. Исследования биологии карася серебряного оз. Червоное проводились по прошествии разных периодов времени после его интродукции в водоём представляет значительный интерес для ретроспективного исследования адаптации карася серебряного к условиям водоёмов Беларуси.

Озеро Червоное расположено в бассейне р. Бобрик (левый приток I порядка р. Припять). Площадь озера 40,82 км<sup>2</sup>, максимальная глубина 2,9 м, средняя — 1,5 м. Мелководье обширное, участками торфянистое, песчаное и песчано-илистое, глубже дно выстлано сапропелем. Зарастает умеренно. Относится к дистрофным заморным озерам, по рыбохозяйственной классификации — карасёво-линёвое. Характеризуется постоянным дефицитом кислорода, высокой цветностью и низкой прозрачностью воды [3, 4]. В озере обитают карась серебряный, плотва *Rutilus rutilus*, густера *Blicca bjoerkna*, уклейка *Alburnus alburnus*, вьюн *Misgurnus fossilis*, окунь *Perca fluviatilis*, ёрш *Gymnocephalus cernuus*, щука *Esox lucius* и др. виды рыб. Среднегодовой вылов карася серебряного составляет 20,84 кг/га, что составляет 71,3 % от общей массы уловов рыбы из оз. Червоное [5].

**Целью работы** была оценка изменений биологии карася серебряного, произошедших за время его обитания в озере Червоное. **Задачи работы:**



(1) установить половую структуру популяции карася серебряного озера Червоное; (2) составить меристическую характеристику популяции карася серебряного озера Червоное; (3) определить хромосомный набор, свойственный популяции карася серебряного озера Червоное; (4) сопоставить полученные результаты с литературными данными 1950-х–1970-х гг.

**Материалы и методы.** Материалом для данной работы являются 269 экз. карася серебряного, отловленные в оз. Червоное в 2017–2020 гг. Для сбора материала использовали сачок, ловушки типа «зонт» и крючковые снасти. Объём выборки для анализа половой структуры популяции составил 269 экз., для исследования изменчивости меристических признаков — 94 экз., для кариологического анализа — 12 экз.

Пол отловленных рыб определяли путём вскрытия по строению половых желез [6]. На основе полученных данных рассчитывали количественные доли самок, самцов и неполовозрелых особей в исследованной выборке. Для каждой особи определяли значения меристических признаков: формулы спинного (D), анального (A), грудного (P), брюшного (V) и хвостового (C) плавников; формула боковой линии (l.l.), включающая число прободённых чешуй в боковой линии и число рядов чешуй выше (l.l.↑) и ниже (l.l.↓) боковой линии; число жаберных тычинок в первой жаберной дуге (sp.br.); число позвонков (vert.). Значения признаков определяли в соответствии с принятыми для рода нормами [6]. При подсчёте числа лучей в хвостовом плавнике учитывали только мягкие лучи; многочисленные мелкие жёсткие лучи не подсчитывали. Первые два сросшихся позвонка учитывали как два позвонка; уростиль считали отдельным позвонком. Статистическую обработку результатов проводили в программе Statistica 7; для исключения влияния единично встречающихся признаков (выбросов) как типичные для популяции принимали значения, укладывающиеся в 95 %-й интервал. Фенетические показатели внутривидового разнообразия — среднее число морф ( $\mu$ ), долю редких морф ( $h$ ) и их стандартные ошибки ( $S_{\mu}$  и  $S_h$  соответственно) рассчитывали по Яблокову и Лариной [7].

Для определения кариотипа использовали адаптированную нами к работе с карасём серебряным методику кариотипирования рыб [8]. Внутримышечно вводили живым рыбам 0,5 % раствор колхицина из расчёта 0,1 мл на 10 г массы тела. По истечении 4 ч рыб умертвляли, извлекали предпочку и измельчали её в гипотоническом 0,56 М растворе KCl при помощи хирургических инструментов. Полученную сус-



пензию клеток выдерживали в термостате (37 °С) в течение 40 мин и центрифугировали препараты в течение 10 мин (2000 об./мин, 4 °С), после чего сливали надосадочную жидкость и фиксировали осадок охлаждённой (0 °С) смесью этанола и ледяной уксусной кислоты в соотношении 3 : 1. Через 40 мин снова центрифугировали препараты при тех же условиях и сменяли фиксирующую смесь на свежую.

Для приготовления препаратов метафазных пластинок ещё раз центрифугировали препараты клеточных суспензий и сменяли фиксатор, после чего разбивали осадок и наносили 5–6 капель суспензии на предметное стекло. Для окрашивания препаратов использовали 5 % раствор красителя «Эозин-метиленовый синий по Май-Грюнвальду» в фосфатном буфере на основе метанола (рН 7,2). Для микроскопии препаратов использовали световой микроскоп Nikon со встроенной фотокамерой. Метафазные пластинки фотографировали при увеличении 1000х и подсчитывали число хромосом в них.

**Результаты и их обсуждение.** В исследованной нами выборке карася серебряного из оз. Червоное самцами были 138 экз. (51,30 %), самками — 121 экз. (44,98 %) и 10 экз. (3,72 %) не достигли половой зрелости. Соотношение полов составляет 1♀:1,14♂. Это свидетельствует о том, что в настоящее время в оз. Червоное обитает двуполовая амфимиктическая популяция карася серебряного с незначительным численным преобладанием самцов. Предыдущие наши исследования половой структуры популяции карася серебряного оз. Червоное, проведённые в 2011–2013 гг., показали результаты, схожие с приводимыми в данной работе: соотношение полов составляло 1♀:1,19♂.

При этом первоначально половая структура интродуцированной в оз. Червоное популяции карася серебряного соответствовала гиногенетическому типу размножения. К 1961 г. в рыбхозах «Белое» и «Красная Зорька», где карась серебряный изначально был представлен однополовой формой, наблюдалось увеличение доли самцов: в рыбхозе «Белое» общее соотношение самок и самцов составляло 3,2♀:1♂, в рыбхозе «Красная Зорька» — 4,3♀:1♂ [9]. Аналогичные процессы протекали и в оз. Червоное. В сборах 1954 г. самцы карася серебряного отсутствовали, а в сборах 1955–1956 гг. (более 600 экз.) присутствовало 2 самца [10]. Соответственно, в это время в популяции карася серебряного оз. Червоное гиногенетический тип размножения был доминирующим. Однако уже в 1970 г. в составе стада была отмечена медленно растущая двуполовая популяция [11].



Причины перехода популяции карася серебряного оз. Червоное от гиногенетического к амфимиктического типу размножения, на наш взгляд, заключается в невозможности существования гиногенетической популяции карася серебряного в отсутствие потенциальных доноров сперматозоидов — самцов других видов карповых рыб, условия нереста которых совпадают с таковыми у карася серебряного. В ихтиофауне Беларуси такими видами являются карась золотой *Carassius carassius*, линь *Tinca tinca*, карп *Cyprinus carpio*, густера, уклейка, краснопёрка *Scardinius erythrophthalmus*, голянь озёрный *Phoxinus phoxinus*, в отдельных случаях лещ *Abramis brama*. По литературным данным, к 1966 г. по причине снижения уровня воды, ухудшения условий воспроизводства, усиления зимних заморных явлений и резкого сокращения кормовой базы из ихтиофауны оз. Червоное практически полностью исчез ряд видов рыб, в том числе многие представители сем. Карповые — карась золотой, карп, линь, лещ, язь *Leuciscus idus*, краснопёрка и верховка *Leucaspius delineatus* [11]. Самцы серебряного карася, присутствие которых в небольшом количестве свойственно для гиногенетических популяций, стали единственным доступным источником сперматозоидов для воспроизводства данного вида, что и привело к постепенному переходу к амфимиктическому размножению и росту доли самцов в популяции.

Вторым фактором, обуславливающим наблюдаемое преобладание амфимиктического типа воспроизводства популяции карася серебряного в оз. Червоное, являются регулярные зимние заморы в данном водоёме. Увеличение доли гетерогаметного пола — в данном случае самцов — в популяциях животных нередко является ответом на неблагоприятные условия окружающей среды, позволяющим увеличить генетическое разнообразие популяции, что способствует её выживанию в случае резкого ухудшения условий обитания [12]. В сочетании с высокой толерантностью карася серебряного к недостатку кислорода в воде, высокое внутривидовое разнообразие является важным эволюционным преимуществом в условиях заморного водоёма, обеспечивающим выживание значительного количества особей при наступлении зимнего замора. Наблюдения за ихтиофауной оз. Червоное показывают, что в следующий за замором сезон нереста выжившие производители карася дают потомство, демонстрирующее высокие выживаемость и темп роста, чему способствуют крайне низкая численность рыб-ихтиофагов после замора и обильная кормовая база, представленная ли-



чинками хирономид, развивающимися на органических остатках погибших во время замора водных организмов.

Для определения кариотипа, свойственного данной популяции карася серебряного, были проанализированы 279 метафазных пластинок с 14 микропрепаратов, приготовленных из клеток 12 особей. Модальным значением количества хромосом в метафазной пластинке у всех особей являлось 100 (табл. 1). Доля модального значения у разных особей составила от 48,1 до 100 % (61,7 % во всей выборке). Такой кариотип соответствует типичному хромосомному набору диплоидной формы карася серебряного [13–15]. Метафазные пластинки с наблюдаемым количеством хромосом менее 100, очевидно, являются неполными и не могут рассматриваться как реально существующие в живых клетках карася серебряного хромосомные наборы. Причиной выявления таких метафазных пластинок на препарате является потеря отдельных хромосом в процессе его приготовления. Единично обнаруженная метафаза из 101 хромосомы, вероятно, также образована при приготовлении препарата в результате наложения стандартной метафазной пластинки из 100 хромосом и одной посторонней хромосомы, оторвавшейся от другой пластинки, либо наличием так называемого «артефакта» — искусственным образом созданного при приготовлении и окрашивании препарата элемента (скол или царапина на стекле, наличие ворсинки или фрагмент форменных элементов крови) который может быть ошибочно принят за хромосому. Таким образом, приведенные в табл. 1 данные отражают лишь издержки использованной методики и не могут быть расценены как свидетельство в пользу существования хромосомного мозаицизма у особей карася серебряного, населяющего оз. Червоное.

Наблюдаемые в популяции карася серебряного оз. Червоное значения меристических признаков типичны для рыб комплекса *C. auratus* s. lato (табл. 2). Наибольшее сходство ожидаемо наблюдается с *C. gibelio*, для которого характерны следующие диапазоны изменчивости меристических признаков: D III–IV 15–19; A II–III 5–6; P 17–18; V 9; C 17–19; l.l. 28–34; sp.br. 37–54; vert. 27–33 [16].

Значения меристических признаков, свойственные популяции карася серебряного оз. Червоное, практически не отличаются от значений, приводимых в исследованиях данного водоёма 1950-х гг. [10] и укладываются в рамки значений, приведенные П.И. Жуковым как типичные для карася серебряного в водоёмах Беларуси [17] (табл. 3). Наблюдаемая разница в среднем числе позвонков может быть связана



с особенностями использованных методик, а именно — с учётом первых двух сросшихся позвонков как 1 или 2 разными авторами. Различия в среднем числе тычинок в первой жаберной дуге, вероятно, обусловлены существованием у данного возрастная изменчивости [10], поскольку в обоих случаях работа велась с разновозрастными выборками.

**Таблица 1. Распределение наблюдаемого количества хромосом в исследованных метафазных пластинках карася серебряного оз. Червоное**

**Table 1. The observed chromosome number distribution in the Chervonoe lake goldfish metaphase plates**

№ особи	Количество хромосом в метафазной пластинке								Итого метафазных пластинок	Доля модального значения, %	
	<95	95	96	97	98	99	100	101			
17/001	2	1	2	1	3	2	29	0	40	72,5	
18/002	3	0	1	1	2	1	22	0	30	73,3	
18/003	12	1	3	3	3	0	32	1	55	58,2	
18/004	0	0	0	1	0	0	2	0	3	66,7	
18/005	0	0	0	0	0	0	1	0	1	100,0	
18/006	5	2	2	3	2	1	15	0	30	50,0	
18/007	2	0	0	0	0	0	7	0	9	77,8	
18/008	1	1	1	1	0	2	11	0	17	64,7	
18/009	0	0	0	0	0	0	1	0	1	100,0	
18/010	3	2	1	3	3	2	13	0	27	48,1	
18/011	9	2	1	3	2	3	23	0	43	53,5	
18/012	3	0	2	0	1	1	16	0	23	69,6	
Итого	шт	40	9	13	16	16	12	172	1	279	61,7
	%	14,3	3,2	4,7	5,7	5,7	4,3	61,7	0,4	100	

Ретроспективный анализ показывает, что меристические характеристики карася серебряного оз. Червоное не претерпели изменений за время, прошедшее с его интродукции в водоём. Поскольку норма реакции значений меристических признаков детерминирована генетически, это позволяет предположить, что генетическая структура популяции осталась неизменной при переходе от триплоидного к диплоидному кариотипу.



Таблица 2. Изменчивость меристических признаков карася серебряного оз. Червоное

Table 2. The Chervonoe lake goldfish meristic traits diversity

Признак	Пределы		95%		M±m	σ
	min	max	min	max		
D	3	5	4	5	4,03±0,02	0,23
d	15	19	16	19	17,11±0,08	0,82
A	2	3	3	3	2,99±0,01	0,10
a	4	6	5	5	5,02±0,02	0,21
P	16	20	16	19	17,36±0,09	0,90
V	8	9	8	9	8,85±0,04	0,36
C	16	20	18	20	18,95±0,05	0,52
l.l.	29	33	30	32	30,94±0,08	0,80
l.l.↑	6	8	6	8	7,10±0,04	0,39
l.l.↓	5	7	5	7	6,11±0,04	0,40
sp.br.	44	53	44	51	47,39±0,21	2,03
vert.	29	32	30	31	30,75±0,05	0,51

Примечание: min — минимальное значение признака; max — максимальное значение признака; M±m — среднее значение признака и его погрешность; σ — стандартное отклонение

Таблица 3. Ретроспективный сравнительный анализ меристических признаков карася серебряного оз. Червоное

Table 3. Retrospective comparison of the Chervonoe lake goldfish meristic traits

Признак	Автор		
	Наши данные n=94	Савина, 1958 [10] n=75	Жуков, 1965 [17]
D	3–5	3–4	3–5
d	15–19 (r=17,11)	16–18 (r=17,36)	15–19
A	2–3	3	2–3
a	4–6	5–6	5–6
l.l.	29–33 (r=30,94)	28–33 (r=31,08)	28–33
l.l.↑	6–8	7–8	5–7
l.l.↓	5–7	6–7	5–7
sp.br.	44–53 (r=47,39)	42–54 (r=50,74)	40–54
vert.	29–32 (r=30,75)	29–31 (r=29,78)	28–31

Наиболее полиморфным признаком в популяции карася серебряного оз. Червоное является количество тычинок в первой жаберной дуге



( $\mu = 8,21 \pm 0,26$ ), причём частоты различных вариаций данного признака различаются незначительно ( $h = 0,09 \pm 0,03$ ) (табл. 4). Также значительную изменчивость демонстрируют число мягких лучей в спинном плавнике ( $\mu = 3,24 \pm 0,17$ ) и число прободённых чешуй в боковой линии ( $\mu = 3,64 \pm 0,23$ ). Наименее изменчивым признаком является число жёстких лучей в анальном плавнике ( $\mu = 1,21 \pm 0,10$ ). У 4 признаков наблюдается выраженное доминирование одной из вариаций: число лучей в хвостовом плавнике (19,  $h = 0,47 \pm 0,05$ ), жёстких лучей в спинном плавнике (4,  $h = 0,45 \pm 0,05$ ), жёстких (3,  $h = 0,40 \pm 0,05$ ) и мягких (5,  $h = 0,47 \pm 0,05$ ) лучей в анальном плавнике.

Таблица 4. Фенетические показатели изменчивости меристических признаков карася серебряного оз. Червоное  
Table 4. Phenetic indexes of the Chervonoe lake goldfish meristic traits diversity

Признак	D	d	A	a	P	V	C	I.I.	I.I.↑	I.I.↓	sp.br.	vert.
$\mu$	1,64	3,24	1,21	1,59	4,11	1,71	2,67	3,64	2,11	2,14	8,21	2,56
$S\mu$	0,15	0,17	0,10	0,15	0,20	0,07	0,26	0,23	0,14	0,14	0,26	0,20
h	0,45	0,19	0,40	0,47	0,18	0,14	0,47	0,27	0,30	0,29	0,09	0,36
Sh	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,05

Результаты нашего исследования показывают, что за более чем 70 лет обитания серебряного карася в оз. Червоное, репродуктивная биология данной популяции претерпела кардинальные изменения, приведшие к смене типа воспроизводства. Изменения условий обитания, а именно — участвовавшие заморные явления и последовавшая за ними трансформация структуры ихтиофауны озера привели к невозможности воспроизводства популяции карася серебряного гиногенетическим путём, вследствие чего она постепенно перешла к амфимиктическому типу размножения. Генетической основой перехода, по всей видимости, стало постепенное увеличение доли диплоидных особей в результате действия естественного отбора, не затронувшее свойственной для данной популяции морфологии особей.

**Выводы.** На сегодняшний день популяция карася серебряного оз. Червоное представлена диплоидной обоеполой формой, размножающейся амфимиктическим путём. Соотношение полов в популяции составляет 1♀:1,14♂. Наблюдаемые значения меристических признаков типичны для рыб комплекса *C. auratus s. lato*, наибольшее сходство наблюдается с *C. gibelio*. Кариотип составляет 100 хромосом, что типично для диплоидной формы карася серебряного.



За время обитания карася серебряного в оз. Червоное репродуктивная биология данной популяции претерпела кардинальные изменения, приведшие к переходу от гиногенетического к амфимиктического типу размножения. Причинами этого, на наш взгляд, являются невозможность существования гиногенетической популяции карася серебряного в отсутствие потенциальных доноров сперматозоидов и регулярные зимние заморы в данном водоёме, обеспечивающие эволюционное преимущество амфимиктического размножения. Меристическая характеристика карася серебряного оз. Червоное, в отличие от организации кариотипа, не претерпела изменений за время существования данной популяции.

### Список использованных источников

1. Полетаев, А.С. Натурализация карася серебряного (*Carassius auratus s. lato*) на территории Беларуси / А.С. Полетаев, В.К. Ризевский // Вопросы Рыбного Хозяйства Беларуси. — 2019. — № 32. — С. 146–157.
2. CAS - Eschmeyer's Catalog of Fishes: Species [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. — Дата доступа: 27.10.2021.
3. Климат и вода : Природа Беларуси : in 3 т. — Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2010. — Т. 2. — 504 с.
4. Тарзеў, Ю.А. Блакітны скарб Беларусі: рэкі, азёры, вадасховішчы, турысцкі патэнцыял водных аб'ектаў / Ю.А. Тарзеў, У.І. Цярэнцьеў. — Мінск : БелЭн, 2007. — 480 с.
5. Полетаев, А.С. Эффективность зарыбления некоторых водоёмов Беларуси карасём серебряным / А. С. Полетаев // Актуальные проблемы экологии [Электронный ресурс] : сб. науч. ст. по материалам XII Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 4–6 окт. 2017 г.) / ЮрСаПринт. — Гродно, 2017. — С. 72–74.
6. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин. — Изд. 4-е, переработанное и дополненное. — Москва : Пищевая промышленность, 1966. — 267 с.
7. Яблоков, А.В. Введение в фенетику популяций. Новый подход к изучению природных популяций: учеб. пособие для студ. вузов. / А.В. Яблоков, Н.И. Ларина. — Москва : Высшая школа, 1985. — 159 с.
8. Полетаев, А.С. Методика кариотипирования карася серебряного (*Carassius auratus s. lato*) / А.С. Полетаев // Сборник материалов Седьмой международной конференции молодых учёных Сети центров аквакультуры Центральной и Восточной Европы (NACEE), Горки, 11–14 декабря 2018 г. / — Горки: БГСХА., 2019. — С. 28–30.
9. Домбровский, В.К. Морфобиологическая характеристика серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch), разводимого в водоёмах Белорусской



- ССР / В.К. Домбровский // Вопросы Рыбного Хозяйства Белоруссии. — 1964. — Т. 5. — С. 62–75.
10. Савина, Н.О. Серебряный карась, *Carassius auratus gibelio* (Bloch) в новых условиях обитания / Н.О. Савина // Труды Белорусского Научно-Исследовательского Института Рыбного Хозяйства. — 1958. — Т. 2. — С. 60–91.
  11. О причинах снижения рыбопродуктивности озера Червоного / Н.О. Савина [и др.] // Вопросы Рыбного Хозяйства Белоруссии. — 1970. — Т. 7. — С. 190–204.
  12. Яблоков, А.В. Популяционная биология: учеб. пособие для биол. спец. вузов / А. В. Яблоков. — Москва : Высшая школа, 1987. — 303 с.
  13. Karyotype, morphology, and reproduction ability of the Prussian carp, *Carassius gibelio* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae), from unisexual and bisexual populations in Poland / A. Boro [et al.] // Acta Ichthyol. Piscat. — 2011. — Vol. 41, № 1. — P. 19–28.
  14. Kalous, L. Karyotype diversity of the offspring resulting from reproduction experiment between diploid male and triploid female of silver Prussian carp, *Carassius gibelio* (Cyprinidae, Actinopterygii) / L. Kalous, M. Knytl // Folia Zool. — 2011. — Vol. 60, № 2. — P. 115–121.
  15. Sex, size and ploidy ratios of *Carassius gibelio* from Poland / A. Przybyl [et al.] // Aquat. Invasions. — 2020. — Vol. 15. — P. 335–354.
  16. Kalous, L. Hidden diversity within the Prussian carp and designation of a neotype for *Carassius gibelio* (Teleostei: Cyprinidae) / L. Kalous, J. Bohlen // Ichthyol. Explor. Freshw. — 2012. — Vol. 23, № 1. — P. 11–18.
  17. Жуков, П.И. Рыбы Белоруссии / П.И. Жуков. — Минск : Наука и техника, 1965. — 415 с.

## References

1. Poletaev A.S., Rizevsky V.K. Naturalizatsiya karasya serebryanogo (*Carassius auratus* s. lato) na territorii Belarusi [*The goldfish (Carassius auratus* s. lato) establishment in Belarus]. Voprosy Rybnogo Khozyaistva Belarusi [*Belarus Fish Industry Problems*], 2019, vol. 32, pp. 146–157 (in Russian).
2. CAS - Eschmeyer's Catalog of Fishes: Species (2021). Available at: <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. (accessed 27 October 2021).
3. Priroda Belarusi: in 3 vol. — Vol. 2. Klimat i voda [*Nature of Belarus: in 3 vol. — Vol. 2. Climate and water*] — Minsk, Belarus. Entsycl. imya P. Brouki = P. Brouka Belarusian Encyclopedia, 2010, 504 p. (in Russian).
4. Tarzeu Yu.A., Tsyarents'eu U.I. Blakitny skarb Belarusi : reki, azery, vadaskhovichchy, turystski patentsyyal vodnykh ab'ektau [*Blue treasure of Belarus : rivers, lakes, reservoirs, touristic potential of water objects*]— Minsk, BelEn, 2007, 480 p. (in Belarusian).
5. Poletaev A.S. Effektivnost' zarybleriya nekotorykh vodoemov Belarusi karasem serebryanym [*The efficiency of several water bodies of Belarus stocking by goldfish*] /



- A.S. Poletaev // Aktual'nye problemy ekologii: sb. nauch. st. po materialam XII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [*Actual problems of ecology: Scientific articles brochure of the XII International practical science conference*], Grodno, YurSaPrint, 2017, pp. 72–74 (in Russian).
6. Pravdin I.F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh) [*A guide for fish (mostly freshwater) research*] / I. F. Pravdin. — Izd. 4-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe [4th edition, revised and expanded]. — Moskva, Pishchevaya promyshlennost' = Moscow, Food Industry, 1966, 267 p. (in Russian).
  7. Yablokov A.V., Larina N.I. Vvedenie v fenetiku populyatsii. Novyi podkhod k izucheniyu prirodnykh populyatsii: ucheb. posobie dlya stud. vuzov. [*Introduction to the population phenetics. A new approach for the natural populations research : a handbook for higher education institutions*] / Moskva : Vysshaya shkola = Moscow : High School, 1985, 159 p. (in Russian).
  8. Poletaev A.S. Metodika kariotipirovaniya karasya serebryanogo (*Carassius auratus* s. lato) [*The goldfish (Carassius auratus s. lato) karyotyping technique*] // Sbornik materialov Sed'moi mezhdunarodnoi konferentsii molodykh uchenykh Seti tsentrov akvakul'tury Tsentral'noi i Vostochnoi Evropy (NACEE) [*The 7th young scientists international conference of NACEE materials*], Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2019, pp. 28–30 (in Russian).
  9. Dombrovskii V.K. Morfobiologicheskaya kharakteristika serebryanogo karasya *Carassius auratus gibelio* (Bloch), razvodimogo v vodoemakh Belorusskoi SSR [*The goldfish Carassius auratus gibelio (Bloch) farmed in the water objects of Belarusian SSR morphobiological characteristic*]. Voprosy Rybnogo Khozyaistva Belorussii [*Belarus Fish Industry Problems*], 1964, vol. 5, pp. 62–75 (in Russian).
  10. Savina N.O. Serebryanyi karas', *Carassius auratus gibelio* (Bloch) v novykh usloviyakh obitaniya [*The goldfish Carassius auratus gibelio (Bloch) in the new habitat*]. Trudy Belorusskogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Rybnogo Khozyaistva [*Proceedings of the Belarusian Fish Industry Scientific Research Institute*], 1958, vol. 2, pp. 60–91 (in Russian).
  11. Savina N.O., Khalibulin E.T., Galkovskaya G.A., Prosyaniuk L.V., Golovnev V.I. O prichinakh snizheniya ryboproduktivnosti ozera Chervonogo [*The reasons of the Chervonoe lake fish production decrease*] Voprosy Rybnogo Khozyaistva Belorussii [*Belarus Fish Industry Problems*], 1970, vol. 7, pp. 190–204 (in Russian).
  12. Yablokov, A.V. Populyatsionnaya biologiya: ucheb. posobie dlya biol. spets. vuzov [*Population biology: a handbook for biological higher education institutions*], Moskva : Vysshaya shkola = Moscow : High School], 1987, 303 p. (in Russian).
  13. Boro A., Szlachciak J., Juchno D., Grabowska A., Jagusztyn B., Porycka K. Karyotype, morphology, and reproduction ability of the Prussian carp, *Carassius gibelio* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae), from unisexual and bisexual populations in Poland. Acta Ichthyol. Piscat., 2011, vol. 41, № 1, pp. 19–28. <https://doi.org/10.3750/AIP2011.41.1.04>
  14. Kalous L., Knytl M. Karyotype diversity of the offspring resulting from reproduction experiment between diploid male and triploid female of silver Prussian carp,



- Carassius gibelio* (Cyprinidae, Actinopterygii) Folia Zool, 2011, vol. 60, № 2, pp. 115–121. <https://doi.org/10.25225/fozo.v60.i2.a5.2011>
15. Przybył A., Przybylski M., Spóz A., Juchno, D., Szabelska, A., Kowalewska, K., Boroń, A. Sex, size and ploidy ratios of *Carassius gibelio* from Poland. Aquatic Invasions, 2020, Vol. 15, pp. 335–354. <https://doi.org/10.3391/ai.2020.15.2.08>
16. Kalous L., Bohlen J., Rylkova K., Petrtyl M. Hidden diversity within the Prussian carp and designation of a neotype for *Carassius gibelio* (Teleostei: Cyprinidae). Ichthyol. Explor. Freshw, 2012, Vol. 23, № 1, pp. 11–18.
17. Zhukov P.I. Ryby Belorussii [*Fishes of Belarus*]. Minsk: Nauka i tekhnika = Science and Technique, 1965, 415 p. (in Russian).

### Сведения об авторах

- Полетаев Алексей Сергеевич* — младший научный сотрудник, Научно-практический центр по биоресурсам, Национальная академия наук Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: viroxytan@gmail.com
- Гайдученко Елена Сергеевна* — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Научно-практический центр по биоресурсам, Национальная академия наук Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Беларусь). E-mail: gajduchenko@tut.by
- Ризевский Виктор Казимирович* — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией ихтиологии, Научно-практический центр по биоресурсам, Национальная академия наук Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Беларусь). E-mail: rvk869@mail.ru
- Лещенко Андрей Валерьевич* — научный сотрудник, Научно-практический центр по биоресурсам, Национальная академия наук Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Беларусь). E-mail: andreyleshch@mail.ru

### Information about the authors

- Poletaev Alexei S.* — junior researcher, Scientific and practical center for bioresources, National academy of sciences of Belarus (220072, Minsk, Akademicheskaya Str, 27, Republic Belarus). E-mail: viroxytan@gmail.com
- Gajduchenko Helen S.* — Ph.D. (Biology), leading researcher, Scientific and practical center for bioresources, National academy of sciences of Belarus (220072, Minsk, Akademicheskaya Str, 27, Republic Belarus). E-mail: gajduchenko@tut.by
- Rizevsky Viktor K.* — Ph.D. (Biology), laboratory of ichthyology head, Scientific and practical center for bioresources, National academy of sciences of Belarus (220072, Minsk, Akademicheskaya Str, 27, Republic Belarus). E-mail: rvk869@mail.ru
- Leshchenko Andrei V.* — researcher, Scientific and practical center for bioresources, National academy of sciences of Belarus (220072, Minsk, Akademicheskaya Str, 27, Republic Belarus). E-mail: andreyleshch@mail.ru



**О.М. Таврыкина, А.Г. Литвинова**

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

## **ИЗУЧЕНИЕ АКВАПОННЫХ СИСТЕМ КАК ИННОВАЦИОННОГО НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЫБОВОДСТВА (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)**

**Аннотация:** Статья посвящена рассмотрению аквапонной технологии выращивания рыбы и сельскохозяйственных культур. Эта технология позволяет достигать значительной интенсификации производства по сравнению с системами УЗВ и гидропонным выращиванием растений. В статье рассматривается применение аквапонной технологии как эффективного, экологичного, биобезопасного метода выращивания рыбы и растений. Освещены принципы работы, различные технологические конструкции аквапонных установок, виды рыб и растений, пригодных к выращиванию методом аквапоники. Показаны рентабельность и недостатки в работе аквапонных установок на примере действующих аквапонных ферм. Рассмотрены масштабы применения данной технологии в мире, а также приведены возможности и перспективы их применения в Беларуси.

**Ключевые слова:** аквапоника, аквапонная установка, аквакультура, растения, рентабельность аквапонных систем

**O.M. Tavrykina, A.G. Litvinova**

*RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry”, Minsk, Belarus*

## **STUDYING OF AQUAPONIC SYSTEMS AS INNOVATIVE DIRECTION OF FISHERIES DEVELOPMENT (LITERATURE REVIEW)**

**Abstract:** The article is devoted to review the aquaponic technology of growing fish and agricultural crops. This technology allows to achieve a significant intensification of production in comparison with recirculation systems and hydroponic plant cultivation. The use of aquaponic technologies



as an effective, ecological, biosafety method for growing fish and plants is considered in this article. The principles of operation, technological designs of aquaponic installations, types of fish and plants are discussed. The efficiency and disadvantages of aquaponic systems are shown on the example of existing aquaponic farms. The scale of application of this technology in the world is considered, as well as the possibilities and prospects of their application in Belarus

**Keywords:** aquaponics, aquaponic technologies, aquaculture, plants, efficiency of aquaponic systems

**Введение.** В эпоху энергосбережения и экологических приоритетов важнейшей задачей науки является обеспечение растущего населения качественной, органической и при этом относительно недорогой сельскохозяйственной продукцией в течение всего года. Дополнительной задачей является необходимость исключения из этого процесса загрязненных и эродированных почв и, в свою очередь, недопущение загрязнения почвенных и водных ресурсов.

Одним из таких энергоэффективных, безотходных и биобезопасных направлений науки является метод интегрированного выращивания объектов аквакультуры (рыб, ракообразных, моллюсков, водорослей) и сельскохозяйственных культур (овощные культуры, фрукты, ягоды, травы) в единой, замкнутой системе.

Аквапоника — это «система, которая позволяет получить дополнительную продукцию путем использования побочных продуктов производства первичных видов». На практике, когда наземные растения (вторичные культуры) выращивают в сочетании с рыбой (первичные культуры), система называется аквапоникой и состоит из комбинации УЗВ и гидропонной (безгрунтовой) системы. Аквапонные системы основаны на естественных биологических процессах, таких как нитрификация и фиторемедиация, при этом продукты жизнедеятельности и отходы выращивания рыб являются питательной средой для выращивания сельскохозяйственных культур. Кроме того, они позволяют интенсифицировать производство, сопоставимое с УЗВ и гидропоникой отдельно, способствуют повышению устойчивости и достижению целей продовольственной безопасности. Аквапоника основана на том, что рыба и растения имеют сходные потребности в энергетических и тепловых затратах. Таким образом, достигаются значительные экономические и социальные выгоды [1–3].



**Экологичность и биобезопасность аквапонных технологий.** Метод аквапоники позволяет не только удешевить конечную продукцию и получить двойной урожай (как правило, рыба и овощные культуры), но также отличается экологичностью, биобезопасностью и энергоэффективностью. Биобезопасность аквапонных систем обусловлена многими факторами. Так, применение метода индустриальной аквакультуры позволяют избежать загрязнения водоемов и их эвтрофикации [4]. Отсутствие применения минеральных удобрений и пестицидов позволяет избежать загрязнения почв, а применение гидропонного компонента подразумевает возможность использования заброшенных и непригодных земельных площадей [5]. Система биофитоочистки сточных вод позволяет уменьшить загрязнение окружающей среды за счет снижения уровня органических веществ (показатель БПК), соединений азота и фосфора [6]. Наличие системы оборотного водоснабжения позволяет снизить потребление чистой воды и сократить ее сбросы. Так, оборотность воды в аквапонных системах может достигать 200 раз [7].

Экологичность аквапонных методов обусловлена применением в производстве исключительно безопасных биопрепаратов (например, культуральная жидкость на основе штамма *Serratia ficaria*), биоудобрений и отсутствием ГМО [6].

Аквапонные системы, построенные по типу теплиц, модульны и легки в эксплуатации, они не зависят от климатических условий и могут функционировать круглый год. Они позволяют с помощью автоматизированного блока контролировать все основные условия получения продукции (температуру, освещенность, влажность, химический состав и режим подачи питательных растворов, интенсивность аэрации воды) [8–9].

В аквапонных системах складываются «кооперативные» взаимоотношения между всеми тремя звеньями системы (рыбы-растения-бактерии) [10]. Это позволяет одновременно получать выгоду от методов интенсивной аквакультуры, гидропоники и процессов бактериальной деструкции, устраняя недостатки каждого из них.

Растения в интегрированных аквапонных системах потребляют продукты жизнедеятельности рыб и не имеют недостатка в питательных элементах [11]. Так, например, отпадает проблема дефицита аммонийного питания как при выращивании в почве, когда почвенная микрофлора в оптимальных условиях быстро превращает аммоний в нитраты [3]. В аквакультуре рыба не потребляет около 5 % корма, в то время как



остальные 95 % попадают в организм и перевариваются [12]. Из этой доли 30–40 % сохраняется и превращается в новую биомассу, а 60–70 % выделяется в виде фекалий, мочи и аммиака. Исследования показывают, что на 1 кг корма (30 % сырого протеина) приходится около 27,6 г N, в то время, как на 1 кг рыбы приходится около 577 г БПК, 90,4 г N и 10,5 г P [2].

С другой стороны, дополнительная очистка воды макрофитами в процессе биофильтрации позволяет ускорить процесс культивирования рыб, увеличить плотности посадки гидробионтов на площадь бассейнов, повысить темпы массонакопления и обеспечить наиболее полное потребление кормов в установках УЗВ [13]. Кроме того, за счет естественной биологической, а также механической очистки воды в аквапонных системах рыба защищена от болезней, что также представляется важным моментом [14].

Сокращение концентрации нитратов в рециркулирующей воде аквапонных систем демонстрируется в опытах Rakocy and Allison (1981), когда водные макрофиты в системе с тилапией поглощали и удаляли 15,8 %, 13,4 % и 12,0 % азота в отработанных водах в опытах с низкой, средней и высокой плотностью посадки рыбы соответственно [15].

В процессе бактериальных циклов, протекающих в биофильтрах установок, аммиак как токсический для рыб метаболит их жизнедеятельности, на первом этапе конвертируется нитрифицирующими бактериями рода *Nitrosomonas* в нитрит-ион (также токсичный), на втором этапе нитрификаторы рода *Nitrobacter* конвертируют нитрит-ион в нитрат-ион — усвояемый источник азота для растений [16, 17]. Суть процесса заключается в окислении аммиака ( $\text{NH}_3$ ) и иона аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) до нитратов ( $\text{NO}_3^-$ ) — более доступной формы азота для растений. Таким образом, в интегрированных замкнутых системах в целом снижается необходимость в дорогих процессах микробальной денитрификации.

Другой важной группой аэробных бактерий являются гетеротрофные бактерии, участвующие в минерализации твердых отходов. Нитраты и другие питательные вещества, обогащающие воду, покидают биологический фильтр и циркулируют в направлении гидропонной секции, в которой происходит процесс фиторемедиации, и количество нитратов в воде уменьшается более чем на 97 % [18]. Перед возвращением воды в резервуары с рыбой, проходит ее окончательная УФ-стерилизация.



Безотходность и энергоэффективность также обеспечиваются тем, что не требуется утилизация побочных продуктов обмена веществ рыб, так как они перерабатываются и фильтруются растениями, а также подвергаются микробиальному разложению [19].

В целом, баланс и грамотное сочетание всех трех компонентов аквапонных систем позволяет значительно снизить в растениях, выращиваемых в установках, содержание нитратов по сравнению с аналогами, выращенными на почвенном грунте. Так, по данным И.М. Довлатова с соавторами [20], содержание нитратов в растениях, выращенных совместно с рыбой, достигает 30 мг/кг, а у овощей, выращиваемых на минеральном питании современными способами — до 130–400 мг/кг. При этом растения выращиваются без использования пестицидов, гербицидов, химических удобрений и добавок. Овощи и зелень, выращенные на аквапонике, имеют настоящий, натуральный вкус и аромат независимо от времени года.

***Технологические формы, приемы, конструкции аквапонных установок.*** Аквапонные установки первично строятся на базе установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) для выращивания аквакультуры. Вторично в них выращиваются растения гидропонным способом. [8]. Отличительными характеристиками аквапоник-систем являются их закрытый тип, постоянная рециркуляция воды, теплопроводность и, как правило, этажный принцип конструкции.

Хотя в их техническом устройстве возможны вариации, все аквапоник-системы построены по общему принципу и функционируют по определенному механизму. Основу конструкции составляют бассейны УЗВ (рыбоводные емкости), система фильтрации (механической и биологической), насосы, обеспечивающие циркуляцию воды, и гидропонный модуль (рис. 1).

Постоянная работа насосов обеспечивает транспорт воды из рыбоводных емкостей на гидропонный модуль и обратно, а также поддерживает водообмен в самих рыбоводных бассейнах. Из резервуаров с рыбой сливной сток поступает в механический барабанный фильтр, где происходит удаление из воды твердых фракций, далее она направляется в отстойник. Из отстойника отфильтрованная вода идет в бак, где происходит добавление в систему свежей воды (примерно 6 % по объему), иногда используется подпитка свежей водой из родника или прудов [4, 19]. Часть воды возвращается в резервуары, а основной поток направляется на биофильтры, где активно протекают процессы бактериально-

го разложения. Этап биофильтрации необходим для эффективной деятельности нитрифицирующих бактерий и удаления из системы избытка углекислого газа.

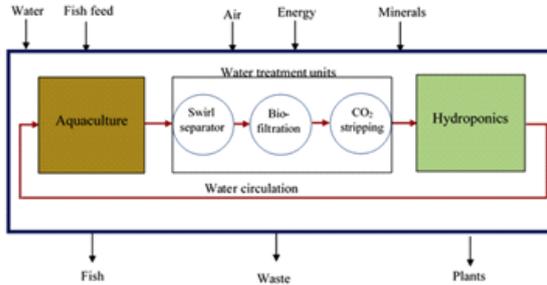


Рис. 1. Принцип работы аквапонной установки [15]  
Fig. 1. Operation principle of the aquaponic installation [15]

Аквапоник-система нуждается в аэрации на всех этапах: для поддержания необходимого для рыб уровня углекислого газа, для нормального протекания процессов нитрификации, для роста растений [21]. Аэрацию обеспечивают электромагнитные воздушные компрессоры. Обязательными компонентами аквапонических установок являются освещение (как правило, используются LED-лампы различного спектрального состава) и терморегуляция. Терморегуляцию, как правило, обеспечивают автоматические термонагреватели. Тепличная аквапонная установка, приводимая в исследованиях казахских специалистов, отличалась тем, что в ней нагрев воды производился от солнца [19]. На ранее упомянутом предприятии ECF Farmsystems в г. Берлине подогрев воды в теплицах и установках УЗВ осуществляется теплом от холодильных установок, дополнительно используется подогрев стенным отоплением и рельсовыми трубами на полу [22]. Для управления и координации работы всей установки используются многочисленные системы автоматизированного управления.

Существуют три типа гидропонного модуля, которые используются в различных аквапонных установках:

1. В небольших установках гидропонный компонент представлен блоками, в которых для поддержки корней используется среда из гравия, песка или перлита, содержащая микробиальный субстрат. Она одновременно служит и для транспортировки воды.



2. В более крупных установках используются перфорированные трубы, в отверстия которых посажены растения. Корни растений помещаются в пластиковые лотки или горшки, в которые вода, питательные вещества и кислород непрерывно доставляется тонкой пленкой воды, поступающей по трубам из рыбоводных емкостей. Орошение осуществляется по системе прилив-отлив [16]. Примером данной конструкции является аквапонная установка на базе лаборатории-аквариальной Полесского государственного университета, представляющая собой 4-ярусную систему (28,8 м<sup>2</sup>), где гидропонный модуль из 3 ярусов расположен над бассейнами с рыбой. Все трубы при этом сообщаются. Из рыбоводных емкостей вода подается насосами на 3 ярус, затем самотеком идет на 2 и 1, затем в биофильтр [13, 23].

3. Так называемые плавучие или плотовые системы. Состоят из листов полистирола с большими желобами, плавающими на поверхности воды. Под ними в воде находятся корни растений. То есть такие системы построены по принципу «плот на воде»: плавающие платформы вмонтированы непосредственно в бассейн с рыбой. [16]. Подобный гидропонный компонент, представляющий собой рафт-систему, использован в аквакомплексе на базе «Кагальник» ЮНЦ РАН [3].

Второй и третий типы гидропонного модуля применяются в системах, специализирующихся на промышленных масштабах культивирования.

В литературе встречается описание определенных модификаций некоторых аквапонных комплексов. Так, в работе А.В. Ковригина приводится опытная аквапонная установка, в которой изучалась эффективность питания растений различными источниками. Бассейны УЗВ при этом делились на две группы: одна функционировала автономно, вторая была подключена к установке по выращиванию растений. Эта установка делилась на 3 участка. Соответственно в одном растения питались только водой, поступающей из УЗВ, в другом — только гидропонным раствором, в третьем — их смесью [8, 24].

Интересной разработкой является аквапонная установка словенских специалистов, включающая мелкие рыбоводные пруды (объем 36 м<sup>3</sup>), в которых выращивался карп с первоначальной плотностью посадки 0,6 кг/м<sup>3</sup>, и томаты по системе плотовых плавучих систем [4].

Исследования показывают, что в среднем на каждые 60–100 г подаваемого корма требуется 1 м<sup>2</sup> культуры гидропоники для посредствен-



ной очистки воды [1]. Площади 1 м<sup>2</sup> гидропоники хватает, чтобы удалить 0,83 г N и 0,17 г P [2].

В резервуарах для рыбы плотность посадки может варьировать от 20 кг/м<sup>3</sup> (ФАО, 2014, 17) до 70–80 кг/м<sup>3</sup>, и только в некоторых конкретных случаях можно достичь плотности посадки около 140–200 кг/м<sup>3</sup>, но время использования воды не может превышать 1,2 ч во избежание накопления аммиака после подачи корма.

**Виды растений и рыб для аквапоники.** В тепличных аквапонных системах можно выращивать разнообразные сельскохозяйственные культуры с различной потребностью в питательных веществах [14]: *низкой* (салат, свекла, руккола, базилик, шпинат, мята, петрушка, кориандр, чеснок, китайская капуста, кресс-салат, горох и фасоль), *высокой* (как правило, плодоносящие культуры — такие как томаты, баклажаны, огурец, кабачки, клубника и перец) и *средней* (капуста, цветная капуста, брокколи и кольраби) [16]. Установлено, что целесообразнее выращивать методом аквапоники культуры с коротким вегетационным периодом (45–60 дней) [6]. Среди них наиболее простой и рентабельной для выращивания в аквапонных установках является салат: его период вегетации составляет 10–15 дней, а выход продукции достигает 8 кг/м<sup>2</sup> [3].

Виды рыб, пригодные для выращивания в аквапонике, должны обладать способностью акклиматизироваться к теплой и холодной воде, выносить высокие плотности, адаптироваться к низкому качеству воды и переносить колебания ее параметров, а также быть устойчивыми к болезням. В целом, данные виды должны быть пригодными для выращивания в системах УЗВ. Основными среди них являются форель, лосось, карп обыкновенный, окунь, сом, треска, мраморный бычок, дорадо, морской окунь, кефаль и пангасиус, сардины [16]. Из всех видов тилапия (*Oreochromis sp.*) является наиболее распространенной и коммерчески успешной в мировом масштабе. Также очень популярен клариевый сом, так как он устойчив к высоким концентрациям в воде азота (аммиак — до 6,5 мг/л) и выдерживает сверхплотные посадки — до 300 кг/м<sup>3</sup>, а широкий спектр пищевой адаптации позволяет кормить его форелевыми и карповыми кормами [1].

В работах российских специалистов, как правило, приводятся системы на основе клариевого сома, причем с различной плотностью посадки (от 200 до 2000 особей на 1 м<sup>3</sup> воды) и растений салата [3, 8, 14, 24]. В ростовском ФГБУН «ЮНЦ РАН» успешно опробовано выращи-



вание не только теплолюбивых видов рыб, как тилапия и сом, но и русского осетра, например в системе с культурой томата [6]. В аквапонной установке казахских специалистов выращивалась молодь клариевого сома (2 бассейна) и культура ремонтантной клубники [19].

В аквапоник-системе Швейцарского города Вадэнсвил применяется совместное выращивание окуня обыкновенного и томатов (2500 растений) [7]. На немецком предприятии ECF Farmsystems в аквапонной системе вкупе с тилапией (плотность посадки  $120 \text{ кг/м}^3$ ) выращивают многочисленные культуры. Так, в одной температурной секции выращивают огурцы, томаты, перец, баклажаны, во второй — салат и зелень, свеклу мангольд и фасоль [22]. Оригинальная аквапонная установка словенских специалистов включала мелкие рыбоводные пруды (объем  $36 \text{ м}^3$ ) для выращивания карпа с плотностью посадки  $0,6 \text{ кг/м}^3$  и томаты по системе плотовых плавучих систем [4].

**Применение методов аквапоники в России, Беларуси и за рубежом.** Как направление аквапоника возникла в 1975 г., а в настоящее время получила свое развитие в виде многочисленных ферм, на которых производится органическая продукция [25].

Само название «аквапоника» было предложено группой ученых из Университета Виргинских островов, которые в течение не одного десятилетия занимались проектированием и воплощением в реальность особой закрытой системы. Получившуюся систему в итоге и назвали «аквапоникой», поскольку в ней скомбинированы две прогрессивные технологии: «аквакультура», подразумевающая разведение рыбы в хорошо организованной системе, и «гидропоника», то есть метод выращивания растительной продукции не в почве, а в водной среде.

В странах Запада на сегодняшний день аквапоника распространена достаточно широко. Так, еще в 2005 г. в США насчитывалось 1105 фермерских хозяйств по производству продукции по технологии аквапоники [25]. Упоминаются подобные тепличные фермерские хозяйства и для Канады (г. Альберти) [9].

В целом разработкой аквапонных систем помимо вышеупомянутых занимаются практически все развитые страны: Австралия, Англия, Германия, Китай, Португалия, Испания, Япония [20]. Но признанными лидерами в данном направлении являются голландцы. Широко известен их проект EсоFutura по аквапонной технологии выращивания томатов в закрытом грунте в зимнее время с одновременным разведением карпа [25]. Также среди крупных производств можно упомянуть сель-



скохозяйственное предприятие ECF Farmsystems в г. Берлине, где в различных температурных секциях теплиц выращивают многочисленные овощные культуры, а резервуары для разведения тилапии занимают площадь свыше 2000 м<sup>2</sup> [22].

На Филиппинах метод аквапоники получил распространение в виде мини-установок в жилых помещениях местного населения, что дает возможность самообеспечения продукцией беднейших слоев населения [26].

Американские инженеры и биологи разработали фермы Aquaponics USA, которые позволяют любителям натуральных продуктов наслаждаться собственноручно выращенной рыбой и свежими овощами [27].

В России данное направление начало свое развитие с 1984 г. [20]. И хотя разработками в данной области науки занимаются многочисленные научные центры, промышленное выращивание рыбы и овощей в этой стране методом аквапоники в основном рентабельно только для южных регионов — Астраханской и Ростовской областей, Краснодарского края и др. [25]. Так, методы аквапоники апробированы и успешно применяются на базе осетровых хозяйств Краснодарского края [20] и в условиях базы «Кагальник» ЮНЦ РАН (г. Ростов-на-Дону) [3, 14].

В России для развития и поддержания направления простейшие аквапонные установки внедряются в образовательный процесс некоторых школ, например, система FishPlant, включающая в себя аквариум, фильтр, насосы, нагреватели, а также контейнеры для рыб и растений [28].

В Республике Беларусь аквапоник-система пока не применяется, исследования в этой области только начаты. При этом можно прогнозировать целесообразность их создания в дальнейшем и рентабельность работ в связи с невысокими расходами на оплату ручного труда работников, и, главное, мощно развитой сетью тепловых и электрических центральных станций, котельных и др. объектов энергетического комплекса [7]. Опытные аквапонные установки тестируются на базе аквариального комплекса Полесского государственного университета (г. Пинск), где сотрудники исследуют содержание азотистых соединений в тепловодных УЗВ при выращивании африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) [13, 23]. Аквапоник-система для выращивания овощной продукции, оснащенная многочисленными новейшими системами автоматизированного управления и регулирования, разрабаты-



вается в Белорусском государственном университете МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ (г. Минск) [20].

**Рентабельность аквапонных систем.** Разработанные системы аквапоники, как правило, показывают высокие результаты. Это обусловлено простотой их сборки и эксплуатации, малозатратностью (расход электроэнергии, воды и человеческих ресурсов) и эффективной работой [6]. Рост спроса на экологическую продукцию объясняет ее удорожание, поэтому, например, в Европейских странах томаты, выращенные методом аквапоники, стоят в 5 раз дороже, а трудозатраты выше всего в 2 раза [25].

Как правило, аквапонные установки демонстрируют хорошие показатели рентабельности. Растительная продукция оказывается более рентабельной, чем выращенная гидропонным способом, а рыбная — более рентабельной в сравнении с показателями установок УЗВ. Так, при выращивании в установке клариевого сома и укропа рентабельность производства сома составила 22,8 %, что на 1,4 % выше показателя рентабельности в работе УЗВ. Показатель рентабельности продукции укропа составил 116,9 %. В целом данная аквапонная установка в сравнении с чистой УЗВ была рентабельнее на 3,5 % [24]. По данным Даниловой А.А., латук посевной оказался на 8,9 % рентабельнее при выращивании в аквапонной системе, чем в гидропонной в условиях осетрового хозяйства Краснодарского края [20]. При совместном культивировании с русским осетром растения томата на 40-е сутки оказались на 160 % рентабельнее по сравнению с выращенными в гидропонике [6]. При совместном выращивании с клариевым сомом на базе «Кагальник» отмечался интенсивный рост салата: за 25 сут роста биомасса достигла 0,8–1,0 кг/м<sup>2</sup> [3]. Вообще же при выращивании методом аквапоники выход растительной продукции следующий: на 1 кг рыбы можно получить 18–19 кг овощей [20].

Для аквапонного технологического комплекса по выращиванию клариевого сома, разработанного российскими специалистами [29], приводятся следующие экономические показатели: стоимость его при размещении в существующем производственном помещении ориентировочно составляет 500 000–550 000 российских рублей (6868,0–7551,5 дол. США), себестоимость составляет 250 000–300 000 российских рублей (3432,5–4119,0 дол. США). Рентабельность проекта при его предложении на рынке — 83 %. Срок окупаемости проекта для производителей товарной рыбы и продуктов растениеводства составляет 4,5–5 лет.



По расчетам специалистов промышленной аквапонной фермы AQUAFARM в Украине для того, чтобы предприятие окупилось, минимальные масштабы производства должны быть от 10 т рыбы в год [30]. Кроме этого, принимая во внимание дороговизну электроэнергии, в аквапонике должны активно использоваться различные альтернативные источники энергии, которые органично вписываются в концепцию экологически чистого производства (солнечные коллекторы для подогрева воды) и экологичные материалы, (биопосуда и крафтовая бумага, подлежащие повторной переработке).

Ниже приводятся рыбоводно-биологические показатели некоторых видов рыб в разнообразных системах, при различных плотностях посадок и периодах культивирования:

Русский осетр и томаты: через 2 месяца абсолютный прирост массы рыбы (35 шт.) составил 14,85 г, среднесуточный прирост 0,50 г/сут (1,05 %), коэффициент массонакопления — 0,12 ед., коэффициент упитанности по Фультону 0,34 ед. [6].

Клариевый сом и укроп: через 50 сут прирост массы сома составил 456 г (на 1,1 % больше чем в системе УЗВ) [24].

Клариевый сом и салат: через 45 сут прирост массы рыбы — 57,8 г (контроль — 48,25 г), среднесуточный прирост — 1,28 г (контроль — 1,07 г), выживаемость — 95 % (90 % контроль) [3].

Клариевый сом и садовая земляника: через 15 дней прирост массы рыбы составил 4326 г при первоначальной биомассе 34200 г (против 2772 при его выращивании в УЗВ), а средняя масса особи 103 г (против 66 г соответственно) [23].

Клариевый сом и клубника ремонтантная (2 месяца): прирост массы сома 328,5 г, выживаемость 98,4 %, кормовой коэффициент 1,4 единицы, рыбопродуктивность — 56,73 кг/м<sup>3</sup> [19].

Результаты выращивания в аквапонике тилапии и клариевого сома в казахстанских рыбоводных хозяйствах. Рыбоводно-биологические показатели тилапии (период выращивания около 100 дней): абсолютный прирост 192 г, среднесуточный — 1,57 г, относительный прирост 123 %, кормовой коэффициент 1–1,5 единицы. Рыбоводно-биологические показатели клариевого сома: абсолютный прирост 98 г, среднесуточный — 0,88 г, относительный прирост 155 %, кормовой коэффициент 1,5–1,7 единицы [10].

Карп и салат: за 52 дня абсолютный прирост рыбы составил 181 кг (нач. масса 648 кг), плотность начальная 43,8 кг/м<sup>3</sup>, конечная — 56,0 кг/м<sup>3</sup> [21].



Карп и томаты (4 месяца): прирост биомассы рыбы — 26,4 кг (в аналогичном пруду, не образующем аквапонной системы — 19,4 кг), прирост массы тела составил 134,6 % (против 98,6 % соответственно), среднесуточный прирост 0,23 % в день (против 0,19 %), смертность 0 % (против 2,18 %) [4].

**Трудности и недостатки аквапонных систем.** При всех положительных сторонах использования аквапоники, недостатки данной технологии включают высокие первоначальные инвестиции, требуемый высокий уровень образования сотрудников, «чувствительность» систем и некоторые другие.

Промышленное выращивание рыбы и овощей требует высоких стартовых затрат, так как необходимо построить теплицы и в них размещать водоемы. Кроме того, система требует источника энергии для работы насосов. Также серьезным ограничением развития аквапоники даже в умеренном климате являются высокие затраты на поддержание необходимой температуры. Одна из трудностей использования аквапоники — это необходимость обеспечения сельскохозяйственных культур оптимальным количеством солей в растворе (электропроводности 3,5 мСм/л) для того, чтобы можно было гарантировать высококачественный урожай овощей с середины зимы. Необходимо отметить, что цены на продукты питания, которые в итоге получаются, превышают обычные более чем в два раза. Несмотря на указанные минусы, практика использования исследуемой технологии в странах ЕС показывает, что она более экономически эффективна, чем традиционные методы ведения сельского хозяйства. Спрос на экологически чистые продукты постоянно возрастает. Так, в странах Евросоюза томаты, выращенные по технологии аквапоники, содержат нитратов в десять раз меньше, чем в закрытом грунте, и стоят в пять раз дороже. При этом затраты увеличиваются всего в два раза. Учитывая все вышеизложенное, требуются тщательные подходы, расчеты и исследования для освоения технологии аквапоники в Беларуси.

**Выводы.** Аквакультура является наиболее устойчивой системой для производства пищи (белка) животного происхождения, дальнейшее увеличение её устойчивости может достигаться посредством системы аквапоники. Её преимуществами являются высокая производительность, снижение потребностей в воде, рациональная переработка отходов, снижение заболеваемости растений и использования пестицидов, модульность системы, позволяющая применять систему в разных вариантах.



В аквапонных технологиях можно установить характерное лишь для природы равновесие, при этом аквапонные фермы являются эффективными с точки зрения затрат на производство продукции и объемов урожая и вполне могут соперничать с традиционными сельскохозяйственными объектами, делающими ставку на проверенные технологии, традиционные конструкции и обычные удобрения.

В условиях нехватки водных ресурсов, быстрого развития аквакультуры и деградации земель аквапоника становится перспективным направлением сельскохозяйственного производства.

В республике Беларусь технология аквапоники только набирает обороты. Лабораторные аквапонные установки тестируются на базе аквариального комплекса Полесского государственного университета (г. Пинск), аквапоник-система для выращивания овощной продукции, оснащенная многочисленными новейшими системами автоматизированного управления и регулирования, разрабатывается в Белорусском государственном университете МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ (г. Минск). Научный интерес представляет изучение интегрированных систем, направленное увеличение числа трофических уровней, сокращение водопотребления, повышение рыбопродуктивности, сокращение себестоимости рыбной продукции, изменение пространственной конфигурации рыбоводных систем.

При этом требуются тщательные подходы, расчеты и исследования для успешного освоения технологии аквапоники в Беларуси.

### Список использованных источников

1. Tidwell, J.H. Aquaculture Production Systems / J.H. Tidwell; Frankfort, Kentucky, USA : John Willey& Sons, 2012 — 421 p.
2. Tyson, R.C. Opportunities and Challenges to Sustainability in Aquaponic Systems / R.C. Tyson, D.D. Treadwell, E.H. Simonne // *HorTechnology*. — 2011. — vol. 21. — P. 6–13.
3. Григорьев, В.А. Опыт совместного выращивания клариевого сома (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) и салата (*Latuca sativa* L.) методом аквапоники / В.А. Григорьев [и др.] // *Естественные науки*. — №4 (53). — 2015. — С. 96–101.
4. Tjaša Griessler Bulc. Akvaponika — orodje za sonaravno ribogojstvo / Tjaša Griessler Bulc, Aleksandra Krivograd Klemenčič // *Nferenca VIVUS — s področja naravovarstva, kmetijstva, horticulture in hivilstva* «Znanije in izkušnje za nove podjetniške prilofnosti, 24–25 april 2013. — Biotejniški center Naklo, Strahinji, 99 Naklo, Slovenija». — 2013. — P. 439–452.



5. Воронина, М.В. Использование методов гидропоники в сельском хозяйстве / М.В. Воронина // С. Научное обеспечение агропром комплекса. Сб. статей по материалам XII всероссийской конференции молодых ученых. Краснодар. — 2019. — С. 219–220.
6. Гридина, Т.С. Инновационная биотехнология выращивания объектов аквакультуры и сельскохозяйственных растений с применением биопрепарата в искусственно сформированной системе этажного типа / Т.С. Гридина, У. С. Александрова, А.А. Кузов // Сб. Аквакультура осетровых рыб: проблемы и перспективы. Сб. статей Межд. научно-практ. конф. — 2017. — С. 74–77.
7. Николайчик, И.А. Аквапоник-системы как способ производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции по безотходным технологиям / И.А. Николайчик, Ю.Н. Заблочкин // Ученые записки УО ВГАВМ. — 2009. — Т. 45. — Вып. 2. — Ч. 2. — С. 155–159.
8. Ковригин, А.В. Автоматизированная технология производства экологически чистой продукции растениеводства и аквакультуры в контролируемых условиях помещений / А.В. Ковригин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. — 2016. — № 4 (12). — С. 124–129.
9. Юрьева, Е.В. Гидропоника и аквапоника — как современные методы выращивания растений и рыбы / Е.В. Юрьева // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы национальной научно-практической конференции. — Саратов, 4-5 окт. — 2016 — С. 146–150.
10. Сыздыков, К.Н. Рыбоводные показатели при выращивании рыб в аквапонике / К.Н. Сыздыков [и др.] // БЫЛЫМ ЖАРШЫСЫ. — 2017. — С. 53.
11. McMurtry, M.R. Effects of Biofilter / McMurtry M.R., Sanders D.C., Cure J.D., Hodson R.G. // Culture Tank Volume Ratios on Productivity of a Recirculating Fish / Vegetable CoCulture System, Journal of Applied Aquaculture. — 7:4. — 1997. — P. 33–51.
12. Khakyzadeh, V. Waste to wealth: a sustainable aquaponic system based on residual nitrogen photoconversion / Khakyzadeh, V. // Royal Society of Chemistry, — 2015. — vol. 5. — P. 3917–3921.
13. Козырь, А.В. Влияние аквапонного модуля на содержание азотистых соединений в тепловодных установках замкнутого водоснабжения при выращивании клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / Козырь А.В., Цвирко Л.С. Весник Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. — 2019. — № 1. — С. 87–94.
14. Помазунова, Т.Н. Аквапоника как устойчивая система производства продуктов питания / Помазунова Т.Н., Кузов А.А., Маркина И.А. // В сборнике: Исследования молодых ученых — вклад в инновационное развитие России доклады молодых ученых в рамках программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («У.М.Н.И.К.»). составитель М.В. Лозовская. — 2014. — С. 257–258.



15. Sahdev, Singh. A computer simulation model for wastewater management in an integrated (fish production-hydroponics) system / Doctor of philosophy in biological systems engineering // Blacksburg, Virginia. — 1996. — 150 p.
16. Kamareddine, L.A. Lifecycle assessment of aquaponics / Kamareddine, L.A., & Maraqa, M.A. // Pollution Assessment for Sustainable Practices in Applied Sciences and Engineering. — 2021. — P. 1083–1108.
17. Alessio, G. Acquacoltura responsabile — Verso le produzioni acquatiche del terzo millennio Roma: Unimar-Uniprom // Alessio, G., Allegrucci, G., Angle, G. — Advertising and Communication - Roma. — 2001. — 688 p.
18. Lennard, W.A. Aquaponic integration of Murray Cod (*Maccullochella peelii peilii*) aquaculture and lettuce (*Lactuca sativa*) hydroponics / W.A. Lennard, Ph.D dissertation, School of Applied Sciences, Department of Biotechnology and Environmental Biology, Royal Melbourne Institute of Technology. Melbourne, Victoria Australia. — 2006. — 50 С.
19. Омиржанова, Н.М. Совместное выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) и клубники ремонтантной в тепличной аквапонной установке / Н.М. Омиржанова, К.Ш. Нургазы, Т.Т. Баракбаев. // Сб. трудов: Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. — № 34. — 2018. — С. 115–122.
20. Довлатов И.М. Возможность производства экологически чистой продукции растениеводства и аквакультуры в контролируемых условиях среды / Довлатов И.М., Смирнов А.А., Прошкин Ю.А. // Инновации в сельском хозяйстве. — 2020. — № 1 (34). — С. 80–86.
21. Jaeger, C. Mass balanced based LCA of a common carp-lettuce aquaponics system / Christophe Jaeger [et al.] // Aquacultural engineering. — 84(2019). — P. 29–41.
22. Престеле, К. Ферма в городе / Новое сельское хозяйство. — 2016. — № 4. — С. 44–45.
23. Козырь, А.В. Влияние аквапонного NFT-модуля на темпы массонакопления клариевого сома (*Clarias gariepinus* В., 1868) / А.В. Козырь, Л.С. Цвирко // Биотехнология. Достижения и перспективы развития: сб. матер. III Междунар. науч.-практ. конф. — 2018. — С. 57–59.
24. Ковригин, А.В. Изучение эффективности эксплуатации автоматизированной аквапонной установки в зависимости от режимов ее работы / А.В. Ковригин, А.П. Хохлова, Н.А. Маслова // Вестник КрасГАУ. — 2015. — №11(10). — С. 90–96.
25. Викулова, В.С. Аквапоника — как новое развитие агропродовольственного комплекса / В.С. Викулова // Сб. Закономерности развития региональных агропродовольственных систем. — 2015. — № 1 — С. 50–52.
26. Лапина, О.В. Аквапоника как инновационный способ развития прудового рыбоводства / О.В. Лапина // Научные достижения: теория, методология, практика. Сб. науч трудов по материалам IX Междунар науч-практ конф. Анапа, 28 июня 2019. — Анапа, ООО «НИЦ ЭСП» в ЮФО (НИЦ «ИННОВА»). — 2019. — С. 5–9.
27. Сборник информационных материалов по теме: Аквапоника — технология сельского хозяйства будущего / Отв. за выпуск: Ю. Щербинин, А Антоненко. — Белгород. — 2015. — 46 с.



28. Букреева, Т.Н. Об опыте организации исследовательской работы с использованием элементов технологии парного обучения на базе аквапонной системы FishPlant / Букреева Т.Н., Нургалиева Л.Б. // Сб. Современные образовательные технологии в системе образования. Мат. II Международной науч-практ конф. — 2017. — С. 9–12.
29. Ковригин, А.В. Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Разработка проекта индустриальной технологии производства продуктов аквакультуры» / А.В. Ковригин. — Белгород. — 2016. — 80 с.
30. <https://www.propozitsiya.com/promyshlennaya-akvapponika-prishla-v-ukrainu>. Дата доступа: 21.07.2021.

## Reference

1. Tidwell J. H. Aquaculture Production Systems, Frankfort, Kentucky, USA: John Willey& Sons, 2012, 421 p.
2. Tyson R.C., Treadwell D.D., Simonne E.H. Opportunities and Challenges to Sustainability in Aquaponic Systems, 2011, vol. 21, pp. 6–13.
3. Grigor'ev V.A. Experience of joint cultivation of clarius catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) and lettuce (*Lactuca sativa* L.) by aquaponics. *Estestvennye nauki* [Natural Sciences], 2015, no. 4 (53), pp. 96–101 (in Russian).
4. Tjaša Griessler Bulc, Aleksandra Krivograd Klemenčič Akvapponika — orodje za sonaravno ribogojstvo, Nferenca VIVUS — s področja naravovarstva, kmetijstva, horticulture in živilstva «Znanije in izkušnje za nove podjetniške priložnosti, 24-25 april 2013, Biotejniški center Naklo, Strahinj, 99 Naklo, Slovenija», 2013, pp. 439–452.
5. Voronina M.V. Using of hydroponic techniques in agriculture. Nauchnoe obespechenie agroprom kompleksa. Sb. statej po materialam XII vsrossijskoj konferencii molodyh uchenyh, g. Krasnodar, 2019 g. [Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles, based on the materials of the XII Russian Conference of Young Scientists, Krasnodar, 2019]. Krasnodar, 2019, pp. 219–220 (in Russian).
6. Gridina T.S., Aleksandrova U.S., Kuzov A.A. Innovative biotechnology for growing aquaculture and agricultural plants using a biological product in artificially formed storey type system. Sb. Akvakul'tura osetrovyyh ryb: problemy i perspektivy. Sb. statej Mezhd. nauchno-prakt. konf. g. Astrahan', 2017 g. [Sturgeon aquaculture: problems and prospects. Sat. articles Int. scientific and practical. conf., Astrakhan, 2017], Astrakhan, 2017, pp. 74–77 (in Russian).
7. Nikolajchik I.A., Zablockij Ju.N. Aquaponic systems as a method for the production of environmentally friendly agricultural products using waste-free technologies. *Uchenye zapiski UO VGAVM* [Scientific notes of UO VGAVM], 2009, vol. 45, issue 2, pp. 155–159 (in Russian).
8. Kovrigin A.V. Automated technology for the production of environmentally friendly crop and aquaculture products under controlled indoor conditions.



- Innovacii v APK: problemy i perspekti* [Innovation in the agro-industrial complex: challenges and prospects], 2016, no. 4 (12), pp. 124–129 (in Russian).
9. Jur'eva E.V. Hydroponics and aquaponics – as modern methods of growing plants and fish. Sostojanie i puti razvitiya akvakul'tury v Rossijskoj Federacii v svete importozameshhenija i obespechenija prodovol'stvennoj bezopasnosti strany. Materialy nacional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii, g. Saratov, 4-5 okt. 2016 g. [The state and ways of developing aquaculture in the Russian Federation in the light of import substitution and ensuring the country's food security. Materials from of national scientific and practical conference, Saratov]. Saratov, 4-5 Oct. 2016, pp. 146–150 (in Russian).
  10. Syzdykov K.N., Kurzhykaev, Zh.K., Narbaev, S.N., Kuanchaleev, Zh.B., & Marlenov, Je. B. Fish-breeding indicators in aquaponics. *Vestnik nauki* [Bulletin of science], 2017, no. 3 (94), pp. 53 (in Russian).
  11. McMurtry M.R., Sanders D.C., Cure J.D., Hodson R.G. Effects of Biofilter. Culture Tank Volume Ratios on Productivity of a Recirculating Fish. Vegetable CoCulture System, *Journal of Applied Aquaculture*, 7:4, 1997, pp. 33–51.
  12. Khakyzadeh V. Waste to wealth: a sustainable aquaponic system based on residual nitrogen photoconversion. Royal Society of Chemistry, 2015, vol. 5, pp. 3917–3921.
  13. Kozyr' A.V., Cvirko, L.S. Influence of the aquapone module on the content of nitrogenous compounds in heat-water plants of closed water supply when growing clarium catfish (*Clarias gariepinus*). *Vestnik Poleskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Polesky State University], 2019, no. 1, pp. 87–94 (in Russian).
  14. Pomazunova T.N., Kuzov, A.A., Markina, I.A. Aquaponics as a sustainable food production system. *Sbornik statej: Issledovanija molodyh uchenyh — vklad v innovacionnoe razvitie Rossii doklady molodyh uchenyh v ramkah programmy «Uchastnik molodezhnogo nauchno-innovacionnogo konkursa» («U.M.N.I.K.»)*, g. Astrahan', 2-4 okt. 2016 g. [Collection of articles: Research of young scientists - a contribution to the innovative development of Russia reports of young scientists within the framework of the program «Participant in the Youth Scientific and Innovative Competition» («U.M.N.I.K.»), Astrakhan]. Astrakhan, 2-4 okt. 2016, pp. 257–258 (in Russian).
  15. Sahdev Singh. A computer simulation model for wastewater management in an integrated (fish production-hydroponics) system. Blacksburg, Virginia, 1996, 150 p.
  16. Kamareddine L.A, Maraqa, M.A. Lifecycle assessment of aquaponics. *Pollution Assessment for Sustainable Practices in Applied Sciences and Engineering*, 2021, pp. 1083–1108.
  17. Alessio G. Allegrucci, G., Angle, G. Acquacoltura responsabile — Verso le produzioni acquatiche del terzo millennio Roma: Unimar-Uniprom, Advertising and Communication - Roma, 2001, 688 p.
  18. Lennard W.A. Aquaponic integration of Murray Cod (*Maccullochella peelii peelii*) aquaculture and lettuce (*Lactuca sativa*) hydroponics. Ph.D dissertation, School of Applied Sciences, Department of Biotechnology and Environmental



- Biology, Royal Melbourne Institute of Technology. Melbourne, Victoria Australia, 2006, 50 p.
19. Omirzhanova N.M., Nurgazy, K.Sh., Barakbaev, T.T. Co-cultivation of clarium catfish (*Clarias gariepinus*) and strawberries repaired in a greenhouse aquapone plant. *Sb. trudov: Voprosy rybnogo hozjajstva Belarusi* [Collection of works: Issues of fisheries in Belarus], 2018, no. 34, pp. 115–122 (in Russian).
  20. Dovlatov I.M., Smirnov, A.A., Proshkin, Ju.A. Ability to produce environmentally friendly crop and aquaculture products under controlled environmental conditions. *Innovacii v sel'skom hozjajstve* [Innovation in agriculture], 2020, no. 1 (34), pp. 80–86 (in Russian).
  21. Jaeger C. Mass balanced based LCA of a common carp-lettuce aquaponics system. *Aquacultural engineering*, 84(2019), pp. 29–41.
  22. Prestele K. Farm in the city. *Novoe sel'skoe hozjajstvo* [New agriculture], 2016, no. 4, pp. 44–45 (in Russian).
  23. Kozyr' A.V. Cvirko, L.S. Effect of the aquaponic NFT module on the mass accumulation rate of clarium catfish (*Clarias gariepinus* B., 1868). *Biotehnologija. Dostizhenija i perspektivy razvitija. Sb. mater. III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Pinsk, 22-23 nojabrja 2018 g.* [Biotechnology. Achievements and prospects for development. Collection of materials of the III International Scientific and Practical Conference, Pinsk], Pinsk, 22-23 november 2018, pp. 57–59 (in Russian).
  24. Kovrigin A.V., Hohlova, A.P., Maslova, N.A. Study of operation efficiency of the automated aquapone plant depending on its operation modes. *Vestnik KrasGAU* [Krasnodar State Agrarian University], 2015, no. 11(10), pp. 90–96 (in Russian).
  25. Vikulova V.S. Aquaponics — as a new development of the agri-food complex. *Zakonomernosti razvitija regional'nyh agropordovol'stvennyh system* [Patterns of development of regional agri-food systems], 2015, no. 1, pp. 50–52 (in Russian).
  26. Lapina O.V. Aquaponics as an innovative way to develop pond fish farming. *Nauchnye dostizhenija: teorija, metodologija, praktika. Sb. nauch trudov po materialam IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Anapa, 28 ijunja 2019 g.* [Scientific achievements: theory, methodology, practice. Collection of scientific works on the materials of the IX International Scientific and Practical Conference, Anapa]. Anapa, June 28, 2019, pp. 5–9 (in Russian).
  27. Shherbinin Ju. Antonenko, A. *Collection of information materials on the topic: Aquaponics - agricultural technology of the future.* Belgorod, Department agro-industrial complex of Belgorod region; OGAU «Agro-Industrial Complex Innovation and Consulting Center», 2015, 46 p. (in Russian).
  28. Bukreeva T.N., Nurgaliev L.B. On the experience of organizing research work using elements of paired learning technology based on the aquapone system FishPlant. *Sovremennye obrazovatel'nye tehnologii v sisteme obrazovanija. Materialy II Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf., 2017 g.* [Modern educational technologies in the education system. Materials. II International Scientific and Practical Conference]. 2017, pp. 9–12 (in Russian).
  29. Kovrigin A.V. *Report on research work on the topic «Development of an industrial technology project for the production of aquaculture products».* Belgorod, Federal



State Budgetary Educational Institution higher education «Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin», 2016, 80 p. (in Russian).

30. <https://www.propozitsiya.com/promyshlennaya-akvapionika-prishla-v-ukrainu>.  
Data dostupa: 21.07.2021.

### **Сведения об авторах**

*Таврыкина Оксана Михайловна* — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая лабораторией гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: [tavrykina@mail.ru](mailto:tavrykina@mail.ru)

*Литвинова Анастасия Геннадьевна* — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: [nastya\\_litvinova\\_1986@mail.ru](mailto:nastya_litvinova_1986@mail.ru)

### **Information about authors**

*Tavrykina Oksana* — Ph.D. (Agricultural Sciences), assistant professor, Head of Lab. Hidrobiology and Hydrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: [tavrykina@mail.ru](mailto:tavrykina@mail.ru)

*Litvinava Anastasiya* — Ph.D. (Biology), Leading Researcher of Lab. Hidrobiology and Hydrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: [nastya\\_litvinova\\_1986@mail.ru](mailto:nastya_litvinova_1986@mail.ru)



УДК 592+639.2.053.7(26)

Поступила в редакцию 11.10.2021

<https://doi.org/10.47612/978-985-880-00000-0-2022-37-249-264>

Received 11.10.2021

**О.М. Таврыкина, А.Г. Литвинова, Г.П. Воронова, С.И. Ракач***РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

## **ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСА УДОБРЕНИЙ НА РАЗВИТИЕ КОРМОВОЙ БАЗЫ ПРУДОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТОВАРНОЙ РЫБЫ**

**Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы по изучению влияния комплекса интенсификационных мероприятий на развитие естественной кормовой базы прудов при выращивании товарной рыбы. Изучались видовое разнообразие, численность, биомасса, продукция зоопланктона и зообентоса на протяжении вегетационного сезона, выявлен состав доминантных видов в сообществах. На экспериментальных прудах были изучены 4 варианта опыта по внесению органических, минеральных удобрений и кормов. Было установлено, что для развития трофической базы рыбоводных прудов самым эффективным и недорогим из примененных методов оказалось внесение в них в комплексе органических удобрений — пивной дробины и остаточных пивных дрожжей из расчета 1000 и 50 кг/га соответственно совместно с ограниченной дозой минеральных удобрений.

**Ключевые слова:** интенсификация рыбоводства, комплекс мер, рыбоводные пруды, удобрение прудов, корма, зерно, комбикорм, кормовая база, зоопланктон, зообентос, численность, биомасса, продукция, доминантные виды

**О.М. Tavrykina, A.G. Litvinova, G.P. Voronova, S.I. Rakach***RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry”, Minsk, Belarus*

## **INFLUENCE OF A COMPLEX OF FERTILIZERS APPLICATION ON THE DEVELOPMENT OF THE FODDER BASE OF PONDS FOR GROWING MARKETABLE FISH**

**Abstract:** The article is devoted to study, how does the using of various intensification measures in the fish cultivation influence of on the development



of the fodder base of ponds. The zooplankton and zoobenthos species diversity, abundance, biomass and production of in the season were studied, the dominant species, composition of these communities was detected. 4 variants of the experiment to bring in different organic, mineral fertilizers and feed to the experimental ponds were put. As a result, it was found that among the applied methods the most effective and inexpensive for the development of the trophic base of fish ponds was the introduction of complex of organic fertilizers into them — brewer's grains and residual brewer's yeast at the rate of 1000 and 50 kg/ha with a limited dose of mineral fertilizers.

**Keywords:** fish farming intensification, fish ponds, fertilization of fish ponds, fish feed, seed, compound feed, zooplankton, zoobenthos, amount, biomass, production, dominant species

**Введение.** Рыбное хозяйство традиционно заинтересовано в получении как можно большей конечной продукции при минимализации затрат. Основными направлениями повышения рыбопродуктивности прудов обычно являются поликультура рыб, их кормление и удобрение прудов [1]. Из вышеперечисленных интенсификационных мероприятий система удобрения прудов влияет на рост и развитие рыб за счет повышения трофности рыбоводных водоемов. Удобрения, вносимые в пруд, сначала создают условия для массового развития фито- и бактериопланктона, поскольку нивелируют недостаток биогенных элементов в воде, в первую очередь азота и фосфора. Они участвуют в формировании первичной продукции, которая далее утилизируется трофической цепью, так как увеличение численности и биомассы микроорганизмов способствует интенсивному развитию зоопланктона [2].

Для увеличения биомассы зоопланктона целесообразно внесение как минеральных, так и органических удобрений, а также микробных удобрений [3]. Например, описана целесообразность внесения по определенной схеме аммиачной селитры, монофосфата калия и хлористого калия для развития в прудах кормовых организмов [4].

Традиционными органическими удобрениями, используемыми в рыбоводстве, являются навоз и птичий помет. Так, украинскими исследователями описано, что внесение навоза из расчета 2 т/га стимулировало развитие зоопланктона и природное самоочищение водоемов [5], а птичий помет (из расчета 0,12 т/га) и перегной КРС способствовали развитию в прудах коловраток, повышая их биомассу в 3,6 раза [6].

В последние годы все большее применение в качестве органического удобрения прудов находят отходы пищевого производства: пивная



дробина, остаточные пивные дрожжи, спиртовая барда и др. [7–9]. Так, описано, что внесение барды из отстойников в дозировке 2–4 т/га весьма положительно сказывалось на развитии зоопланктона [5].

Еще ранее (1987 г., пруды «Белое», БССР) было описано, что внесение комбикормов как один из способов интенсификации, определяемое различными их объемами, довольно значительно влияет на таксономическую структуру зоопланктона, часто приводя к снижению в ней относительной доли веслоногих ракообразных [10]. К аналогичному выводу пришли в своей работе украинские ученые и в отношении внесения в пруды смеси комбикорма с бардой (20 %) [11].

**Материалы и методика.** Для проведения работ были выбраны 4 экспериментальных пруда ХРУ «Вилейка» одинаковой площадью около 0,24 га. Использовались различные комплексы интенсификационных мероприятий при выращивании товарной рыбы в них. Соответственно, проводились 4 варианта опыта, в каждый из 4 прудов удобрения и корма для рыб вносились по своей системе.

Все пруды были зарыблены в начале марта по одинаковой схеме двухгодовиками четырех видов рыб: *карп*, *нестрый толстолобик*, *белый амур* и *карась* с общей плотностью посадки 1541 экз./га.

Работы по внесению кормов и удобрений в пруды проводились с мая по сентябрь 2021 г. Вносились 3 вида *органических удобрений* (спиртовая барда, пивная дробина и остаточные пивные дрожжи), *минеральные удобрения* (аммиачная селитра (азотное удобрение) и аммофос (комплексное азотно-фосфорное удобрение), использовались *корма* (зерно и зерноотходы, а также комбикорм марки К-111). Минеральные и органические удобрения вносили в пруды по воде с дальнейшим распределением по всей поверхности пруда. В табл. 1 представлена схема опыта по внесению мелиорантов и кормов в рассматриваемые пруды.

В первых двух вариантах опыта упор делался на внесение различных видов органических удобрений. В первый пруд вносились барда и пивная дробина из расчета 375 и 1000 кг/га за сезон, во второй — пивная дробина и остаточные пивные дрожжи из расчета 1000 и 104 кг/га за сезон, в третий пруд вносились минеральные удобрения по 30 кг аммиачной селитры и аммофоса на пруд за сезон на фоне кормления рыбы зерном в количестве 2460 кг/га за сезон, в четвертом варианте опыта изучалось влияние внесения минеральных удобрений по 125 кг аммиачной селитры и аммофоса на пруд за сезон и кормления рыбы комбикормом 960 кг/га за сезон.

**Таблица 1. Схема опытов по внесению органических, минеральных удобрений и кормов в экспериментальных прудах ХПУ «Вилейка», 2021 г.**

**Table 1. Scheme of experiments on the introduction of organic, mineral fertilizers and feed in the experimental ponds of the Vileika fish farm, 2021**

№ ва-рианта, (пруда)	Органические удобрения кг/га за сезон			Минеральные удобрения, кг/га за сезон		Затраты корма кг/га	
	барда	пивная дробина	ост. пив-ные дрож-жи	аммиачная селитра	аммофос	комбикорм К-111	Зерно и зерно-отходы
1	375	1000	—	30	30	46	2460
2	—	1000	104	30	30	46	2460
3	—	—	—	125	125	46	2460
4	—	—	—	125	125	960	—

Оценка влияния комплекса мероприятий на продуктивность экспериментальных рыбоводных прудов проводилась по показателям развития сообществ зоопланктона и зообентоса. Отборы проб зоопланктона проведены 7-кратно, зообентоса — 6-кратно за сезон с мая по сентябрь, с периодичностью примерно 2—3 недели по стандартной методике их отбора.

При лабораторной обработке проб использовался бинокулярный микроскоп АУ-10 с увеличением Ч140 и счетная камера Богорова. При определении видового состава и таксономической принадлежности гидробионтов использовались определители зоопланктонных и бентосных организмов [12—14]. Биомасса зоопланктона определялась исходя из значений индивидуальных весов составляющих его видов. Продукция зоопланктона рассчитывалась по биомассам и известным из литературы Р/В коэффициентам. При определении биомассы бентоса использовались торзионные весы.

Целью работы является оценка влияния внесения комплекса различных органических удобрений и кормов на биологическую продуктивность рыбоводных прудов по показателям количественного развития зоопланктона и зообентоса.

**Результаты исследований.** Изучение количественного развития зоопланктона в прудах с различными вариантами их удобрения проводилось на основе анализа следующих показателей: численность (N, экз./л), биомасса (B, мг/л) и суточная продукция (P, г/м<sup>3</sup>\*сут<sup>-1</sup>). Их динамика в сезоне представлена в табл. 2.



Таблица 2. Динамика развития организмов зоопланктона в прудах ХРУ «Вилейка» за исследованный сезон  
 Table 2. Zooplankton organisms' development dynamics in the ponds of the Vileika fish farm for the investigated season

Показатель	Дата	№ варианта (пруда)			
		1	2	3	4
N, экз./л	20.05.2021	328	298	601	205
	08.06.2021	<b>16</b>	496	273	201
	30.06.2021	86	157	86	173
	22.07.2021	70	300	221	508
	11.08.2021	218	391	82	214
	25.08.2021	328	-	150	451
	07.09.2021	136	<b>988</b>	203	158
B, мг/л	20.05.2021	4,06058	3,60950	4,94869	0,11314
	08.06.2021	<b>0,00824</b>	1,72821	<b>5,08815</b>	0,12006
	30.06.2021	0,02459	3,20572	1,74233	3,95565
	22.07.2021	0,37318	1,64948	1,76796	3,04474
	11.08.2021	1,23375	3,35396	0,77109	2,67483
	25.08.2021	0,94464	-	0,66321	1,40634
	07.09.2021	0,49813	3,69530	0,67739	0,59380
P, г/м <sup>3</sup> *сут <sup>-1</sup>	20.05.2021	0,545213	0,627296	<b>1,057346</b>	0,202711
	08.06.2021	<b>0,002472</b>	0,257230	0,723649	0,388617
	30.06.2021	0,280427	0,439924	0,240383	0,651058
	22.07.2021	0,097150	0,256572	0,278012	0,802192
	11.08.2021	0,335340	0,548527	0,150667	0,752409
	25.08.2021	0,244362	-	0,136241	0,382477
	07.09.2021	0,114919	0,561882	0,119531	0,151488

Примечание: знак прочерка указывает, что проба не была учтена; жирным выделены минимальные и максимальные значения показателя

**Динамика продукционных показателей зоопланктона.** В динамике численности зоопланктона первых двух прудов отмечались два максимума. Первый — в начале сезона исследований, т.е. в мае — начале июня: (328 экз./л — первый, 496 экз./л — второй вариант) — был связан с развитием в обоих прудах *Conochilus unicornis*. Второй — в конце лета — начале сентября: (вариант № 1 — 328 экз./л, вариант № 2 — 988 экз./л.) — связан с массовым развитием в обоих прудах коловраток *Brachionus angularis* и *Trichocerca cylindrica*. В третьем варианте численность имела 1 пик в конце мая, обусловленный развитием коловратки *Keratella*

*cochlearis* (601 экз./л). В четвертом варианте максимум численности (451–508 экз./л) отмечался во второй половине лета и был обусловлен массовым развитием брахионуса (*Brachionus diversicornis*).

Минимальное (16 экз./л) по всем четырем вариантам значение численности за сезон исследований зафиксировано в первом пруду 08.06, наибольшее (988 экз./л) — во втором пруду 07.09. Та же тенденция отмечалась и по среднесезонным показателям численности зоопланктона (рис. 1) с максимумом во втором варианте опыта (пруд № 2 — 448 экз./л) и минимумом — в первом (пруд № 1 — 169 экз./л).

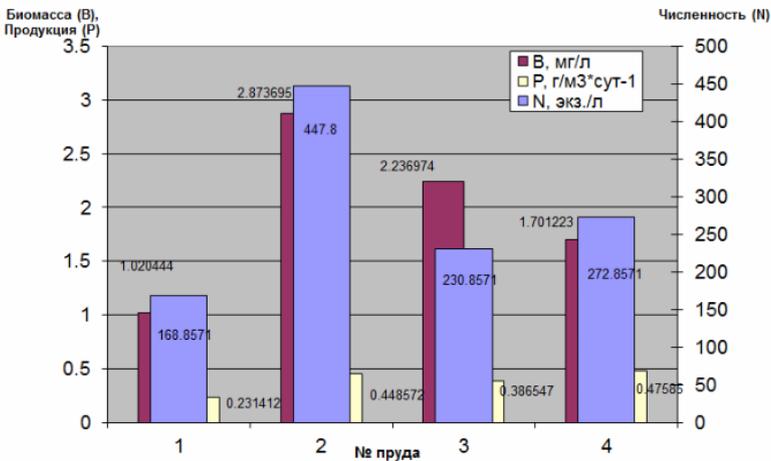


Рис. 1. Среднесезонные показатели развития организмов зоопланктона в прудах рыбхоза «Вилейка»

Fig. 1. Average season indexes of the zooplankton organisms development in the ponds of the Vileika fish farm

Таким образом, численность зоопланктона во всех экспериментальных прудах определялась группой коловраток, а ее максимумы в течение вегетационного периода (1–2) обуславливались развитием массовых видов коловраток, характерных для каждого пруда.

Средний по сезону показатель численности зоопланктона был максимален во втором варианте, где упор делался на внесение пивной дробины и остаточных и пивных дрожжей, минимален — в первом варианте, куда вносились барда и пивная дробина, и имел достаточно близкие значения в прудах третьего и четвертого вариантов опыта.



Максимумы биомассы и суточной продукции зоопланктонного сообщества в первом варианте совпали по времени с максимумами численности. Первый (20.05 — 4,06 мг/л) определялся копеподитными стадиями циклопов, второй (во второй половине августа — 0,94–1,23 мг/л) был сформирован как крупными коловратками *Brachionus diversicornis* и *Asplanchna priodonta*, так и копеподитами. Во втором пруду биомасса имела достаточно стабильные и высокие показатели на протяжении практически всего периода исследований (1,65–3,70 мг/л), определяясь преимущественно циклопными стадиями копеподитов. В третьем пруду, как и численность, показатель биомассы был максимален в конце мая — начале июня (4,95–5,1 мг/л), формируясь копеподитами циклопов, *Asplanchna priodonta* и представителем ветвистоусых ракообразных *Polyphemus pediculus*. В четвертом варианте биомасса была максимальной 30.06 (3,96 мг/л), определяясь копеподитами циклопов и ветвистоусым рачком *Ceriodaphnia quadrangula*, и 22.07 (3,04 мг/л), что было обусловлено развитием *Brachionus diversicornis*.

Минимальное по всем четырем вариантам опыта значение биомассы (0,0082 мг/л) и продукции (0,0025 г/м<sup>3</sup>\*сут<sup>-1</sup>) отмечено в первом пруду 08.06., наибольшее же (5–5,1 мг/л и 1,06 г/м<sup>3</sup>\*сут<sup>-1</sup>) — в третьем пруду в конце мая — начале июня.

Суточная продукция во втором пруду практически на протяжении всего исследованного сезона создавалась веслоногими и ветвистоусыми ракообразными, в остальных же прудах основу продукции зоопланктона в первой половине исследованного периода создавали веслоногие и ветвистоусые ракообразные, а со второй половины лета — преимущественно коловратки.

На рис. 1 выше представлены средние за сезон значения показателей по каждому из вариантов. Диаграмма свидетельствует о том, что среднесезонная биомасса зоопланктона была наибольшей во втором варианте опыта (пруд № 2 — 2,87 мг/л). Первый пруд имел самые низкие среднесезонные значения показателей (1,02 мг/л и 0,23 г/м<sup>3</sup>\*сут<sup>-1</sup>). Четвертый пруд имел более низкую биомассу (1,7 мг/л) по сравнению с третьим (2,2 мг/л). Средней за сезон показатель продукции зоопланктонного сообщества был практически равноценен для второго-четвертого вариантов опыта (0,39–0,48 г/м<sup>3</sup>\*сут<sup>-1</sup>).

Таким образом, в формировании биомассы всех четырех вариантов, и особенно второго, определяющее значение принадлежит копеподитным стадиям развития циклопов. Кроме того, в первом и четвертом



вариантах биомассу в значительной степени создавали коловратки (в первую очередь, *Asplanchna priodonta* и *Brachionus diversicornis*), а во втором-четвертом вариантах был достаточно значимым вклад представителей ветвистоусых ракообразных (второй пруд — *Ceriodaphnia quadrangula* и *Scapholeberis mucronata*, третий — *Polyphemus pediculus* и *Alona rectangula*, четвертый — *Ceriodaphnia quadrangula*). Как и численность, среднесезонный показатель биомассы был максимален во втором варианте, первый же вариант имел самые низкие биомассу и продукцию зоопланктонного сообщества в сезоне.

**Доминантные виды зоопланктона.** Необходимо отметить, что все четыре варианта характеризовались достаточно близким видовым составом зоопланктона, в котором на протяжении охваченного исследованиями периода (конец весны — начало осени) по числу видов доминирующей группой зоопланктона были коловратки (18 видов — первый, 15 видов — второй, 20 видов — третий и четвертый пруды соответственно). Веслоногие ракообразные были представлены незрелыми науплиальными и копепоидитными стадиями развития на протяжении всего периода исследований, а группа ветвистоусых ракообразных насчитывала 7 (первый), 8 (второй) и 11 видов (третий и четвертый пруды).

В первом варианте численность определяли коловратки, они же полностью (08.06, 22.07 и 07.09) или преимущественно (11.08 и 25.08) формировали и биомассу зоопланктона на протяжении сезона. Доминантным видом являлась *Asplanchna priodonta* (0,105–0,4 мг/л). Копепоидитные стадии циклопов полностью формировали биомассу зоопланктона 20.05 (2,8 мг/л), 30.06 (0,48 мг/л) и составляли примерно 15–30 % его биомассы 11.08 и 25.08 (0,1–0,15 мг/л).

Во втором варианте численность определяли как коловратки, так и незрелые стадии развития циклопов. В отдельные даты вспышки численности создают такие виды коловраток, как: *Conochilus unicornis* (433 экз./л), *Brachionus angularis angularis* (97–226 экз./л) и *Trichocerca cylindrica* (242 экз./л). Биомассу же на протяжении всего исследованного сезона формируют циклопные копепоидиты (0,35–1,8 мг/л), также в ней достаточно высока доля ветвистоусых ракообразных, в первую очередь *Ceriodaphnia quadrangula* (0,17–0,9 мг/л) и *Scapholeberis mucronata* (0,26–0,56 мг/л).

В третьем варианте по численности доминировали коловратки: *Keratella cochlearis* (27–280 экз./л), *Conochilus unicornis* (58–67 экз./л) и *Asplanchna priodonta* (98 экз./л), *Brachionus budapestinensis* (54 экз./л).



Биомассу в первую очередь формировали копеподитные стадии циклопов (0,15–2,75 мг/л), далее различные виды ветвистоусых ракообразных (*Polyphemus pediculus* — 0,6–1,02 мг/л), *Alona rectangula* (0,67 мг/л) и *Scapholeberis mucronata* (0,36 мг/л), а также коловратка (*Asplanchna priodonta* (0,17–2,06 мг/л).

В четвертом варианте коловратки составляли основу численности во все даты отбора (кроме 30.06, когда доминировали незрелые стадии циклопов и цериодафния). Это, в первую очередь, виды *Conochilus unicornis* (163 экз./л.), *Keratella cochlearis* (88 экз./л) *Brachionus diversicornis* (57–292 экз./л). Биомассу в первой половине исследованного сезона определяли копеподитные стадии циклопов (1–1,5 мг/л) и различные виды ветвистоусых ракообразных, в первую очередь *Ceriodaphnia quadrangula* (0,78 мг/л). Со второй половины лета наибольший вклад по биомассе вносили коловратки, в первую очередь *Brachionus diversicornis* (0,37–1,9 мг/л) и *Asplanchna priodonta* (0,21–1,1 мг/л).

Обобщив данные по численности и биомассе, можно утверждать, что в первом пруду, куда вносились барда и пивная дробина, в структуре зоопланктона был наиболее высоким вклад коловраток. Как мелкие представители, они не создавали в нем высокой биомассы. Три остальных опробованных комплекса мероприятий способствовали более высокому вкладу в структуру зоопланктона представителей веслоногих и ветвистоусых ракообразных, особенно во втором варианте, куда были внесены остаточные пивные дрожжи и где весь использованный комплекс мер создавал в итоге наиболее благоприятные условия для развития зоопланктона. В итоге можно выделить комплекс доминантных видов зоопланктона, характерный для каждого экспериментального пруда:

Первый вариант

**Rotifera (Тип Коловратки):** *Asplanchna priodonta*, *Brachionus diversicornis*

Второй вариант

**Rotifera (Тип Коловратки):** *Conochilus unicornis*, *Brachionus angularis*, *Trichocerca cylindrica*

**Cladocera (Н/Отр. Ветвистоусые ракообразные):** *Ceriodaphnia quadrangula*, *Scapholeberis mucronata*

Третий вариант

**Rotifera (Тип Коловратки):** *Brachionus budapestinensis*, *Keratella cochlearis*, *Conochilus unicornis*, *Asplanchna priodonta*

**Cladocera (Н/Отр. Ветвистоусые ракообразные):** *Polyphemus pediculus*



Четвертый вариант

**Rotifera (Тип Коловратки):** *Keratella cochlearis*, *Conochilus unicornis*, *Brachionus diversicornis*, *Asplanchna priodonta*

**Cladocera (Н/Отр. Ветвистоусые ракообразные):** *Ceriodaphnia quadrangula*

**Показатели развития зообентоса.** В зообентосе всех исследованных вариантов основную роль играли представители Сем. Chironomidae. Их видовое разнообразие было невысоким и составляло 4 (первый, второй и четвертый пруды) и 5 видов (третий пруд). В первом варианте видовой состав зообентоса ограничивался лишь группой хирономид. Во втором и третьем вариантах в конце июля — начале августа, когда видовое разнообразие бентоса было самым богатым, встречались представители олигохет (Кл. Oligochaeta), пиявок (Кл. Hirudinea) и личинки насекомых (Отрядов Odonata (Стрекозы) Ephemeroptera (Поденки) и Trichoptera (Ручейники). В четвертом варианте, помимо представителей хирономид, отмечено присутствие брюхоногих моллюсков (Тип Mollusca, Кл. Gastropoda). Таким образом, общее число видов представителей бентосной фауны составило 4 (первый пруд), 9 (второй пруд), 10 (третий пруд) и 5 видов (четвертый пруд).

Показатели количественного развития донной фауны в экспериментальных прудах представлены в табл. 3.

Таблица 3. Динамика численности (N) и биомассы (B) зообентоса в прудах ХРУ «Вилейка» за исследованный сезон

Table 3. Dynamics of the abundance (N) and biomass (B) of zoobenthos in the ponds of the Vileika fish farm for the investigated season

Показатель	Дата	№ варианта (пруда)			
		1	2	3	4
N, экз./л	20.05.2021	0	0	0	0
	08.06.2021	250	75	50	0
	30.06.2021	0	0	0	0
	22.07.2021	250	350	525	100
	11.08.2021	25	125	0	25
	25.08.2021	50	50	25	75
B, мг/л	20.05.2021	0	0	0	0
	08.06.2021	162,5	50,0	125,0	0
	30.06.2021	0	0	0	0
	22.07.2021	162,5	1212,5	4050,0	100,0
	11.08.2021	75,0	1725,0	0	62,5
	25.08.2021	487,5	37,5	50,0	875



Максимумы численности и биомассы зообентоса, отмеченные в прудах, свидетельствуют о развитии в них двух генераций хирономид за исследованный период. В первых трех прудах пики изученных показателей пришлись на 08.06 и 22.07. В четвертом пруду развитие представителей бентоса несколько отставало во времени и пики численности и биомассы пришлись, соответственно, на 22.07 и 25.08.

В первом и четвертом вариантах максимальные значения биомассы бентоса отмечены в конце летнего сезона (25.08): 488 мг/л — первый пруд, 875 мг/л — четвертый пруд. Они были связаны с развитием крупного вида хирономид *Chironomus plumosus*. В первом пруду в составе зообентоса на протяжении исследованного периода доминировал *Polypedilum scalaenum*, его численность достигала 225 экз./м<sup>2</sup>. В составе и структуре бентоса четвертого варианта помимо вышеупомянутого *Chironomus plumosus* (50 экз./м<sup>2</sup>) также отмечены мелкий представитель хирономид *Microtendipes chloris* (50 экз./м<sup>2</sup>) и брюхоногие моллюски (Кл. Gastropoda). Во втором и третьем вариантах пики биомассы бентоса пришлись на несколько более ранний срок: 22.07 (1213 мг/м<sup>2</sup>) и 11.08 (1725 мг/л) — второй, 22.07 (4050 мг/л) — третий пруд, соответственно. Во втором варианте они были связаны, в первую очередь, с развитием представителей олигохет (до 50–100 экз./м<sup>2</sup>), а также *Chironomus plumosus* (50 экз./м<sup>2</sup>) и *Polypedilum scalaenum* (150 экз./м<sup>2</sup>). В третьем варианте 22.07 пик биомассы был связан с развитием таких видов хирономид, как: *Endochironomus sp.* (численность 125 экз./м<sup>2</sup>), *Polypedilum scalaenum* (100 экз./м<sup>2</sup>) и *Cryptochironomus viridulus* (100 экз./м<sup>2</sup>).

На рис. 3 представлены среднесезонные значения биомассы (В) и численности (N) бентоса исследованных прудов.

В соответствии с ними наиболее бедными на развитие бентоса были первый (96 экз./м<sup>2</sup>, 147,9 мг/м<sup>2</sup>) и четвертый (33 экз./м<sup>2</sup>, 172,9 мг/м<sup>2</sup>) варианты. Третий вариант отличался наибольшей биомассой зообентоса (704,2 мг/м<sup>2</sup>). Численность бентоса в 1–3 вариантах была практически равноценной (96–100 экз./м<sup>2</sup>).

Таким образом, видовое разнообразие зообентоса и его количественное развитие были наиболее богатыми во 2 и 3 вариантах. По численности доминировали различные представители хирономид (1 вариант — *Polypedilum scalaenum*; 2 пруд — *Glyptotendipes gripekoveni*, *Polypedilum scalaenum*; 3 пруд — *Cryptochironomus viridulus*, *Endochironomus sp.*, *Polypedilum scalaenum*; 4 пруд — *Chironomus plumosus*, *Microtendipes chloris*) и представители, олигохет (2 вариант).

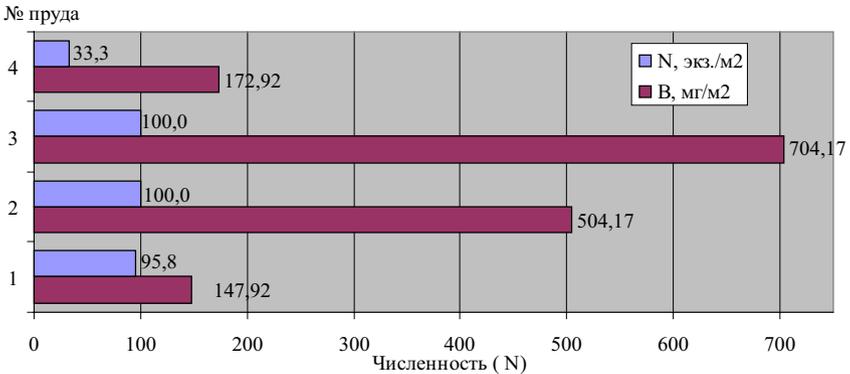


Рис. 3. Среднесезонные значения численности и биомассы зообентоса в прудах ХРУ «Вилейка»

Fig. 3. Average season values of the zoobenthos abundance and biomass in the ponds of the Vileika fish farm

Вообще же необходимо отметить, что все четыре экспериментальных пруда показали среднесезонные значения биомассы зоопланктона (1,0–2,9 мг/л) и зообентоса (0,2–0,7 г/м<sup>2</sup>), характерные для низкопродуктивных прудов. При этом в составе зоопланктонного комплекса не наблюдалось явного преобладания представителей ветвистоусых ракообразных, а веслоногие ракообразные были представлены незрелыми стадиями. Это можно объяснить схемой опыта, при которой пруды были зарыблены двухгодовиками карпа и растительноядных рыб. Рыбы данной возрастной группы выедают преимущественно крупных представителей зоопланктона, которые и создают основу биомассы, а также активно потребляют личинок хирономид.

**Выводы.** Исследовано влияние различных систем внесения органических, минеральных удобрений и кормов на развитие биопродуктивности рыбоводных прудов. Изучено их действие на группы организмов, составляющие основу пищевого рациона карповых рыб. Внесение в пруды пивной дробины и остаточных пивных дрожжей из расчета 1000 и 104 кг/га за сезон соответственно способствовало наибольшему развитию зоопланктонных организмов, численность и биомасса которых при этом составила 447,8 экз./л и 2,87 мг/л соответственно.

Внесение в пруды азотно-фосфорных удобрений (аммиачная селитра и аммофос) в дозе по 30 кг/га за сезон на фоне кормления рыбы зерном и зерноотходами (2460 кг/га за сезон) приводило к получению



более низких показателей развития зоопланктона, сопоставимых с аналогичным вариантом с внесением минеральных удобрений прудов на фоне кормления рыбы комбикормом (960 кг/га за сезон). В данных вариантах численность зоопланктона составила 230,9–272,9 экз./л, биомасса — 1,70–2,24 мг/л.

В формировании биомассы всех четырех исследуемых вариантов, и особенно второго, определяющее значение принадлежало копепоидным стадиям развития циклопов. В прудах с применением комплекса отходов пищевого производства биомассу в значительной степени создавали коловратки (в первую очередь, *Asplanchna priodonta* и *Brachionus diversicornis*), достаточно значимым был вклад представителей ветвистосых ракообразных (*Ceriodaphnia quadrangula* и *Scapholeberis mucronata*).

Для развития бентоса прудов наиболее эффективным комплексом мер оказалось внесение минеральных удобрений на фоне кормления зерном и зерноотходами, а также совместное внесение пивной дробины и остаточных пивных дрожжей.

Таким образом, наиболее эффективными для развития кормовой базы поликультуры рыб оказались комплексы органических удобрений на основе отходов пищевого производства, где применялось совместное использование пивной дробины и остаточных пивных дрожжей и кормление зерном и зерноотходами. Вариант с применением минеральных удобрений менее предпочтителен для рекомендации к использованию в производстве по причине их высокой стоимости. В связи с этим, для развития трофической базы рыбоводных прудов в качестве эффективного и недорогого метода рекомендуется комплексное внесение органических удобрений — пивной дробины и остаточных пивных дрожжей из расчета 1000 и 50 кг/га за сезон соответственно совместно с ограниченной дозой минеральных удобрений.

### Список использованных источников

1. Кожаева, Д.К. Экологические аспекты совместного выращивания сеголетков зообентофитофагов / Д.К. Кожаева [и др.] // Вестник ОГУ. — 2007. — № 12. — С. 48–50.
2. Кожаева, Д.К. Экологические аспекты влияния минеральных удобрений на биологическую продуктивность водоёмов // Д.К. Кожаева, С.Ч. Казанчев, А.А. Казанчева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2013. — №. 1 (39). — С. 239–242.
3. Богданов, Н.И. Прудовое рыбоводство / Н.И. Богданов, А.Ю. Асанов. — Пенза: РИО ПГСХА, 2011. — 89 с.



4. Способ интенсификации естественной кормовой базы рыбоводных прудов: пат. RU 2366147 С1 / Г.В. Головкин, Г.И. Карпенко, Г.Н. Шевцова. — Опубл. 10.09.2009.
5. Цьонь, Н.І. Приклад застосування органічних добрив із збереженням високої якості води рибогосподарських ставів / Н.І. Цьонь [и др.] // Біологічний вісник МДПУ. — 2013. — № 2. С. 208–219.
6. Кражан, С.А. Формування бактеріо-зоопланктонної складової природної кормової бази вирощувальних ставів під впливом традиційних органічних добрив / С.А. Кражан, Н.М. Москаленко, С.А. Коба // Рибогосподарська наука України. — 2013. — № 4. — С. 59–65.
7. Цьонь, Н.І. Використання барди для культивування дафній / Н.І. Цьонь, М.І. Хижняк, Г.М. Добрянська // Рибогосподарська наука України. — 2009. — № 1. — С. 69–74.
8. Воронова, Г.П. Использование в рыбоводстве нетрадиционных видов удобренных / Г.П. Воронова // Вопросы рыбного хозяйства. Сб. науч. тр. — Минск, 2011. — Вып. 27. — С. 42–50.
9. Агеец, В.Ю. Применение отходов крахмального производства для увеличения продуктивности рыбоводных прудов / В.Ю. Агеец, Г.П. Воронова, О.М. Таврыкина, С.И. Ракач, Д.С. Павлович // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. — 2020. — № 36. — С. 93–98.
10. Мишель, С. Структура зоопланктонного сообщества прудов рыбокомбината «Белое» разной степени интенсификации / Саба Мишель // Вестник Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина. Сер. 2, Химия. Биология. География. — 1989. — № 3. — С. 38–41.
11. Грициняк, І.І. Зоопланктон вирощувальних ставів при експериментальному згодовуванні цьоголіткам коропа комбікорму з бардою в умовах лісостепової зони України / І.І. Грициняк, Н.І. Цьонь // Рибогосподарська наука України. — 2010. — № 2. — С. 115–121.
12. Кутикова, Л.А. Коловратки фауны СССР / Л.А. Кутикова. — Л. : Наука, 1970. — 744 с.
13. Вежновец, В.В. Ракообразные (Cladocera, Sclerodera) в водных экосистемах Беларуси: Каталог. Определительные таблицы / В.В. Вежновец. — Мн. : Бел. наука, 2005. — 150 с.
14. Кутикова, Л.А. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос) / Л.А. Кутикова, Я.И. Старобогатов. — Л. : Гидрометеиздат, 1977. — 510 с.

## Reference

1. Kozhaeva D.K. Ecological aspects of zoobenthophytophagous underyearlings cocultivation. *Vestnik OGU* [OSU Bulletin], 2007, no. 12, pp. 48–50 (in Russian).
2. Kozhaeva D.K. Kazanchev S.Ch., Kazancheva A.A. Environmental aspects of the mineral fertilizers impact on the biological productivity of water bodies. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State Agrarian University], 2013, no. 1 (39), pp. 96–101 (in Russian).



3. Bogdanov N.I., Asanov A.Yu. Pond fish farming. Penza, RIO PGSHA, 2011. 89 p. (in Russian).
4. Golovko G.V., Karpenko G.I., Shevcova G.N. Method for intensifying the natural fodder base of fish ponds: patent RU 2366147 C1, published 10.09.2009.
5. C'on' N.I. Example of using organic fertilizers while maintaining high water quality of fish ponds. *Biologicheskij vestnik MDPU* [Biological Bulletin MDPU], 2013, no. 2, pp. 208–219 (in Russian).
6. Krazhan S.A., Moskalenko N.M., Koba S.A. Formation of the bacterio-zooplankton component of the natural food base of growing ponds under the influence of traditional organic fertilizers. *Rybohozajstvennaya nauka Ukrainy* [Fisheries science of Ukraine], 2013, no. 4, pp. 59–65 (in Russian).
7. C'on' N.I., Hizhnyak M.I. Dobryans'ka G.M. Use of vinasse for *Daphnia* cultivation. *Rybohozajstvennaya nauka Ukrainy* [Fisheries science of Ukraine], 2009, no. 1, pp. 69–74 (in Russian).
8. Voronova G.P. Use of non-traditional types of fertilizers in fish farming. *Voprosy rybnogo hozjajstva* [Fisheries issues], 2011, issue 27, pp. 42–50 (in Russian).
9. Ageets V.Yu., Voronova G.P. Tavrykina O.M. Rakach S.I., Pavlovich D.S. Use of starch waste to increase the productivity of fish ponds. *Voprosy rybnogo hozjajstva Belarusi* [Fisheries in Belarus], 2020, no. 36, pp. 93–98 (in Russian).
10. Mishel' Saba. The structure of the zooplankton community in the ponds of the «Beloje» fish processing plant with different intensification degrees. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta imeni V.I. Lenina* [Bulletin of the V.I. Lenin Belarusian State University. Series. 2. Chemistry. Biology. Geography] 1989, no. 3, pp. 38–41 (in Russian).
11. Gricinyak I.I., C'on' N.I. Zooplankton of growing ponds during experimental feeding of carp underyearlings with combined fodder and bard in the forest-steppe zone of Ukraine *Rybohozajstvennaya nauka Ukrainy* [Fisheries science of Ukraine], 2010, no. 2, pp. 115–121 (in Russian).
12. Kutikova L.A. Rotifers of the USSR fauna. St. Petersburg, Science, 1970. 744 p. (in Russian).
13. Vezhnovec V.V. Crustaceans (Cladocera, Copepoda) in aquatic ecosystems of Belarus: Catalog. Definition tables. Minsk, Belarusian science, 2005. 150 p. (in Russian).
14. Kutikova L.A. Starobogatov Ya.I. Keys to freshwater invertebrates of the European part of the USSR (plankton and benthos). St. Petersburg, Hydrometeoizdat, 1977. 510 p. (in Russian).

### Сведения об авторах

*Таврыкина Оксана Михайловна* — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая лабораторией гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tavrykina@mail.ru

*Литвинова Анастасия Геннадьевна* — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт



рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nastya\_litvinova\_1986@mail.ru

*Воронова Галина Петровна* — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Ракач Светлана Ивановна* — научный сотрудник лаборатории гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

### **Information about authors**

*Tavrykina Oksana* — Ph.D. (Agricultural Sciences), assistant professor, Head of Lab. Hidrobiology and Hydrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: tavrykina@mail.ru

*Litvinava Anastasiya* — Ph.D. (Biology), Leading Researcher of Lab. Hidrobiology and Hydrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: nastya\_litvinova\_1986@mail.ru

*Voronova Galina P.* — Ph.D. (Biology), Leading Researcher of Lab. Hidrobiology and Hydrochemistry, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Rakach Svetlana I.* — Researcher of Lab. Hidrobiology and Hydrochemistry, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

**УСТОЙЧИВОСТЬ  
ГИДРОБИОНТОВ  
И КОНТРОЛЬ НАД  
ПАТОГЕНАМИ**



**В.Ю. Агеец, Т.А. Сергеева, Е.А. Савичева, М.В. Книга, Т.Ф. Войтюк,  
А.Ю. Крук, С.В. Кралько, И.А. Орлов, С.А. Красовский**

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,  
Минск, Беларусь*

## **ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕГОЛЕТКОВ И ГОДОВИКОВ КАРПА РАЗНОЙ ПОРОДНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ИЗ КОЛЛЕКЦИОННОГО СТАДА**

**Аннотация:** Основная цель рыбоводной отрасли — повышение продуктивности выращивания рыб. Современное эффективное рыбоводство невозможно без научных исследований в области физиологии и биохимии рыб. Подобные исследования ведутся в Институте рыбного хозяйства Республики Беларусь. Большое внимание уделяется изучению качественного и количественного состава крови, что позволяет оценить состояние рыб. Состав крови у рыб имеет зависимость от смены сезонов года, режима кормления и т.д. Научное исследование по изучению биохимического состава сыворотки крови рыб проводилось в селекционно-племенном участке «Изобелино» и в лаборатории селекции и племенной работы. Биохимический анализ проводился на полуавтоматическом спектрофотометре, определялись концентрации белка, холестерина и глюкозы. В результате исследования сыворотки крови разных линий и пород карпа были выявлены различия концентрации биохимических веществ. В ходе многолетних исследований было обнаружено, что породы и линии карпа имеют отличия по концентрации веществ в крови, то есть обладают собственной картиной крови, характерной для породы или линии. Это объясняет разницу качества рыбных стад разных пород, которые имели одинаковые условия содержания.

**Ключевые слова:** карп, сеголеток, сыворотка крови, общий белок, глюкоза, холестерин



U.Yu. Aheyets, T.A. Sergeeva, E.A. Savicheva, M.V. Kniga, T.F. Voytyuk,  
A.Yu. Kruk, S.V. Kralko, I.A. Orlov, S.A. Krasovskij

*RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry”, Minsk, Belarus*

## PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS OF FINGERLINGS AND YEARLINGS OF CARP OF DIFFERENT BREEDS FROM THE COLLECTION HERD

**Abstract:** Scientific developments are actively used to improve the efficiency of the fishing industry. One of the new directions in breeding and breeding is the assessment of the quality of fish stocks by biochemical blood tests of fish. Blood as the internal environment of the body reflects any changes in the state of health, since it is in it that many metabolic reactions take place. Thus, studies of the blood composition of fish are in great demand in fish farming. Much attention is paid to the study of the concentration of biochemical substances in the blood of fish, as this allows you to quickly and accurately assess the quality of the fish stock. Fish are poikilothermic, therefore their physiological state depends on the environment. Investigations of the biochemical composition of fish blood were carried out in the selection and breeding fish farm “Isobelino” and in the laboratory of the institute. As a result of annual studies, it was found that the concentration of blood components in different fish species is different. This fact can explain the difference in the survival rate of different breeds, which were kept in the same conditions. As a result of comparing the content of total protein, cholesterol and glucose in the blood serum of underyearlings and yearlings of collection carp breeds of Belarusian and foreign selection grown under the same conditions, changes in physiological and biochemical parameters were established. The results of the study revealed the advantages of layering a mixture of Mirror Isobelinsky carp among Belarusian lines and Sarboyan carp among imported breeds.

**Keywords:** carp, fingerlings, blood serum, total protein, glucose, cholesterol

**Введение.** Кровь, будучи внутренней средой организма, содержит в плазме белки, углеводы (гликоген, глюкоза и др.) и другие вещества, играющие большую роль в энергетическом и пластическом обмене, в создании защитных свойств. Уровень этих веществ в крови зависит от биологических особенностей рыб и абиотических факторов, а подвижность состава крови позволяет использовать ее показатели для оценки



физиологического состояния [1, 2]. Поскольку организм является целостной системой, его физиолого-биохимические особенности не могут не оказывать влияние на итоговый результат выращивания рыбы. Норма биологических показателей с возрастом меняется, зависит от погоды, сезона, особенностей технологического процесса [3, 4]. Следовательно, необходимо проводить постоянный мониторинг физиологического состояния, рассматривать полученные результаты во временной динамике и во взаимосвязи с другими рыбоводно-биологическими показателями.

**Материал и методика.** Работы по формированию коллекционного генофонда пород и линий карпа белорусской и зарубежной селекции проводились на базе селекционно-племенного хозяйства «Изабелино» Молодечненского района Минской области.

Объектами исследований являлись сеголетки разной породной принадлежности, выращенные одновременно в сходных по гидрохимическим условиям прудах с одинаковым режимом кормления и санитарно-профилактических мероприятий. Выращивание сеголетков селекционного карпа проводили в шестикратной повторности. Плотность зарыбления для сеголетков составляла 30 тыс. экз./га [5, 6].

В крови определялось содержание общего белка, холестерина и глюкозы. Кровь сеголетков и годовиков отбирали непосредственно из сердца. Сыворотку крови получали без стабилизации путем ее центрифугирования после образования сгустка (фибрин + форменные элементы). После центрифугирования сыворотку хранили в замороженном состоянии.

Физиологической нормой для карпа считается содержание в сыворотке крови: белка не менее 35 г/л, сахара крови (глюкозы) — 2,53–3,58 ммоль/л, холестерина — 3,04–4,85 ммоль/л [7, 8].

Статистическая обработка собранного материала проводилась в соответствии с общепринятыми методами [9, 10].

Достоверность различий содержания белка, глюкозы, холестерина в сыворотке крови сеголетков и годовиков определялась с помощью нормированного отклонения ( $t$ ) [9].

Объем выборки для определения концентрации общего белка в сыворотке крови составляет по 10 экз. сеголетков каждого происхождения.

**Обсуждение результатов исследований.** Были проведены исследования физиолого-биохимических показателей сыворотки крови сеголетков и годовиков пород карпа зарубежной селекции пятого поколения.



Средний уровень содержания белка в сыворотке крови сеголетков пород зарубежной селекции составил 17,1 г/л, годовиков — 15,5 г/л (табл. 1).

**Таблица 1. Содержание общего белка в сыворотке крови сеголетков (0+) и годовиков (1.) карпа разной породной принадлежности (г/л)**

**Table 1. Total protein content in the blood serum of fingerlings (0+) and yearlings (1.) carp of different breeds (g/l)**

Породная принадлежность	0+		1.		d		Достоверность различий	
	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv, %	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv, %	г/л	%	t	P
Фресинет	17,73±0,66	11,7	16,04±1,56	30,8	1,69	9,5	1,00	>0,1
Немецкий	16,17±0,68	13,2	14,61±1,16	25,1	1,56	9,6	1,16	>0,1
Югославский	17,39±0,58	10,5	15,85±1,20	23,9	1,54	8,8	1,15	>0,1
<b><math>\bar{x}</math> породы зарубежной селекции:</b>	<b>17,10±0,37</b>	<b>11,8</b>	<b>15,50±0,75</b>	<b>26,6</b>	<b>1,60</b>	<b>9,4</b>	<b>1,91</b>	<b>&lt;0,1</b>
Изобелинский F <sub>10</sub> : столин XVIII	19,78±0,67	10,7	13,48±0,77	18,1	6,30	31,8	6,17	<0,001
Изобелинский F <sub>10</sub> : смесь зеркальная	17,88±0,57	10,0	13,12±0,53	12,7	4,76	26,6	6,11	<0,001
<b><math>\bar{x}</math> линии белорусской селекции:</b>	<b>18,83±0,43</b>	<b>10,3</b>	<b>13,3±0,46</b>	<b>15,4</b>	<b>5,53</b>	<b>29,4</b>	<b>8,78</b>	<b>&lt;0,001</b>
Сазан: (I) (молоки из России)	15,92±0,52	10,3	13,41±1,23	29,0	2,51	15,8	1,87	<0,01
Сазан (II) (молоки из России)	17,87±1,01	17,8	12,77±0,96	23,7	5,1	28,8	3,65	<0,01
Сазан (белорусский), F <sub>8</sub> :	19,36±1,47	24,0	16,28±1,34	26,0	3,08	15,9	1,54	>0,1
<b><math>\bar{x}</math> сазан:</b>	<b>17,72±0,56</b>	<b>17,4</b>	<b>14,15±0,68</b>	<b>26,2</b>	<b>3,57</b>	<b>20,1</b>	<b>4,05</b>	<b>&lt;0,01</b>

Средний уровень протеина в сыворотке крови пород зарубежной селекции у сеголетков составил 17,10 г/л, годовиков — 15,50 г/л. Из пород



зарубежной селекции пятого поколения повышенным содержанием белка характеризовались сеголетки и годовики породы фресинет (17,73 и 16,04 г/л), пониженным — немецкий карп (16,17 г/л и 14,61 г/л). У годовиков проявляется тенденция к снижению содержания протеина в сыворотке крови по сравнению с сеголетками. Различие по содержанию протеина между сеголетками и годовиками пород зарубежной селекции в среднем составляет 1,60 г/л или 9,5 %. Установленные различия между племенными сеголетками и годовиками как у каждой из пород зарубежной селекции, так и средних значений, статистически не достоверны.

Отклонения содержания протеина у каждой из пород зарубежной селекции друг от друга и от средней величины не значительны и статистически не достоверны (табл. 2).

Линии белорусской селекции представлены отводками изобелинского карпа столин XVIII и смесь зеркальная. Средний уровень содержания белка в сыворотке крови составляет 18,83 г/л у сеголетков и 13,30 г/л у годовиков. Повышенное содержание белка отмечено у отводки столин XVIII 19,78 г/л у сеголетков и 13,48 г/л у годовиков.

В коллекционное стадо СПУ «Изобелино» входит популяция амурского сазана, выращенного в условиях Беларуси, у которого проводили исследования физиолого-биохимических показателей младших ремонтных групп. Кроме сазана из белорусской популяции девятого поколения, выращено потомство от скрещивания самок из местного стада с завезенными из России молоками. По содержанию белка в сыворотке крови преимуществами обладали сеголетки и годовики из белорусской популяции (17,72 и 14,15 г/л).

Показатели содержания белка в сыворотке крови в основном соответствуют физиологической норме. За зимний период наблюдается снижение количества белка в сыворотке крови. Величина этого показателя у чистопородных групп колеблется в значительных пределах: от 8,8 % (югославский карп) до 31,8 % (отводка столин XVIII). По данному показателю преимуществами на данном этапе исследований обладают породы, у которых снижение концентрации белка за зимовку значительно ниже, чем в остальных группах. Отличия по содержанию белка между сеголетками и годовиками у импортных пород карпа статистически не достоверны ( $P > 0,1$ ), тогда как различия у линий белорусской селекции и амурского сазана разного происхождения статистически достоверны ( $P < 0,01$  и  $< 0,001$ ).



Содержание глюкозы в сыворотке крови сеголетков разной породной принадлежности колебалось в очень широких пределах от 4,10 мг/л до 23,86 мг/л (табл. 2).

**Таблица 2. Содержание глюкозы в сыворотке крови сеголетков (0+) и годовиков (1.) карпа разной породной принадлежности (мг/л)**  
**Table 2. Glucose content in the blood serum of fingerlings (0+) and yearlings (1.) carp of different breeds (mg/l)**

Породная принадлежность	0+		1.		d		Достоверность различий	
	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv, %	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv, %	г/л	%	t	P
Импортные породы F <sub>2</sub>								
фресинет	14,27±1,36	30,1	8,04±0,81	32,0	6,23	43,6	3,93	<0,01
немецкий	15,82±1,58	31,7	12,91±1,22	29,9	2,91	18,4	1,46	>0,1
югославский	9,88±0,90	28,8	13,42±1,36	27,4	3,54	35,8	2,17	<0,1
Итого:	13,32±0,73	30,2	11,46±0,62	29,8	1,86	14,0	1,94	<0,1
Линии белорусской селекции								
Изобелинский: столин XVIII	7,14±0,60	26,6	11,19±0,94	26,5	4,05	56,7	3,63	<0,01
Изобелинский: смесь зеркальная	8,61±0,33	12,2	10,99±0,69	17,0	2,38	27,6	3,11	<0,02
Итого:	7,87±0,34	19,4	11,09±0,54	21,7	3,22	40,9	5,04	<0,001
Сазан: (I) (молоки из России)	22,65±1,56	21,7	22,26±2,38	33,7	0,39	1,7	0,13	<0,1
Сазан (II) (молоки из России)	6,02±0,49	25,7	19,18±2,04	33,6	13,16	218,6	6,27	<0,001
Сазан (белорусский)	6,82±0,59	27,6	12,57±1,32	33,2	5,75	84,9	3,97	<0,01
Итого:	11,83±1,08	25,0	18,00±1,10	33,5	6,17	52,1	4,00	<0,001

Среди сеголетков чистопородных коллекционных линий повышенным содержанием глюкозы в крови характеризовались фресинет и немецкий карп (14,27 и 15,82 мг/л), а среди годовиков — немецкий и югославский карп (12,91 и 13,42 мг/л). Из трех опытных групп амурского сазана повышенное содержание глюкозы установлено в первом

варианте скрещивания с завезенными молоками, причем как для сеголетков, так и для годовиков (22,65 и 22,26 мг/л).

Содержание холестерина у сеголетков импортных коллекционных пород составило в среднем 6,52 мг/л, у отводок изобелинского карпа 6,93 мг/л, у амурского сазана — 6,77 мг/л (табл. 3). Заметные колебания этого показателя отмечены у опытных групп сазана: от 4,39 мг/л (белорусская популяция) до 8,68 мг/л (вариант скрещивания II). У годовиков закономерно происходит снижение запаса жира по сравнению с сеголетками. У годовиков чистопородных импортных карпов содержание холестерина в сыворотке крови составило в среднем 3,09 мг/л, у белорусских линий — 4,22 мг/л, у сазана — 4,35 мг/л.

**Таблица 3. Содержание холестерина в сыворотке крови сеголетков (0+) и годовиков (1.) карпа разной породной принадлежности (мг/л)**  
**Table 3. Cholesterol content in the blood serum of fingerlings (0+) and yearlings (1.) carp of different breeds (mg/l)**

Породная принадлежность	0+		1.		d		Достоверность различий	
	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv, %	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	Cv, %	г/л	%	t	P
Импортные породы F <sub>2</sub> :								
фресинет	6,94±0,55	25,1	3,26±0,24	26,3	3,68	53,0	6,13	<0,001
немецкий	5,66±0,54	30,4	2,91±0,21	22,8	2,75	48,6	4,74	<0,001
югославский	6,97±0,36	16,9	3,09±0,21	21,3	3,88	55,7	9,30	<0,001
Итого:	6,52±0,27	24,1	3,09±0,13	23,5	3,43	52,6	11,44	<0,001
Линии белорусской селекции:								
Изобелинский: столин XVIII	7,26±0,25	10,8	3,82±0,24	19,6	3,98	54,9	11,48	<0,001
Изобелинский: смесь зеркальная	6,60±0,43	20,4	4,63±0,36	24,3	1,97	29,6	3,51	<0,01
Итого:	6,93±0,24	15,6	4,22±0,21	21,9	2,71	39,1	8,49	<0,001
Сазан: (I) (молоки из России)	7,25±0,48	20,9	4,56±0,40	27,9	2,69	37,1	4,30	<0,01
Сазан (II) (молоки из России)	8,68±0,70	25,6	3,31±0,17	16,3	5,37	61,9	7,45	<0,001
Сазан (белорусский)	4,39±0,20	14,4	5,19±0,48	26,2	0,80	18,2	1,53	>0,1
Итого:	6,77±0,25	20,3	4,35±0,17	23,5	2,42	35,7	8,00	<0,001



**Заключение.** У сеголетков и годовиков карпа разного происхождения проводили исследование физиолого-биохимических показателей. Содержание белка в сыворотке крови в основном соответствует физиологической норме. За зимний период наблюдается снижение количества белка в сыворотке крови. Величина этого показателя у чистопородных групп варьирует в значительных пределах — от 8,8 % (югославский карп) до 31,8 % (отводка изобелинского карпа столин XVIII). По данному показателю преимуществами обладают породы, у которых снижение концентрации белка за зимовку значительно меньше, чем в остальных группах. По содержанию белка в сыворотке крови преимуществами обладали сеголетки и годовики из белорусской популяции. Содержание глюкозы в сыворотке крови сеголетков разной породной принадлежности колебалось в очень широких пределах — от 4,10 мг/л до 23,86 мг/л. Средний уровень содержания глюкозы в сыворотке крови у сеголетков опытных кроссов составил 10,64 мг/л, с колебаниями этого показателя от 4,10 мг/л (тремлянский чешуйчатый х югославский) до 23,86 мг/л (фресинет х тремлянский зеркальный). У годовиков содержание глюкозы в сыворотке крови увеличивается и в среднем составляет 15,26 мг/л, с колебаниями от 10,52 мг/л (тремлянский чешуйчатый х югославский) до 21,66 мг/л (фресинет х лахвинский чешуйчатый). Содержание холестерина у сеголетков импортных коллекционных пород составило в среднем 6,52 мг/л, у отводок изобелинского карпа — 6,93 мг/л, амурского сазана 6,77 мг/л. Снижение содержания холестерина у годовиков по сравнению с сеголетками коллекционных импортных пород оказалось высоким и составило от 48,6 % (немецкий карп) до 55,7 % (югославский). Отводки изобелинского карпа значительно отличаются друг от друга по исследуемому показателю. У отводки смесь зеркальная потеря холестерина за зимовку значительно ниже по сравнению с отводкой столин XVIII — 29,6 мг/л против 54,9 мг/л. Группы сазана разного происхождения значительно отличаются друг от друга по расходу холестерина в процессе зимовки. Потеря холестерина у годовиков из белорусской популяции оказалась значительно ниже (18,2 %), чем у групп, полученных от скрещивания с завезенными молоками (31,1 и 61,9 %). Для опытных групп I и II установленные различия статистически достоверны, а для белорусской популяции не достоверны.

**Список использованных источников**

1. Кончиц, В.В. Оценка гетерозисного эффекта у межлинейных, межпородных и межвидовых кроссов карпа и использование их для повышения эффективности рыбоводства: моногр. / В.В. Кончиц, М.В. Книга. — Минск: ОДО Тонпик, 2006. — 222 с.
2. Книга, М.В. Гетерозисный эффект у межпородных кроссов карпа / М. В. Книга // Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности. 11–13 апреля 2005 г. — М. — т. 2 — 2005. — С. 145–148.
3. Кирпичников, В.С. Вопросы общей генетики / В.С. Кирпичников // Тр. XIV Междунар. генет. конф. — М. — 1981. — С. 18–27.
4. Кирпичников, В.С. Значение гетерозиготности и гетерозиса в эволюции и селекции животных / В.С. Кирпичников // Вестник сельскохозяйственной науки: Орган. ВАСХНИЛ. — Москва: Колос. — 1967. — № 3. — С. 65–68.
5. Кирпичников, В.С. Теория селекции рыб / В.С. Кирпичников // Генетика, селекция и гибридизация рыб. — М: Наука., 1969. — С. 44–58.
6. Лобанов, П.П. Гетерозис: теория и практика / П.П. Лобанов // Л., 1968. — С. 3–10.
7. Трувелер, К.А. Многоцелевой прибор для вертикального электрофореза в параллельных пластинах полиакриламидного геля / К.А. Трувеллер, Г.Н. Нефедов // Доклады высшей школы. Серия: биологические науки. — М., 1974. — № 9 — С. 137–140.
8. Devis, V.I. Disc-electrophoresis. — II Metod (I) and applications to human serum proteins / V.I. Devis. — Ann N.Y. Acad. Sci. — 1964. — Vol. 121. — №2–№5. — P. 404–408.
9. Таммерт, М.Ф. Вариабельность трансферрина у карпа *Cyprinus carpio* L. / М.Ф. Таммерт // Биохимическая генетика рыб. — Л., 1973. — С. 138–140.
10. Салменкова, Е.А. Применение электрофоретических методов в популяционно-генетических исследованиях рыб в пределах их ареалов / Е.А. Салменкова, Т.В. Малинина // Типовые методики исследований продуктивности видов рыб в пределах ареалов. — Вильнюс: Мокслас, 1976. — Ч.2. — С. 82–92.

**Reference**

1. Konchits V.V., Kniga M.V. Otsenka geterozisnogo ehffekta u mezhlineinykh, mezhporodnykh i mezhvidovykh krossov karpa i ispol'zovanie ikh dlya povysheniya ehffektivnosti rybovodstva: monogr. [Assessment of the heterotic effect in interline, interbreed and interspecific carp crosses and their use to improve the efficiency of fish farming: monograph]. Minsk: ODO Tonpik Publ., 2006, 222 p. (in Russian).
2. Kniga M.V. Geterozisnyi ehffekt u mezhporodnykh krossov karpa [Heterosis effect in interbreed carp crosses]. Akvakul'tura i integrirovannye tekhnologii: problemy i vozmozhnosti. 11–13 aprelya 2005 g. [Aquaculture and Integrated Technologies: Challenges and Opportunities. April 11–13, 2005]. Moscow, 2005, vol. 2, pp. 145–148 (in Russian).



3. Kirpichnikov V.S. Voprosy obshchei genetiki [Questions of general genetics]. Trudy XIV Mezhdunarodnoi geneticheskoi konferentsii [Proceedings of the XIV International Genetic Conference]. Moscow, 1981, pp. 18–27 (in Russian).
4. Kirpichnikov V.S. Znachenie geterozigotnosti i geterozisa v ehvolutsii i seleksii zhivotnykh [The value of heterozygosity and heterosis in the evolution and selection of animals] Vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki: Organ. VASKHNIL [Bulletin of agricultural science: organized by the All-Union Academy of Agricultural Sciences named after V. I. Lenin]. Moscow, Kolos Publ., 1967, no 3, pp.65 — 68. (in Russian).
5. Kirpichnikov V.S. Teoriya seleksii ryb [Theory of fish breeding]. Genetika, selektsiya i gibridizatsiya ryb [Genetics selection and hybridization of fish]. Moscow, Nauka Publ., 1969, pp. 44 — 58 (in Russian).
6. Lobanov P.P. Geterozis: teoriya i praktika [Heterosis theory and practice]. Leningrad, 1968, pp. 3–10 (in Russian).
7. Truveler K.A., Nefedov G.N. Mnogotselevoi pribor dlya vertikal'nogo ehlektroforeza v paralel'nykh plastinakh poliakrilamidnogo gelya [A multipurpose device for vertical electrophoresis in parallel plates of polyacrylamide gel]. Doklady vysshei shkoly. Seriya: biologicheskie nauki [High school reports. Series: biological sciences], 1974, no 9, pp. 137–140 (in Russian).
8. Devis B.I. Disc-electrophoresis. — II Metod (I) and applications to human serum proteins. Ann N.Y. Acad. Sci., 1964, Vol. 121, no 2–no 5, pp. 404–408.
9. Tammert M.F. Variabel'nost' transferrina u karpa Cyprinus carpio L. [Transferrin variability in carp Cyprinus carpio L.]. Biokhimicheskaya genetika ryb [Biochemical genetics of fish]. Leningrad, 1973, pp. 138–140 (in Russian).
10. Salmenkova E.A., Malinina T.V. Primenenie ehlektroforeticheskikh metodov v populyatsionno-geneticheskikh issledovaniyakh ryb v predelakh ikh arealov [The use of electrophoretic methods in population genetic studies of fish within their ranges]. Tipovye metodiki issledovaniy produktivnosti vidov ryb v predelakh arealov [Typical methods for studying the productivity of fish species within the ranges]. Vil'nyus, Mokslas Publ., 1976, vol. 2., pp. 82–92 (in Russian).

### Сведения об авторах

*Агеец Владимир Юльянович* — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Сергеева Татьяна Александровна* — заведующий лабораторией селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: *tasergeeva@tut.by*

*Савичева Екатерина Андреевна* — магистр, младший научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: *kiz\_katya@rambler.ru*



*Книга Мария Владимировна* — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Войтюк Татьяна Федоровна* — ведущий специалист лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Крук Анастасия Юрьевна* — младший научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nastilyu2310@gmail.com

*Крально Сергей Владимирович* — инженер селекционно-племенного участка «Изобелино» (Республика Беларусь, Минская область, Молодечненский район, д. Изобелино). E-mail: izobelino\_fish@tut.by

*Орлов Иван Анатольевич* — научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Красовский Станислав Александрович* — младший научный сотрудник лаборатории селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

### **Information about the authors**

*Aheyets Uladzimir Yu.* — D.Sc. (Agriculture), Professor, director, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Sergeeva Tatiana A.* — Head laboratory of selection and Breeding work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: tasergeeva@tut.by

*Savicheva Ekaterina A.* — Master, Junior Researcher, Laboratory of selection and Breeding work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: kiz\_katya@rambler.ru

*Kniga Maria V.* — Ph.D. (Agricultural), leading employee of selection and Breeding work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Voytyuk Tatyana F.* — Leading Specialist of the Laboratory of selection and Breeding work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus



National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Kruk Anastasiya Yu.* — Junior Researcher, Laboratory of selection and Breeding Work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: nastilyu2310@gmail.com

*Kralko Sergey V.* — Engineer of the selection and breeding area «Isobelino» (Republic of Belarus, Minsk region, Molodechno district, Isobelino village). E-mail: izobelino\_fish@tut.by

*Orlov Ivan A.* — Researcher, Laboratory of selection and Breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Krasovskij Stanislav A.* — Junior Researcher, Laboratory of selection and Breeding Work, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by



Е.И. Бычкова<sup>1</sup>, М.М. Якович<sup>1</sup>, С.М. Дегтярик<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», Минск, Беларусь  
<sup>2</sup>РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь

## ГЕЛЬМИНТОФАУНА КАРПА ОБЫКНОВЕННОГО (*CYPRINUS CARPIO* (LINNAEUS, 1758)) В ПРУДОВЫХ ХОЗЯЙСТВАХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОЕМАХ БЕЛАРУСИ

**Аннотация:** В статье приведены данные по видовому составу гельминтов и зараженности ими карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)) в прудовых хозяйствах и в естественных водоемах на территории Беларуси. Гельминтофауна данного вида рыб-интродуцентов представлена 20 видами: 7 видов моногеней (*Dactylogyrus anchoratus* (Dujardin, 1845), *Dactylogyrus extensus* (Mueller et Van Cleave, 1932), *Dactylogyrus vastator* (Nybelin, 1924), *Gyrodactylus elegans* (Nordmann, 1832), *Gyrodactylus medius* (Kathariner, 1893), *Diplozoon paradoxum* (Nordmann, 1832), *Eudiplozoon nipponicum* (Goto, 1891)), 4 вида цестод (*Caryophyllaeus fimbriceps* (Annenkova–Khlopina, 1919), *Khawia sinensis* (Hsu, 1935), *Neogryporhynchus cheilancristrotus* (Wedl, 1855), *Schyzocotyle acheilognathi* (Yamaguti, 1934)), 7 видов трематод (*Bucephalus polymorphus* (Baer, 1827), *Paracoenogonimus ovatus* (Katsurada, 1914), *Posthodiplostomum cuticola* (Nordmann, 1832), *Diplostomum spathaceum* (Rudolphi, 1819), *Tylodelphys clavata* (Nordmann, 1832), *Ichthyocotylurus pileatus* (Rudolphi, 1802), *Sanguinicola inermis* (Plehn, 1905)), по 1 виду нематод (*Philometroides cyprini* (Ishii, 1931)) и акантоцефал (*Acanthocephalus anguillae* (Мьллер, 1780)). Приведены данные о первой регистрации паразитических червей карпа обыкновенного в прудовых хозяйствах и естественных водоемах. На основе результатов собственных исследований установлен видовой состав гельминтов и зараженность ими карпа обыкновенного в 5 прудовых хозяйствах Беларуси. Фауна чужеродных видов гельминтов карпа обыкновенного в условиях Беларуси представлена 4 видами (*K. sinensis*, *S. acheilognathi*, *P. cyprini*, *C. fimbriceps*).

**Ключевые слова:** виды гельминтов, Беларусь, карп обыкновенный, естественные водоемы, рыбоводные пруды



E.I. Bychkova<sup>1</sup>, M.M. Yakovich<sup>1</sup>, S.M. Dziahtsiaryk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State Scientific and Production Association «Scientific and Practical Center of National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources», Minsk, Belarus

<sup>2</sup>RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry», Minsk, Belarus

## HELMINTH FAUNA OF THE COMMON CARP (*CYPRINUS CARPIO* (LINNAEUS, 1758) FROM FISH FARMS AND NATURAL RESERVOIRS OF BELARUS

**Abstract:** The article provides data on the species composition of helminths and their prevalence of infection in common carp (*Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) in fish farms and natural reservoirs on the territory of Belarus. The helminth fauna of introduced fish *Cyprinus carpio* is represented by 20 species: 7 species of monogeneans (*Dactylogyrus anchoratus* (Dujardin, 1845), *Dactylogyrus extensus* (Mueller et Van Cleave, 1932), *Dactylogyrus vastator* (Nybelin, 1924), *Gyrodactylus elegans* (Nordmann, 1832), *Gyrodactylus medius* (Kathariner, 1893), *Diplozoon paradoxum* (Nordmann, 1832), *Eudiplozoon nipponicum* (Goto, 1891)), 4 species of cestodes (*Caryophyllaeus fimbriceps* (Annenkova–Khlopina, 1919), *Khawia sinensis* (Hsu, 1935), *Neogryporhynchus cheilancristrotus* (Wedl, 1855), *Schyzocotyle acheilognathi* (Yamaguti, 1934)), 7 species of trematodes (*Bucephalus polymorphus* (Baer, 1827), *Paracoenogonimus ovatus* (Katsurada, 1914), *Posthodiplostomum cuticola* (Nordmann, 1832), *Diplostomum spathaceum* (Rudolphi, 1819), *Tylodelphys clavata* (Nordmann, 1832), *Ichthyocotylurus pileatus* (Rudolphi, 1802), *Sanguinicola inermis* (Plehn, 1905)), by ones of nematodes (*Philometroides cyprini* (Ishii, 1931) and acanthocephalus (*Acanthocephalus anguillae* (Müller, 1780)). The data on the first registration of common carp parasitic worms in fish farms and natural reservoirs are presented. During the parasitological examinations of the common carp from 5 fish farms in Belarus we have been established its helminths species composition and their prevalence of infection. In Belarus the fauna of alien helminths species of common carp is represented by 4 species (*K. sinensis*, *S. acheilognathi*, *P. cyprini*, *C. fimbriceps*).

**Keywords:** *helminths species*, Belarus, carp, natural reservoirs, fish farms

**Введение.** В Республике Беларусь развитие рыбохозяйственной отрасли осуществляется по двум направлениям: разведение, выращивание рыбы в искусственных условиях (аквакультура) и ведение рыболовного хозяйства в естественных рыболовных угодьях. Основным выращиваемым видом рыб в Беларуси является карп обыкновенный (*Cyprinus*



*carpio* (Linnaeus, 1758)), который в настоящее время составляет 79,7 % всего объема производства рыбы в стране. Карп обыкновенный является широко распространенным видом рыб-интродуцентов и в ряде европейских стран: Австрия, Болгария, Чехия, Польша, Румыния, Украина, Россия и др. Следует отметить, что его естественный ареал не включает водоемы, расположенные в современных границах Беларуси. Для водоемов бассейна Балтийского моря он не является аборигенным видом, его появление здесь связано с хозяйственной деятельностью человека, и он является первым известным натурализовавшимся интродуцентом современной фауны рыб Беларуси. Зарыбление посадочным материалом карпа обыкновенного с Дальнего Востока способствовало проникновению в рыбоводные хозяйства Беларуси и его паразитов, которые смогли достичь высокой численности в зоне инвазии, получили широкое распространение в прудовых хозяйствах и промысловых водоемах естественного происхождения, приобрели эпизоотическое значение. В литературе имеется ряд фрагментарных данных, касающихся болезней растительноядных рыб, в том числе и карпа обыкновенного [1, 2]. Среди болезней карпа обыкновенного наибольший удельный вес продолжают занимать гельминтозные инвазии, распространение которых в популяциях данного вида рыб контролируется рядом факторов.

Целью данного исследования являлось изучение гельминтофауны карпа обыкновенного в прудовых хозяйствах и в промысловых водоемах, выявление чужеродных видов паразитических червей и распространение их в популяциях аборигенных видов рыб.

**Материалы и методы.** Собственные исследования были проведены в 2016–2018 гг. в 5 рыбоводных хозяйствах на территории Беларуси. Работа выполнялась на базе лаборатории болезней рыб РУП «Институт рыбного хозяйства» и организаций, занимающихся разведением рыбы: Открытое акционерное общество (ОАО) «Опытный рыбхоз «Селец» (отделение «Белоозерское» и «Центральное»), Селекционно-племенной участок (СПУ) «Изобелино», Хозрасчетный рыбоводный участок (ХРУ) «Вилейка», рыбоводные пруды, арендованные ООО (Общество с ограниченной ответственностью) «Сервисный центр «Веста» и Индивидуальный предприниматель (ИП) Станевич. Общий объем исследованного материала: *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) (n=479). Отбор рыб для исследований проводили в различных прудах, в которых выращивается рыба одного возраста (одно-, двух- и трехлетние рыбы).



Материалом для настоящего сообщения послужили результаты неполного гельминтологического обследования рыб с целью обнаружения видов гельминтов: осмотр поверхности тела, плавников и жабр, обследование чешуи; вскрытие: осмотр полости тела; осмотр, препарирование и микроскопия плавательного пузыря; вскрытие кишечника, микроскопия соскобов с внутренних стенок кишечника. Для идентификации паразитов использованы соответствующие определители [3]. Для количественной характеристики заражённости рыб паразитами использовались показатели: экстенсивность инвазии, или встречаемость паразитов (процент зараженных хозяев конкретным видом от общего числа исследованных), интенсивность инвазии (минимальное и максимальное число паразитов одной особи рыб), средняя интенсивность инвазии (число паразитов, приходящихся в среднем на одну зараженную рыбу).

**Результаты исследований.** Гельминтофауна карпа обыкновенного на территории Беларуси изучалась рядом авторов начиная с 50-х годов прошлого столетия с момента зарыбления им рыбоводных прудов посадочным материалом. Целью данных исследований являлось предотвращение распространения возбудителей гельминтозной инвазии в популяциях интродуцированного карпа обыкновенного в прудовых хозяйствах Беларуси [3, 4, 5, 7, 8]. По нашим и литературным данным гельминтофауна карпа обыкновенного за период с 1950 по 2018 гг. в прудовых хозяйствах и естественных водоемах Беларуси представлена 20 видами гельминтов: 7 видов моногеней (*Dactylogyrus anchoratus* (Dujardin, 1845), *Dactylogyrus extensus* (Mueller et Van Cleave, 1932), *Dactylogyrus vastator* (Nybelin, 1924), *Gyrodactylus elegans* (Nordmann, 1832), *Gyrodactylus medius* (Kathariner, 1893), *Diplozoon paradoxum* (Nordmann, 1832), *Eudiplozoon nipponicum* (Goto, 1891)), 4 вида цестод (*Caryophyllaeus fimbriceps* (Annenkova-Khlopina, 1919), *Khawia sinensis* (Hsu, 1935), *Neogryporhynchus cheilancristrotus* (Wedl, 1855), *Schyzocotyle acheilognathi* (Yamaguti, 1934)), 7 видов трематод (*Bucephalus polymorphus* (Baer, 1827), *Paracoenogonimus ovatus* (Katsurada, 1914), *Posthodiplostomum cuticola* (Nordmann, 1832), *Diplostomum spathaceum* (Rudolphi, 1819), *Tylodelphys clavata* (Nordmann, 1832), *Ichthyocotylurus pileatus* (Rudolphi, 1802), *Sanguinicola inermis* (Plehn, 1905)), по 1 виду нематод (*Philometroides cyprini* (Ishii, 1931)) и акантоцефал (*Acanthocephalus anguillae* (Müller, 1780)) [9]. Ряд видов паразитических червей широко распространен в популяциях карпа обыкновенного как в прудовых хозяйствах, так и естес-



твенных водоемах. К ним относятся цестоды — *K. sinensis*, *S. acheilognath* и нематода — *P. cyprini* [10, 11]. Среди широко распространенных видов гельминтов карпа обыкновенного следует отметить 3 вида цестод (*K. sinensis*, *S. acheilognathi*, *C. fimbriceps*) и 1 вид нематод — *P. cyprini*. Эти виды, завезенные с посадочным материалом карпа обыкновенного с Дальнего Востока, быстро распространились по рыбоводным хозяйствам, а затем и по естественным водоемам Беларуси, представляя угрозу для рыбоводства. На территории Беларуси *K. sinensis* успешно натурализовалась и в естественных водоемах, отмечается у аборигенных видов рыб (лещ, плотва, густера). Широкому распространению данного вида цестод в прудовых хозяйствах и в естественных водоемах способствовало наличие в них промежуточных хозяев цестоды, что позволяет *K. sinensis* завершать цикл развития в условиях Беларуси. Цестода *S. acheilognathi* с высокой средней частотой встречаемости (37,5 %) отмечена в естественных водоемах у уклей, окуня, леща, чехони. Как и у *K. sinensis* у *S. acheilognathi* в зоне инвазии круг ее хозяев среди аборигенных видов рыб достаточно широк, что свидетельствует о натурализации данного вида гельминтов в условиях Беларуси [10].

Цестода *C. fimbriceps* впервые регистрировалась у карпа обыкновенного в 1948 г. в прудовых хозяйствах Беларуси [4].

Нематода *P. cyprini* кроме прудовых хозяйств зарегистрирована у карпа в естественных водоемах [11]. Переносчиками *P. cyprini* послужили карпы, по разным причинам попавшие в естественные водоемы, где сформировали мощный очаг филометроидоза в бассейнах рек Днепр и Буг. В естественных водоемах на территории Беларуси *P. cyprini* в настоящее время не регистрируется. Возможно, это связано с хорошо налаженной системой биологической очистки прудов в весенний период и предотвращения попадания зараженных промежуточных хозяев в естественные водоемы. Однако следует отметить, что на территории Европы данная нематода регистрируется у карпа обыкновенного в естественных водоемах. Так, например, в Болгарии на территории Биосферного заповедника в озере Сребарна у карпа были обнаружены нематоды *P. cyprini* [12], а также в озере Силду на территории Латвии [13].

Ниже приводятся сведения о первом обнаружении видов гельминтов карпа обыкновенного на территории Беларуси.

Тип *Acanthocephala* Rudolphi, 1808

Класс *Palaeacanthocephala* Meyer, 1931

Отряд *Echinorhynchida* Southwell et Macfie, 1925



Семейство Arhythmacanthidae Yamaguti, 1935

Род *Acanthocephalus* Koelreuter, 1771

Сын.: *Paracanthocephalus* Achmerov et Dombrowskaja-Achmerova, 1941;  
*Pseudoechinorhynchus* Petrochenko, 1956

***Acanthocephalus anguillae* (Muller, 1780)**

Сын.: *Echinorhynchus anguillae* Muller, 1780; *Echinorhynchus globulosus* Rudolphi, 1802

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [4].

Тип Nematoda Rudolphi, 1808

Класс Secernentea Linstow, 1905

Отряд Spirurida Chitwood, 1933

Семейство Philometridae Baylis et Daubney, 1926

Род *Philometroides* Yamaguti, 1935

Сын.: «*Philometra*» auct.

***Philometroides cyprini* (Ishii, 1931)**

Сын.: *Filaria cyprini* Ishii, 1931; *Philometra lusiana* Vismanis, 1966; *Philometra lusii* Visman, 1962

При первом обнаружении в рыбоводных хозяйствах на территории Беларуси вид зарегистрирован как *Philometra lusiana* Vismanis, 1966, в естественных водоемах — *Philometroides lusiana* (Vismanis, 1966).

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [7]; естественные водоемы [11].

Тип Plathelminthes Gegenbaur, 1859

Класс Cestoda Rudolphy, 1808

Отряд Caryophyllidea Beneden in Olsson, 1893

Семейство Caryophyllaeidae Leuckart, 1878

Род *Caryophyllaeus* Gmelin, 1790

***Caryophyllaeus fimbriceps* Annenkova-Khlopina, 1919**

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [4].

Семейство Lytocestidae Hunter, 1927

Род *Khawia* Hsu, 1935

***Khawia sinensis* Hsu, 1935**

Место и автор обнаружения: рыбные хозяйства [8]; естественные водоемы [14].

Отряд Cyclophyllidea Beneden in Braun, 1900

Семейство Dilepididae Railliet et Henry, 1909

Род *Neogryporhynchus* Baeret Bona, 1960

***Neogryporhynchus cheilancristrotus* (Wedl, 1855)**

Сын.: *Gryporhynchus pusillus* Nordmann, 1832; *Gryporhynchus tetrorchis* Hill, 1941; *Taenia cheilancristrotus* Wedl, 1855



При первом обнаружении на территории Беларуси вид зарегистрирован как *Cysticercus gryporhynchus pusillus* (Nordmann, 1832) и *Cysticercus gryporhynchus cheilancristrotus* Nordmann, 1832.

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [6].

Отряд Pseudophyllidea Carus, 1863

Семейство Bothriocephalidae Blanchard 1849

Род *Schyzocotyle* Achmerov, 1960

***Schyzocotyle acheilognathi* (Yamaguti, 1934)**

Сyn.: *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934; *Bothriocephalus gowkongensis* Yeh, 1955.

При первом обнаружении на территории Беларуси вид зарегистрирован как ***Bothriocephalus gowkongensis* Yeh, 1955.**

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [15, 16].

Класс Monogenea (Van Beneden, 1858) Burchowsky, 1937

Семейство Dactylogyridae Burchowsky, 1933

Род *Dactylogyrus* Diesing, 1850

***Dactylogyrus anchoratus* (Dujardin, 1845)**

Сyn.: *Gyrodactylus anchoratus* Dujardin, 1845

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [4].

***Dactylogyrus extensus* Mueller et Van Cleave, 1932**

Сyn.: *Dactylogyrus solidus* Achmerow, 1948; *Dactylogyrus hovorkai* Kastak, 1957

При первом обнаружении на территории Беларуси вид зарегистрирован как ***Dactylogyrus solidus* Achmerow, 1948.**

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [4].

***Dactylogyrus vastator* Nybelin, 1924**

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [4].

Отряд Gyrodactylidea Burchowsky, 1937

Семейство Gyrodactylidae Cobbold 1864

Род *Gyrodactylus* Nordmann, 1832

***Gyrodactylus elegans* Nordmann, 1832**

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [5].

***Gyrodactylus medius* Kathariner, 1893**

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [6].

Отряд Mazocreaidea Burchowsky, 1957

Семейство Diplozoidae Palombi, 1949

Род *Diplozoon* Nordmann, 1832

***Diplozoon paradoxum* Nordmann, 1832**

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [6].

Род *Eudiplozoon* Khotenovskii, 1985

***Eudiplozoon nipponicum* (Goto, 1891)**

Сын.: *Eudiplozoon nipponicum* (Goto, 1891); *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891

При первом обнаружении на территории Беларуси вид зарегистрирован как *Diplozoon nipponicum* Goto, 1891.

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [17].

Класс Trematoda Rudolphi, 1808

Отряд Strigeida La Rue, 1926

Семейство Vucephalidae Poche, 1907

Род *Vucephalus* Baer, 1827

***Vucephalus polymorphus* Baer, 1827**

Сын.: *Vucephalus markewitschi* Koval, 1949.

При первом обнаружении на территории Беларуси вид зарегистрирован на стадии метацеркарии.

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [5].

Семейство Cyathocotylidae Muhling, 1898

Род *Paracoenogonimus* Katsurada, 1914

***Paracoenogonimus ovatus* Katsurada, 1914**

Сын.: *Diplostomum hughesi* Markewitsch, 1934; *Neodiplostomum hughesi* (Markewitsch, 1934)

При первом обнаружении на территории Беларуси вид зарегистрирован на стадии метацеркарии.

Место и автор обнаружения: естественные водоемы [18].

Семейство Diplostomidae Poirier, 1886

Род *Posthodiplostomum* Dubois, 1936

Сын.: *Diplostomulum* Brandes, 1892 part.; *Diplostomum* Nordmann, 1832 part.; по работе (Судариков, 1971)

***Posthodiplostomum cuticola* (Nordmann, 1832)**

Сын.: *Diplostoma cuticola* Dies.-Cobbold, 1860; *Diplostomulum cuticola* (Nordmann, 1832); *Diplostomum cuticola* (Nordmann, 1832); *Holostomum cuticola* Nordmann, 1832; *Neascus cuticola* (Nordmann, 1832); *Tetracotyle cuticola* (Nordmann, 1832)

При первом обнаружении на территории Беларуси вид зарегистрирован на стадии метацеркарии *Neascus cuticola* (Nordmann, 1832).

Место и автор обнаружения: рыбоводные хозяйства [19].

**Род *Diplostomum* Nordmann, 1832**

Сын.: *Hemistomum* Diesing, 1850; *Proalaria* La Rue, 1926; по работе (Судариков, 1971)

***Diplostomum spathaceum* Rudolphi, 1819**

Сын.: *Diplostomum helveticum* Dubois, 1928.



При первом обнаружении на территории Беларуси вид зарегистрирован на стадии метацеркарии.

Место и автор обнаружения: прудовые хозяйства [5].

Род *Tylodelphys* Diesing, 1850

***Tylodelphys clavata* Nordmann, 1832**

Syn.: *Diplostomulum clavatum* Nordmann, 1832; *Tylodelphys conifera* (Mehlis, 1846)

При первом обнаружении на территории Беларуси вид зарегистрирован на стадии метацеркарии *Diplostomulum clavatum* Nordmann, 1832.

Место и автор обнаружения: прудовые хозяйства [5].

Семейство Strigeidae Railliet, 1919

Род *Ichthyocotylurus* Odening, 1969

Syn.: для стадии метацеркарии — *Cotylurus* auct.; *Tetracotyle* auct.

***Ichthyocotylurus pileatus* (Rudolphi, 1802)**

Syn.: *Cotylurus pileatus* (Rudolphi, 1802); *Tetracotyle diminuta* Hughes, 1928

При первом обнаружении на территории Беларуси вид зарегистрирован на стадии метацеркарии *Cotylurus pileatus* (Rudolphi, 1802).

Место и автор обнаружения: прудовые хозяйства [5].

Семейство Sanguinicolidae Graff, 1907

Род *Sanguinicola* Plehn, 1905

***Sanguinicola inermis* Plehn, 1905**

Место и автор обнаружения: прудовые хозяйства [20].

Собственные исследования гельминтофауны карпа обыкновенного, выращиваемого в прудовых хозяйствах Беларуси, проведенные в 2016–2018 гг., показали наличие у данного вида рыб четырех видов гельминтов (*D. paradoxum*, *K. sinensis*, *S. acheilognath*, *P. cyprini*) (табл.). Наиболее широко в популяциях карпа обыкновенного распространена цестода *K. sinensis*. Впервые данная цестода на территории Беларуси в прудовых хозяйствах была обнаружена в 1966 году (Калецкая, 1971). Возбудители кавиоза, цестоды *K. sinensis*, в обследованных нами рыбоводных хозяйствах, были выявлены у карпа различных возрастных групп: у однолетних — СПУ «Изобелино», ХРУ «Вилейка»; у двухлетних — ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» (отделения «Белоозерское» и «Центральное»), у трехлетних — ООО «Сервисный центр «Веста» и ИП Станевич. В среднем, экстенсивность инвазии данным видом цестод карпа обыкновенного составляет  $28,6 \pm 6,2$  % при интенсивности инвазии 1–22 экз./ особь (табл.). Высокую экстенсивность инвазии *K. sinensis* у данного вида рыб подтверждают и исследования, проведенные на тер-



ритории России в прудовых хозяйствах Ростовской [21], Калининградской [22], Саратовской областей [23]. Выявлены сезонные изменения зараженности карпа обыкновенного цестодой *K. sinensis*, где отмечается снижение численности кавий от весны к осени [24]. Снижение значений данных показателей в конце вегетационного периода обусловлено завершением жизненного цикла кавий в организме рыб. Наши данные сопоставимы с результатами исследований, полученными А.А. Вастьяновой [25] в прудовых хозяйствах Саратовской области.

Первая регистрация цестоды *S. acheilognathi* у карпа обыкновенного на территории Беларуси в рыбхозах «Лахва» и «Белое» относится к 1966 году [15]. Возбудители ботриоцефалеза, цестоды *S. acheilognathi*, в обследованных нами рыбоводных хозяйствах, были выявлены у данного вида рыб-интродуцентов в ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» (отделение «Центральное») с частотой встречаемости 16,0 % при интенсивности инвазии 1–2 экз./особь. Аналогичные результаты исследований получены на территории России А. А. Вастьяновой [25] в прудовых хозяйствах Саратовской области, которая указывает, что данный вид цестод регистрировался у карпа с высокой экстенсивностью инвазии — 38,5 %. Цестода *S. acheilognathi* зарегистрирована у карпа обыкновенного, выращиваемого в садковых хозяйствах европейской части России [26].

Таблица. Зараженность карпа обыкновенного гельминтами в прудовых хозяйствах Беларуси

Table. Infestation of common carp with helminths in pond farms in Belarus

Вид паразита	N=479		
	Количество зараженных рыб, экз.	Экстенсивность инвазии, %	Интенсивность инвазии, экз./на особь
<i>Diplozoon paradoxum</i> Nordmann, 1832	1	0,2	1
<i>Schyzocotyle acheilognathi</i> (Yamaguti, 1934)	76	16,0	1–2
<i>Khawia sinensis</i> Hsu, 1935	135	28,6	1–22
<i>Philometroides cyprini</i> (Ishii, 1931)	63	13,3	1–

В чешуйных кармашках карпа обыкновенного были обнаружены самки нематоды *P. cyprini*. Возбудители филометроидоза нематоды *P. cyprini*, в обследованных рыбоводных хозяйствах, были выявлены у дан-



ного вида рыб с частотой встречаемости 13,3 % и интенсивностью инвазии 1–4 экз./особь. У трехлетнего карпа в ХРУ «Вилейка» экстенсивность инвазии данной нематодой составляла 30 %, интенсивность инвазии — 1–3 экз./особь; у двухлетнего карпа она составляла 20 %, а интенсивность инвазии — 1–2 экз./особь.

В ОАО «Опытный рыбхоз Селец» на жабрах у одной особи карпа обыкновенного обнаружен 1 вид плоских червей из семейства Diplozoidae класса моногеней.

Анализ полученных результатов исследований показал, что выращивание карпа в прудовых хозяйствах приводит к снижению видового разнообразия паразитических червей. Наши данные сопоставимы с результатами, полученными в других регионах (Украина, Россия, Армения). Так, например, в прудовых хозяйствах Ростовской области у карпа отмечено также невысокое разнообразие паразитических червей: метасцеркарии трематод *Diplostomum* и *Postdiplostomum*, *Bothriocephalus acheilognathi*, *Ligula intestinalis*, *Philometroides lusiana* [27].

**Заключение.** Таким образом, гельминтофауна карпа обыкновенного на территории Беларуси представлена 20 видами: 7 видов моногеней, 4 вида цестод, 7 видов трематод, по 1 виду нематод и акантоцефал. На основе результатов собственных исследований установлен видовой состав гельминтов и зараженность ими карпа обыкновенного в 5 прудовых хозяйствах Беларуси. Фауна чужеродных видов гельминтов данного вида рыб в условиях Беларуси представлена 4 видами (*K. sinensis*, *S. acheilognathi*, *P. cyprini*, *C. fimbriceps*). Все чужеродные виды гельминтов завезены на территорию Беларуси с Дальнего Востока с посадочным материалом карпа обыкновенного. Они являются инвазивными и наносят ущерб рыбоводной отрасли, приводя к гибели выращиваемого вида рыб.

### Список использованных источников

1. Кончиц, В.В. Рыбоводная и экономическая эффективность выращивания сеголетков растительноядных рыб / В.В. Кончиц, Г.П. Воронова // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. — 2006. — Вып.22. — С. 160–167.
2. Кончиц, В. В. Болезни растительноядных рыб / В. В. Кончиц, Э. К. Скурат, Р. Л. Асадчая // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. — 2002. — №4. — С. 49–51.
3. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 2: Паразитические многоклеточные (1-я часть). Л.: Наука, 1985. 425 с. Т. 3: Паразитические многоклеточные (2-я часть). — Л.: Наука, 1987. — 583 с.



4. Чечина, А.С. Заболевания прудовых рыб в послевоенные годы в БССР / А.С. Чечина // Седьмое совещ. по паразитол. проблемам: Тр. проблемных и темат. совещаний. — М.-Л., 1954. — Вып. 4. — С. 39–42.
5. Чечина, А.С. Сезонные и возрастные изменения паразитофауны карпов в прудовых хозяйствах Белорусской ССР / А.С. Чечина // Тр. Бел. науч.-исслед. ин-та рыбного хоз-ва. — Минск, 1960. — Т. 3. — С. 107–118.
6. Чечина, А.С. Систематический обзор паразитов рыб в прудовых хозяйствах Белоруссии / А.С. Чечина // Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии: сб. науч. тр. — Минск. — 1962. — С. 124–140.
7. Паразитофауна карпа в зимний период в рыбоводных хозяйствах Полесья / Е. И. Масленникова [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии: сб. науч. тр. — Минск. — 1970. — С. 111–118.
8. Калецкая, С.Л. Паразитофауна карпа Богушевского рыбопитомника / С.Л. Калецкая // Актуальные вопросы ветеринарии и зоотехнии. — Витебск, 1971. — С. 109–111.
9. Гельминты позвоночных животных и человека на территории Беларуси. Каталог / Е.И. Бычкова [и др.]. — Минск : Беларус. навука, 2017. — 316 с.
10. Цестоды, встречающиеся у рыб в условиях рыбоводных хозяйств и естественных водоемов Республики Беларусь / С.М. Дегтярик [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. — Минск. — 2013. — Вып. 29. — С. 23–33.
11. Філаметраідоз у Беларусі і барацьба з ім / Э.К. Скурат [і інш.] // Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. — 1993. — №3. — С. 121–123.
12. Shukerova, S. Helminth fauna of the Common carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758), from the Srebarna Biosphere Reserve, Bulgaria. Scientific articles / S. Shukerova // Ecology. — 2006. — P. 2 ISBN 954-9368-16-5, [https://www.researchgate.net/publication/235217807]
13. Kirjulina, M. Checklist of the parasites of fishes of Latvia. / M. Kirjulina, K. Vismanis // FAO Fisheries Technical Paper. 369/3/ 106 p. // Food and agriculture organization of the united nations, Rome, 2007. [ http://www.fao.org/3/a1078e/a1078e00.htm].
14. Взаимосвязь паразитоценозов рыб естественных водоемов и прудовых хозяйств Беларуси / Э.К. Скурат [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. — Минск, 2007. — Вып. 23. — С. 12–19.
15. Масленникова, Е.И. О многолетней динамике паразитофауны карпа в прудовых хозяйствах Белоруссии / Е.И. Масленникова // Пятое Всесоюз. совещ. по болезням и паразитам рыб и водных беспозвоночных : реф. докл. — Л., 1968. — С. 79–80.
16. Емельянов, В.С. Некоторые данные о распространении *Bothriocephalus govkongensis* в прудовых хозяйствах БССР / В. С. Емельянов // Третья зоол. конф., посвящ. 50-летию образования Белорус. ССР : тез. докл. — Минск, 1968. — С. 250–251.
17. Чечина, А. С. О взаимоотношениях между паразитами карпа / А.С. Чечина // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. — Минск. — 1970. — С. 119–122.



18. Горегляд, Х. С. Гельминтозоонозы рыб бассейна реки Припять / Х.С. Горегляд, В.Я. Линник // Здравоохранение Белоруссии. — 1965. — № 8. — С. 50–53.
19. Чечина, А.С. Систематический обзор паразитов рыб в прудовых хозяйствах Белоруссии / А.С. Чечина // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. — Минск, 1962. — С. 124–140.
20. Чечина, А.С. Сангвиникоз и меры борьбы с ним в прудовых хозяйствах Белорусской ССР / А.С. Чечина // Тр. совещ. по болезням рыб. — М. : Л., 1959. — Вып. 9. — С. 57–59.
21. Петришко, В.Ю. Инвазионные заболевания промысловых рыб, регистрируемые в акватории Ростовской области / В.Ю. Петришко, Г.Д. Фирсова // Вестник аграрной науки. — 2017. — № 6 (69). — С. 70–76.
22. Авдеева, Е.В. Гельминтофауна карпа Учебно-опытного хозяйства Калининградского государственного технического университета (г. Калининград) / Е. В. Авдеева, Ю. Белянина, Е. Б. Евдокимова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 8 (часть 4). — С. 550–552.
23. Вастьянова, А.А. Оценка гельминтологической ситуации в прудовых хозяйствах Саратовской области / А.А. Вастьянова, Д.М. Кротова, С.В. Ларионов // Вестник Саратовского госуниверситета им. Н.И. Вавилова. — 2013. — №5. — С. 19–22.
24. Бычкова, Е.И. Сезонные изменения зараженности рыб-интродуцентов инвазивными видами гельминтов и бактерий в рыбоводных хозяйствах Беларуси / Е.И. Бычкова [и др.] // Экология и животный мир. — 2019. — №1. — С. 63–68. ISSN 2224-1647
25. Вастьянова, А.А. Гельминтозы рыб в рыбоводных водоемах Саратовской области: Автор.дисс... канд.вет.н. по специальности 03.02.11 / А.А. Вастьянова; ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова». — Саратов, 2013. — 22 с.
26. Кузнецова, Е.В. Паразитофауна и паразитарные болезни рыб, выращиваемых в садковых хозяйствах европейской части России / Е.В. Кузнецова // Паразитология. — 2017. — Т. 51, №5. — С. 436–444.
27. Казарникова, А.В. Анализ эпизоотической ситуации в рыбоводных хозяйствах Азовского бассейна в условиях антропогенного воздействия : автореф. дис. ... канд. биол.наук: 03.0019/ А.В. Казарникова. — Ростов-на Дону, 1999. — 20 с.

## References

1. Konchits V.V., Voronova G.P. Rybovodnaya i ehkonomicheskaya ehffektivnost' vyrashchivaniya segoletkov rastitel'noyadnykh ryb [*Fish breeding and economic efficiency of rearing herbivorous underyearlings*]. Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi : sb. nauch. tr. [*Issues of fish industry in Belarus: collection of articles. scientific. tr.*]. 2006, vol. 22, pp. 160–167 (in Russian).



2. Konchits V.V., Skurat E.H.K., Asadchaya R.L. Bolezni rastitel'noyadnykh ryb [*Diseases of herbivorous fish*]. Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi : sb. nauch. tr. [*Issues of fish industry in Belarus: collection of articles. scientific. tr.*]. 2002, №4, pp. 49–51 (in Russian).
3. Opredelitel' parazitov presnovodnykh ryb fauny SSSR. T. 2: Paraziticheskie mnogokletochnye (1-ya chast'). [*Keys to parasites of freshwater fish of the fauna of the USSR. T. 2: Parasitic multicellular organisms (1st part)*]. L.: Science, 1985, 425 p. T. 3: Paraziticheskie mnogokletochnye (2-ya chast'). [*Vol. 3: Parasitic multicellular organisms (part 2)*]. L.: Science, 1987, 583 p. (in Russian).
4. Chechina A.S. Zabolevaniya prudovykh ryb v poslevoennyye gody v BSSR [*Diseases of pond fish in the postwar years in the BSSR*]. Sed'moe soveshch. po parazitolog. problemam: Tr. problemnykh i temat. soveshchaniy [*Seventh meeting. by parasitology problems: Tr. problematic and thematic meetings.*]. M.-L., 1954, vol. 4, pp. 39–42 (in Russian).
5. Chechina A.S. Sezonnnyye i vozrastnyye izmeneniya parazitofauny karpov v prudovykh khozyaistvakh Belorusskoi SSR [*Seasonal and age-related changes in the parasite fauna of carp in pond farms of the Byelorussian SSR*]. Tr. Bel. nauch.-issled. in-ta rybnogo khoz-va [*Tr. Bel. nauch.-issled. in-that fish farm.*]. Minsk, 1960, vol. 3, pp. 107–118 (in Russian).
6. Chechina A.S. Sistematicheskii obzor parazitov ryb v prudovykh khozyaistvakh Belorussii [*Systematic review of fish parasites in pond farms in Belarus*]. Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi : sb. nauch. tr. [*Issues of fish industry in Belarus: collection of articles. scientific. tr.*]. 1962, pp. 124–140 (in Russian).
7. Maslennikova E.I., Emel'yanov V.S., Pol'gueva I.N., Ivasik V.M., Voz'nyi N.E. Parazitofauna karpa v zimnii period v rybovodnykh khozyaistvakh Poles'ya [*Parasite fauna of carp in winter in fish farms in Polesie*]. Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi : sb. nauch. tr. [*Issues of fish industry in Belarus: collection of articles. scientific. tr.*]. Minsk, 1970, pp. 111–118 (in Russian).
8. Kaletskaya S.L. Parazitofauna karpa Bogushevskogo rybopitomnika [*Parasite fauna of carp at Bogushevsky fish hatchery*]. Aktual'nye voprosy veterinarii i zootehnii [*Topical issues of veterinary medicine and zootechnics*]. Vitebsk, 1971, pp. 109–111 (in Russian).
9. Bychkova E.I., Akimova L.N., Degtyarik S.M., Yakovich M.M. Gel'minty pozvonochnykh zhivotnykh i cheloveka na territorii Belarusi. Katalog [*Helminths of vertebrates and humans on the territory of Belarus. Catalog*]. Minsk: Belarus. navuka, 2017, 316 p. (in Russian).
10. Degtyarik S.M., Asadchaya R.L., Skurat E.H.K., Benetskaya N.A., Grebneva E.I., Govor T.A., Sivolotskaya V.A. Tsestody vstrechayushchiesya u ryb v usloviyakh rybovodnykh khozyaistva i estestvennykh vodoemov Respubliki Belarus' [*Cestodes found in fish in fish farms and natural reservoirs of the Republic of Belarus*]. Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi : sb. nauch. tr. [*Issues of fish industry in Belarus: collection of articles. scientific. tr.*]. — Minsk, 2013, vol. 29, pp. 23–33 (in Russian).



11. Skurat E.H.K., Kulikova A.M., Grebneva E.I., Us V.U., Smirnova M.L. Filametraidoz u Belarusi i barats'ba z im [*Philametraidosis in Belarus and ramming them*]. Vestsi Akademiï agrarnykh navuk Belarusi [*Proceedings of the Academy of Agrarian Sciences of Belarus*]. 1993, № 3, pp. 121–123 (in Russian).
12. Shukerova S. *Helminth fauna of the Common carp, Cyprinus carpio (Linnaeus, 1758), from the Srebarna Biosphere Reserve, Bulgaria*. Scientific articles Ecology. — 2006. — P. 2 ISBN 954-9368-16-5, [<https://www.researchgate.net/publication/235217807>] (Accessed 28 September 2021).
13. Kirjulina M., Vismanis K. *Checklist of the parasites of fishes of Latvia*. FAO Fisheries Technical Paper. 369/3/ 106 p. // Food and agriculture organization of the united nations, Rome, 2007. [<http://www.fao.org/3/a1078e/a1078e00.htm>] (Accessed 28 September 2021).
14. Skurat E.H. K., Degtyarik S.M., Benetskaya N.A., Grebneva E.I., Sivolotskaya V.A., Asadchaya R.L., Govor T.A., Kuz'menkova O.V. Vzaimosvyaz' parazitotsenozov ryb estestvennykh vodoemov i prudovykh khozyaistv Belarusi [*Interrelation of parasitocenoses of fish in natural reservoirs and pond farms in Belarus*]. Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi : sb. nauch. tr. [*Issues of fish industry in Belarus: collection of articles. scientific. tr.*]. Minsk, 2007, vol. 23, pp. 12–19 (in Russian).
15. Maslennikova E.I. O mnogoletnei dinamike parazitofauny karpa v prudovykh khozyaistvakh Belorussii [*Long-term dynamics of carp parasite fauna in pond farms in Belarus*]. Pyatoe Vsesoyuz. soveshch. po bolezniam i parazitam ryb i vodnykh bespozvonochnykh : ref. dokl. [*Fifth All-Union. meeting. on diseases and parasites of fish and aquatic invertebrates: ref. report*]. L., 1968, pp. 79–80 (in Russian).
16. Emel'yanov, V. S. Nekotorye dannye o rasprostraneniï *Bothriocephalus govkongensis* v prudovykh khozyaistvakh BSSR [*Some data on the distribution of Bothriocephalus govkongensis in the pond farms of the BSSR*]. Tret'ya zool. konf., posvyashch. 50-letiyu obrazovaniya Belorus. SSR : tez. dokl. [*Third zool. conf., dedicated. To the 50th anniversary of the formation of Belarus. SSR: abstracts. report -*]. Minsk, 1968, pp. 250–251 (in Russian).
17. Chechina A.S. O vzaimootnosheniyakh mezhdru parazitami karpa [*About the relationship between carp parasites*]. Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi : sb. nauch. tr. [*Issues of fish industry in Belarus: collection of articles. scientific. tr.*]. Minsk, 1970, pp. 119–122 (in Russian).
18. Goreglyad X.S., Linnik V.YA. Gel'mintozoonozy ryb basseina reki Pripyat' [*Helminthiasis of fish in the Pripyat River basin*]. Zdravookhranenie Belorussii [*Healthcare of Belarus*]. 1965, № 8, pp. 50–53 (in Russian).
19. Chechina A.S. Sistematičeskii obzor parazitov ryb v prudovykh khozyaistvakh Belorussii [*Systematic review of fish parasites in pond farms in Belarus*]. Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi : sb. nauch. tr. [*Issues of fish industry in Belarus: collection of articles. scientific. tr.*]. Minsk, 1962, pp. 124–140 (in Russian).



20. Chechina A.S. Sangvinikolez i mery bor'by s nim v prudovykh khozyaistvakh Belorusskoi SSR [*Sanguinicoliasis and measures to combat it in pond farms of the Byelorussian SSR*]. Tr. soveshch. po boleznyam ryb. [Tr. meeting. for fish diseases.]. M.; L., 1959, vol. 9, pp. 57–59 (in Russian).
21. Petrishko V.YU., Firsova G.D. Invazionnye zabolevaniya promyslovykh ryb, registriruemye v akvatorii Rostovskoi oblasti [*Invasive diseases of commercial fish registered in the water area of the Rostov region*]. Vestnik agrarnoi nauki [*Agricultural Science Bulletin*]. 2017, № 6 (69), pp. 70–76 (in Russian).
22. Avdeeva E.V., Belyanina YU., Evdokimova E.B. Gel'mintofauna karpa Uchebno-opytного khozyaistva Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (g. Kaliningrad) [*Helminth fauna of carp of the Educational and experimental farm of the Kaliningrad State Technical University (Kaliningrad)*]. Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. [*International Journal of Applied and Basic Research*]. 2016, № 8 (part4), pp. 550–552 (in Russian).
23. Vast'yanova A.A., Krotova D.M., Larionov S.V. Otsenka gel'mintologicheskoi situatsii v prudovykh khozyaistvakh Saratovskoi oblasti [*A sssessment of the helminthological situation in the pond farms of the Saratov region*]. Vestnik Saratovskogo gosuniversiteta im. N.I. Vavilova [*Saratov State University Bulletin N.I. Vavilov*]. 2013, №5, pp. 19–22 (in Russian).
24. Bychkova E.I., Degtyarik S.M., Yakovich M.M., Benetskaya N.A. Sezonnnye izmeneniya zarazhennosti ryb-introdutsentov invazivnymi vidami gel'mintov i bakterii v rybovodnykh khozyaistvakh Belarusi [*Seasonal changes in the infection of introduced fish by invasive species of helminths and bacteria in fish farms in Belarus*]. Ehkologiya i zhivotnyi mir [*Ecology and fauna*]. 2019, №1, pp. 63–68. ISSN 2224-1647 (in Russian).
25. Vast'yanova A.A. Gel'mintozy ryb v rybovodnykh vodoemakh Saratovskoi oblasti: Avtor.disS... kan.vet.n. po spetsial'nosti 03.02.11 [*Helminthiasis of fish in fish-breeding reservoirs of the Saratov region: Author.diss ... in the specialty 03.02.11*]. FGBOU VPO «Saratovskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. N.I. Vavilov» [*FSBEI HPE «Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov»*]. Saratov, 2013, 22 p. (in Russian).
26. Kuznetsova E.V. Parazitofauna i parazitarnye bolezni ryb, vyrashchivaemykh v sadkovykh khozyaistvakh evropeiskoi chasti Rossii [*Parasite fauna and parasitic diseases of fish reared in cage farms of the European part of Russia*]. Parazitologiya [*Parasitology*]. 2017, v.51, № 5, pp. 436–444 (in Russian).
27. Kazarnikova A.V. Analiz ehvizooticheskoi situatsii v rybovodnykh khozyaistvakh Azovskogo basseina v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya : avtoref.dis. ... kand. biol.nauk [*Analysis of the epizootic situation in fish farms of the Azov basin under conditions of anthropogenic impact: abstract of the thesis. ... Cand. Biological Sciences*]: 03.0019: Rostov-na Donu, 1999, 20 p. (in Russian).



### Сведения об авторах

*Бычкова Елизавета Игнатьевна* — доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией паразитологии, ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам» (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: bychkova@biobel.by

*Якович Мария Митрофановна* — старший научный сотрудник лаборатории паразитологии ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам» (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: yakovichmm@tut.by

*Десяряк Светлана Михайловна* — кандидат биологических наук, доцент, зав. лабораторией болезней рыб, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lavrushnek@mail.ru

### Information about authors

*Bychkova Elizaveta* — Doctor of Biological Sciences, professor, Head of the Laboratory of Parasitology, State Scientific and Production Association “Scientific and Practical Center of National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources”, (220072, Minsk, st. Akademicheskaya, 27, Republic of Belarus). E-mail: bychkova@biobel.by

*Yakovich Marya* — Senior Researcher, Laboratory of Parasitology, State Scientific and Production Association “Scientific and Practical Center of National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources”, (220072, Minsk, st. Akademicheskaya, 27, Republic of Belarus). E-mail: yakovichmm@tut.by

*Dziahtsiaryk Sviatlana* — Ph.D. (Biological Sciences), Associate professor, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: lavrushnek@mail.ru



С.М. Дегтярик, С.В. Полоз, А.В. Беспалый, Г.В. Слободницкая

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

## СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И ОЗДОРОВЛЕНИЯ РЫБ ОТ ГЕЛЬМИНТОВ

**Аннотация:** В статье представлены результаты изучения противопаразитарной эффективности комплексного антигельминтного препарата «Празилен», содержащего иммуностимулирующий компонент, для включения его в способ повышения устойчивости и оздоровления рыб от гельминтов. Получены данные об увеличении показателей неспецифической резистентности у рыб. Показан уровень кортизола в сыворотке крови рыб на фоне применения празилена. Результаты исследований свидетельствуют о положительном влиянии антигельминтика на устойчивость организма рыб. Применения способа повышения устойчивости и оздоровления рыб от гельминтов на основе празилена с кормом вызывает активизацию систем, ответственных за устойчивость организма рыб.

**Ключевые слова:** устойчивость, оздоровление, рыбы, контроль над гельминтами

S. Dziahtsiaryk, S. Polaz, A. Biaspaly, H. Slabodnitskaya

*RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry”, Minsk, Belarus*

## METHOD FOR INCREASING THE RESISTANT AND HEALTHY OF FISH AGAINST HELMINTHES

**Abstract:** The article presents the results of a study of the antiparasitic effect of the complex anthelmintic drug «Prazifen», which contains an immunostimulating component to include prazifene in the method of increasing the resistance and health of fish from helminthes. It has been obtained that the use of prazifene leads to an increase in the indices of nonspecific resistance in fish. Shown is the level of cortisol in the blood serum of fish during the use of prazifen. The research results indicate the positive effect of the anthelmintic



on the resistance of the fish organism. The method of increasing the resistance and healing of fish from helminthes using prazifen with food activates the systems responsible for the stability of the fish organism.

**Keywords:** resistant, health, fish, control of helminthes

**Введение.** Гельминты являются серьезной проблемой для сохранения здоровья и продуктивности рыб. Традиционно контроль над паразитами осуществляется путем применения антигельминтных препаратов, что приводит к появлению паразитов, не чувствительных к этим препаратам. Поскольку создаются антигельминтные препараты гораздо медленнее, чем возникают не чувствительные к ним паразиты, то антигельминтные средства необходимо рассматривать как ценные ограниченные ресурсы. Особенно важно, когда новое противопаразитарное средство является комплексным и предназначено не только для устранения паразитов, но и повышения неспецифической резистентности организма хозяина. Нами был разработан способ повышения устойчивости и оздоровления рыб от гельминтов на основе применения препарата «Празифен», обладающего вышеуказанными свойствами.

Цель исследований — изучить влияние препарата «Празифен» на иммунобиологические показатели организма рыб, дозы и кратность его эффективного применения при гельминтозах для включения в способ повышения устойчивости и оздоровления рыб от гельминтов.

**Материалы и методы.** Лабораторные исследования проводили на базе РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», производственные испытания — на базе прудов различного функционала в СПУ «Изобелино» Минской области. Исследования проводили в двух сериях экспериментов. Иммунобиологические показатели организма рыб изучали согласно «Методическим рекомендациям по определению естественной резистентности сельскохозяйственных животных» и «Методическим указаниям по определению уровня естественной резистентности и оценке иммунного статуса рыб» [1, 2]. Уровень кортизола в сыворотке крови определяли методом иммуноферментного анализа, используя диагностические наборы ООО «АнализМедПром» (Республика Беларусь).

Статистическая обработка проводилась в программе MS Excel.

Исследования проводили в двух сериях опытов.



Серия 1. Для установления уровня неспецифической резистентности рыб на фоне применения празифена использованы годовики карпа средней массой 23,5 г в количестве 96 экз., которые были разделены по принципу случайных аналогов на три группы — две опытных и одну контрольную ( $n=32$ ). Группа № 1 — рыбы, получавшие препарат двукратно в дозе 200 мг/кг живого веса (по АДВ), группа № 2 — 300 мг/кг (по АДВ), контрольная группа препарат не получала. Отбор проб крови проводили до начала опытов, а также через 8, 15 и 21 день после применения.

Для определения уровня кортизола и общего белка в сыворотке крови по принципу случайных аналогов было сформировано три группы сеголеток карпа живой массой — 25–30 г. Группе № 1 применяли препарат внутривентрикулярно из расчета 200 мг/кг (по АДВ), группе № 2 — 1000 мг/кг (по АДВ), группе № 3 применяли изотонический раствор натрия хлорида в эквивалентном объеме.

Серия 2. Для определения эффективности применения комплексного препарата при гельминтозах рыб нами были выбраны дозы 200, 300, 400, 500 и 1000 мг/кг живого веса. Исследования проводили на карпах, инвазированных кишечными цестодами рр. *Khawia* и *Bothriocephalus*. Контролем служили карпы из той же партии, которым препарат не задавали. Было подобрано пять опытных и одна контрольная группы по 20 экз. рыбы в каждой.

Препарат задавали *per os* при помощи катетера в виде водной суспензии (2 г препарата на 20 мл воды для введения препарата в дозах 500 и 1000 мг/кг; затем, для удобства проведения эксперимента, суспензию разбавили водой в соотношении 1 : 10). Поскольку рыба существенно различалась по весу, для каждой дозы была выведена формула, по которой рассчитывали количество суспензии препарата (мл), задаваемое каждой особи.  $A$  — вес рыбы, г,  $X$  — количество суспензии, мл.

1. 200 мг/кг:  $X=0,01 A$  (суспензия, разбавленная в 10 раз).
2. 300 мг/кг:  $X=0,015 A$  (суспензия, разбавленная в 10 раз).
3. 400 мг/кг:  $X=0,02 A$  (суспензия, разбавленная в 10 раз).
4. 500 мг/кг:  $X = 0,005 A$  (неразбавленная суспензия).
5. 1000 мг/кг:  $X = 0,01 A$  (неразбавленная суспензия).

Спустя 3 сут вся рыба из опытных и контрольных групп была подвергнута аутопсии.

В этой серии опытов мы также определяли кратности применения препарата. Для этого были использованы годовики карпа, зараженные



кишечными цестодами *Khawia sinensis* (ЭИ — 100 %, ИИ — 3–8 пар./рыбу) и *Bothriocephalus opsariichthydis* (ЭИ — 70 %, ИИ — 1–4 пар./рыбу), а также годовики белого амура, зараженные метацеркариями трематод р. *Diplostomum* (ЭИ — 100 %, ИИ — 5–53 пар./рыбу) и плероцеркоидами цестод р. *Ligula* (ЭИ — 50 %, ИИ — 1–3 пар./рыбу). Препарат применяли в дозах 100, 200, 300, 400, 500 мг/кг *per os* при помощи катетера в виде водной суспензии; формула расчета строилась по тому же принципу, что и в предыдущем опыте. Празифен в каждой дозе был скормлен 5 группам карпа и 5 группам амура (однократное кормление, двукратное, а также трех-, четырех- и пятикратное). Контролем служили карпы и амурь из той же партии, не прокормленные препаратом. В каждом варианте опыта и контроля использовано по 10 экз. рыбы. Через сутки после последнего кормления вся рыба из опытных и контрольных групп была подвергнута аутопсии.

**Результаты исследований.** Серия 1. Для изучения влияния препаратов антигельминтного действия на уровень неспецифической резистентности организма рыб определяли следующие показатели крови: бактерицидная активность сыворотки крови (БАСК), фагоцитарная активность лейкоцитов (ФА), фагоцитарный индекс (ФИ), фагоцитарное число (ФЧ). В качестве тест-микроба использовали бактерии рода *Aeromonas*.

Данные, представленные в табл. 1, свидетельствуют об увеличении показателей естественной резистентности у рыб опытных групп по сравнению с контрольной группой. У рыб из контрольной группы не отмечалось увеличения или уменьшения показателей клеточного и гуморального иммунитета, их значения оставались стабильными, практически на том же уровне, как и перед началом опыта: БАСК — 24,7–24,8 %, ФА — 26,2–26,4, ФИ — 2,6–2,5, ФЧ — 68,1–66,0.

У рыб из группы № 1, получавшей препарат из расчета 200 мг АДВ/кг, наблюдалось увеличение следующих показателей: БАСК — с 24,9 до 33,4 % (на 34,1 %); ФА — с 26,7 до 29,6 (на 10,8 %); ФИ — с 2,5 до 3,0 (на 20 %), ФЧ — с 66,8 до 88,8 (на 32,9 %).

У рыб из группы № 2, получавшей препарат «Празифен» из расчета 300 мг АДВ/кг, наблюдалось еще более существенное увеличение показателей естественной резистентности: БАСК — с 24,3 до 34,8 (на 43,2 %); ФА — с 25,9 до 33,0 (на 27,4 %), ФИ — с 2,7 до 3,5 (на 29,6 %), ФЧ — с 69,9 до 115,5 (на 65,2 %).



**Таблица 1. Показатели неспецифической резистентности организма рыб на фоне применения празифена с кормом**

**Table 1. Parameters of nonspecific resistance of the fish organism after the application of prazifene with food**

Группа	Показатели неспецифической резистентности			
	БАСК, %	ФА	ФИ	ФЧ
До начала опыта				
1	24,9 + 0,3	26,7 + 0,2	2,5 + 0,20	66,8 + 0,31
2	24,3 + 0,1	25,9 + 0,1	2,7 + 0,25	69,9 + 0,16
3 (к)	24,7 + 0,3	26,2 + 0,2	2,6 + 0,10	68,1 + 0,22
8 суток				
1	26,9 + 0,3	25,9 + 0,2	2,5 + 0,15	64,8 + 0,23
2	25,5 + 0,1	27,5 + 0,3	2,9 + 0,20	79,8 + 0,15
3 (к)	24,8 + 0,2	27,0 + 0,1	2,5 + 0,15	67,5 + 0,20
15 суток				
1	28,3 + 1,1	29,3 + 0,3	3,3 + 0,15	96,7 + 0,33
2	34,2 + 0,5	29,6 + 0,1	3,7 + 0,10	109,5 + 0,21
3 (к)	25,0 + 0,2	26,6 + 0,1	2,2 + 0,10	58,5 + 0,13
21 сутки				
1	33,4 + 0,9	29,6 + 0,2	3,0 + 0,10	88,8 + 0,18
2	34,8 + 0,4	33,0 + 0,2	3,5 + 0,10	115,5 + 0,32
3 (к)	24,8 + 0,1	26,4 + 0,3	2,5 + 0,05	66,0 + 0,15

Результаты исследований говорят об активизации систем, ответственных за иммунитет организма, что подтверждается увеличением показателей неспецифической резистентности организма рыб. Таким образом, применение празифена, содержащего иммуностимулирующий компонент, с кормом повышает устойчивость организма рыб.

**Таблица 2. Биохимические показатели сыворотки крови карпа**

**Table 2. Biochemical parameters of carp blood serum**

Группа	Общий белок, г/л	Кортизол, нмоль/л
1	23,1 ± 0,27	800,0 ± 13,1
2	30,33 ± 0,16	852,0 ± 27,1
3 (к)	30,34 ± 0,12	850,0 ± 37,4

Результаты исследований показали, что биохимические показатели сыворотки крови (общий белок и кортизол) у опытных и контрольной групп не имели достоверных отличий (табл. 2). Применение празифена



в дозах 200 мг/кг (по АДВ) и 1000 мг/кг (по АДВ) не оказывает негативного влияния на организм рыб.

В серии 2 определяли эффективность применения комплексного препарата при гельминтозах рыб. Определяли наличие живых гельминтов и их количество в кишечнике рыб опытных и контрольной групп.

Таблица 3. Эффективность применения комплексного антигельминтного препарата при кишечных гельминтозах рыб

Table 3. The effect of using a complex anthelmintic drug for intestinal helminthes in fish

Показатели эффективности	Группа					
	1	2	3	4	5	6
ЭИ, %	0	4	0	0	0	50
ИИ, пар./рыбу	0	1	0	0	0	2-4

*Примечание.* Группа 1 — доза препарата 200 мг/кг живой массы; группа 2 — доза препарата 300 мг/кг живой массы; группа 3 — доза препарата 400 мг/кг живой массы; группа 4 — доза препарата 500 мг/кг живой массы; группа 5 — доза препарата 1000 мг/кг живой массы; группа 6 — контрольная, препарат не получала; ЭИ — экстенсивность инвазии; ИИ — интенсивность инвазии

Как видно из табл. 3, практически во всех вариантах опыта живых гельминтов в кишечниках рыб не обнаружено. Исключение составляет 1 экз. карпа из группы 2 — в его кишечнике выявлен 1 подвижный гельминт *Khawia sinensis*. В то же время у 50 % представителей контрольной группы обнаружены цестоды (как правило, наблюдалась смешанная инвазия — представители рр. *Khawia* и *Bothriocephalus* у одной рыбы). Интенсивность инвазии составляла при этом 2–4 пар./рыбу.

У 1 экз. карпа из группы № 3, получавшей 400 мг/кг препарата, в кишечнике обнаружен клубок погибших гельминтов. Подсчитать их количество и определить видовую принадлежность не представилось возможным, поскольку они были полуразложившимися и фрагментированными.

Таким образом, для оздоровления от кишечных цестод рр. *Khawia* и *Bothriocephalus* для рыб доза препарата составляет 200 мг/кг.

Результаты определения эффективности празифена в различных дозах и кратности применения при гельминтозах карпа и белого амура представлены в табл. 4 и 5.

Как видно из табл. 4, однократного кормления карпа при кишечных цестодозах недостаточно: практически во всех вариантах опыта еще



остаются живые паразиты. При двукратном кормлении препаратом в дозах 200 мг/кг и выше живых гельминтов в кишечниках рыб не обнаружено. В то же время у всех представителей контрольной группы обнаружены живые цестоды обоих видов, интенсивность инвазии при этом не изменилась по сравнению с началом опыта.

Таблица 4. Эффективность празифена в различных дозах и кратности применения при гельминтозах карпа

Table 4. The effect of prazifene in various doses and frequency of application for carp helminthiasis

Концентрация, мг/кг	Кратность				
	1	2	3	4	5
<i>Khawia sinensis</i>					
100	0	+	++	+++	+++
200	+	+++	+++	+++	+++
300	+	+++	+++	+++	+++
400	++	+++	+++	+++	+++
500	+++	+++	+++	+++	+++
К	0	0	0	0	0
<i>Bothriocephalus opsariichthydis</i>					
100	0	++	++	+++	+++
200	+	+++	+++	+++	+++
300	+	+++	+++	+++	+++
400	++	+++	+++	+++	+++
500	++	+++	+++	+++	+++
К	0	0	0	0	0

Примечание. 0 — гибели гельминтов не отмечено, инвазия на прежнем уровне; + — гибель до 30 % гельминтов; ++ — гибель около 30–60 % гельминтов; +++ — гибель 100 % гельминтов, живых не обнаружено.

Данные, представленные в табл. 5, свидетельствуют о том, что цестоды р. *Ligula*, находящиеся в полости тела рыбы, в большей степени подвержены действию празифена, чем трематоды р. *Diplostomum*, локализирующиеся в хрусталиках глаз. Для оздоровления от лигулы можно рекомендовать двукратное применение празифена с кормом из расчета 200 мг препарата на килограмм веса рыбы. У амуров из контрольной группы все плероцеркоиды лигулы оставались живы и подвижны. Интенсивность инвазии составляла при этом 2–4 пар./рыбу.



Таблица 5. Эффективность празифена в различных дозах и кратности применения при гельминтозах белого амура

Table 5. The effect of prazifene in various doses and frequency of application for helminthiasis of grass carp

Концентрация, мг/кг	Кратность				
	1	2	3	4	5
<i>Diplostomum sp.</i>					
100	0	+	+	++	++
200	0	+	+	++	+++
300	0	+	++	++	+++
400	+	++	++	+++	+++
500	++	+++	+++	+++	+++
К	0	0	0	0	0
<i>Ligula intestinalis</i>					
100	+	++	++	+++	+++
200	+	+++	+++	+++	+++
300	+	+++	+++	+++	+++
400	+	+++	+++	+++	+++
500	++	+++	+++	+++	+++
К	0	0	0	0	0

Для контроля над метацеркариями трематод р. *Diplostomum* доза празифена должна быть выше. Рекомендуется либо двукратное применение с кормом из расчета 500 мг/кг, либо четырехкратное — 400 мг/кг, либо пятикратное — 200 мг/кг.

Таким образом, для оздоровления от кишечных цестод *pp. Khawia* и *Bothriocephalus*, а также полостной цестоды *Ligula intestinalis* рекомендуется двукратное применение празифена с кормом (два дня подряд) в дозе 200 мг/кг (соответственно 4 кг препарата на 1 т корма). Чтобы достичь противопаразитарной эффективности, равной 100 %-й, следует применять празифен с кормом двукратно в дозе 500 мг/кг (10 кг/т), либо 4-кратно в дозе 400 мг/кг (8 кг/т), либо проводить 5-кратный курс кормления из расчета 200 мг/кг (4 кг/т).

**Выводы.** У рыб, получавших празифен из расчета 200 мг/кг (по АДВ), наблюдалось увеличение следующих показателей: БАСК — с 24,9 до 33,4 % (на 34,1 %); ФА — с 26,7 до 29,6 (на 10,8 %); ФИ — с 2,5 до 3,0 (на 20 %), ФЧ — с 66,8 до 88,8 (на 32,9 %). У рыб, получавших препарат из расчета 300 мг/кг (по АДВ), наблюдалось значительное увеличение по-



казателей естественной резистентности: БАСК — с 24,3 до 34,8 (на 43,2 %); ФА — с 25,9 до 33,0 (на 27,4 %), ФИ — с 2,7 до 3,5 (на 29,6 %), ФЧ — с 69,9 до 115,5 (на 65,2 %). Это свидетельствует о том, что применение празифена, содержащего иммуностимулирующий компонент, оказывает положительное влияние на иммунитет рыб, вызывая активизацию систем, ответственных за неспецифическую резистентность организма рыб, повышая их устойчивость.

Для оздоровления от кишечных цестод *pp. Khawia* и *Bothriocephalus*, а также полостной цестоды *Ligula intestinalis* рекомендуется двукратное применение празифена (два дня подряд) с кормом в дозе 200 мг/кг живой массы (соответственно 4 кг препарата на 1 т корма). Противопаразитарная эффективность 100 % в хрусталиках глаз достигается двукратным применением празифена в дозе 500 мг/кг (10 кг/т), либо 4-кратным в дозе 400 мг/кг (8 кг/т), либо 5-кратным курсом из расчета 200 мг/кг (4 кг/т).

Применение празифена двухлетнему карпу позволило уменьшить заражение рыбы кишечными цестодами — индекс обилия снизился с 3,2 до 0,2. Заражение метацеркариями диплостом также уменьшилось: ИО снизился с 2,6 до 1,2.

При групповом скармливании празифена прудовым рыбам в составе лечебного комбикорма из расчета 5 кг/т заражение кишечными цестодами значительно уменьшилось, при этом индекс обилия снизился: для *Kh. sinensis* с 2,5 до 0,1, для *B. claviceps* — с 2,0 до 0,1.

### Список использованных источников

1. Методические рекомендации по определению естественной резистентности сельскохозяйственных животных. — Минск, 1985. — 34 с.
2. Методические указания по определению уровня естественной резистентности и оценке иммунного статуса рыб. — М., 1999. — 20 с.

### Referents

1. Methodical recommendations for determining the nonspecific resistance of farm animals = *Metodicheskie rekomendacii po opredeleniyu estestvennoj rezistentnosti sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh*. — Minsk, 1985. — pp. 34.
2. Methodological guidelines for determining the level of nonspecific resistance and assessing the immune status of fish = *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu urovnya estestvennoj rezistentnosti i ocenke immunnogo statusa ryb*. — M., 1999. — pp. 20.

**Сведения об авторах**

*Десяряк Светлана Михайловна* — кандидат биологических наук, доцент, зав. лабораторией болезней рыб, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lavrushnek@mail.ru

*Полоз Светлана Васильевна* — кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lana.poloz@gmail.com

*Слободницкая Галина Владимировна* — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: slabodnickaja.g.v@gmail.com

*Беспалый Алексей Викторович* — научный сотрудник, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: salmotmf@gmail.com

**Information about authors**

*Dziahtsiaryk Sviatlana* — Ph.D. (Biological Sciences), Associate professor, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: lavrushnek@mail.ru

*Polaz Sviatlana* — Ph.D. (Veterinary Medicine), RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: lana.poloz@gmail.com

*Slabodnitskaya Halina* — Ph.D. (Agricultural sciences), RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: slabodnickaja.g.v@gmail.com

*Biaspaly Aliaksei* — researcher, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: salmotmf@gmail.com



С.М. Дегтярик<sup>1</sup>, С.В. Полоз<sup>1</sup>, А.Г. Шутова<sup>2</sup>, Г.В. Слободницкая<sup>1</sup>,  
Е.И. Гребнева<sup>3</sup>, Е.В. Максимьюк<sup>1</sup>, Т.А. Говор<sup>1</sup>, А.В. Беспалый<sup>1</sup>

<sup>1</sup> РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Отделение аграрных наук Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

## АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ И ИХ КОМПОЗИЦИЙ В ОТНОШЕНИИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ БОЛЕЗНЕЙ РЫБ — МИКРООРГАНИЗМОВ РР. *AEROMONAS* И *PROTEUS*

**Аннотация:** В статье представлены результаты изучения влияния эфирных масел и композиций эфирных масел растений сем. Губоцветные (*Labiatae*), Амариллисовые (*Amaryllidaceae*) и Сложноцветные (*Compositae*), произрастающих либо культивируемых на территории Республики Беларусь, на условно-патогенные для рыб бактерии *Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*. Отмечено, что довольно многие эфирные масла обладают высокой противомикробной активностью в отношении перечисленных бактерий: зоны задержки роста микроорганизмов достигают 25 и более мм, а в отдельных случаях 40 и более мм, что трактуется как высокая и очень высокая чувствительность. Составлен рейтинг эфирных масел согласно их бактерицидной активности, отмечены наиболее перспективные из них для дальнейших исследований и создания антибактериальных препаратов, предназначенных для нужд рыбоводной отрасли. **Благодарности.** Исследования выполнены в рамках программы ГПНИ «Качество и эффективность агропромышленного производства», подпрограммы «Животноводство и племенное дело». Авторы выражают благодарность Национальной академии наук Беларуси.

**Ключевые слова:** эфирные масла, сем. Губоцветные (*Labiatae*), сем. Амариллисовые (*Amaryllidaceae*), сем. Сложноцветные (*Compositae*), микроорганизмы рода *Aeromonas* и рода *Proteus*



S. Dziahtsiaryk<sup>1</sup>, S. Polaz<sup>1</sup>, H. Shutava<sup>2</sup>, H. Slabodnitskaya<sup>1</sup>, A. Hrebneva<sup>3</sup>,  
Y. Maksimyyuk<sup>1</sup>, T. Hovar<sup>1</sup>, A. Biaspaly<sup>1</sup>

*RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry», Minsk, Belarus*

*<sup>2</sup>Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

*<sup>3</sup>Department of Agricultural Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

## ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF ESSENTIAL OILS OF PLANTS AND THEIR COMPOSITIONS AGAINST BACTERIAL PATHOGENS OF FISH DISEASES AEROMONAS AND PROTEUS

**Abstract:** The article presents the results of studying the effect of essential oils and compositions of essential oils from plants of the family Labiatae, Amaryllidaceae and Compositae, growing or cultivated in the territory of the Republic of Belarus, on the bacteria *Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, which are opportunistic for fish. The rating of essential oils has been compiled according to their bactericidal activity, the most promising of them are marked for further research and the creation of antibacterial drugs, that are intended for the needs of the fish farming industry.

**Acknowledgments.** The Study was performed within the framework of the State Program of Scientific Research “Quality and Efficiency of Agroindustrial Production”. The authors are grateful to the National Academy of Sciences of Belarus for supporting these researches.

**Keywords:** essential oils, fam. Labiatae, fam. Amaryllidaceae, fam. Compositae, microorganism of the g. *Aeromonas* and g. *Proteus*

**Введение.** В общей проблеме повышения продуктивности рыбоводной отрасли не последнюю роль играет разработка способов предотвращения заболеваний рыб. Введение новых объектов рыбоводства в республике обострило проблему бактериальных инфекций; в течение ряда последних лет от рыб выделяются новые виды бактерий. Анализ собственных данных, полученных в 2013–2020 гг. при проведении бактериологического анализа рыб, выращиваемых в рыбоводных организациях республики, а также среды их обитания свидетельствует, что от рыб выделяется около 30 видов только грамотрицательных палочек



(именно таковыми являются большинство потенциальных возбудителей болезней); кроме того, идентифицировано около 10 видов кокков.

В количественном отношении преобладают аэромонады — бактерии р. *Aeromonas*. Наряду с аэромонадами от рыб периодически выделяются представители р. *Proteus*, также представляющие для них серьезную опасность. Указанные микроорганизмы были выделены нами в процессе исследований от представителей таких ценных видов, как сом и осетр. Бактерии р. *Proteus* обитают в воде, встречаются в организме рыб и др. животных. В литературе описаны случаи протейной инфекции у рыб, а также заболевание «протеоз», которое может являться причиной их гибели в естественных водоемах и в аквакультуре. К наиболее агрессивным комплексам при протекании БГС (бактериальной геморрагической септицемии, полиэтиологического заболевания рыб) относятся комплексы энтеробактерий, в т.ч. аэромонад с протеем [1-3].

Возникшая в последние годы необходимость развития производства экологически чистой, безопасной и обладающей хорошими вкусовыми качествами рыбопродукции открывает широкую перспективу использования в ихтиопатологической практике препаратов из растительного сырья. В последние годы установлено, что растения и препараты из них предпочтительнее для лечения многих болезней, чем синтетические средства. Биологически активные вещества находятся в растениях в определенных соотношениях, которые создавались в процессе эволюции при взаимодействии с окружающей средой. Они оказывают многостороннее действие на организм человека и животных и потому имеют широкие показания к применению. Сведений о применении фитопрепаратов в рыбоводстве немного, наука делает первые шаги в этом направлении.

**Цель работы** — изучить влияние растительных эфирных масел и композиций на их основе на антимикробные свойства в отношении бактерий рр. *Aeromonas* и *Proteus*, выделенных от рыб — объектов аквакультуры.

**Материалы и методы.** На основании литературных данных об антибактериальной активности растительных эфирных масел и собственных данных об их составе для исследований был отобран ряд растений, относящихся к сем. Губоцветные (*Labiatae*), сем. Амариллисовые (*Amaryllidaceae*) и сем. Сложноцветные (*Compositae*). Немаловажным критерием отбора была доступность, т.е. то, что указанные растения в достаточном количестве произрастают или культивируются на терри-



тории Беларуси и могут служить источником сырья для получения эфирных масел. Таким образом, материалом для исследований служили 14 образцов растительных эфирных масел:

**Сем. Губоцветные (*Labiatae*):**

- ♦ монарда дудчатая (*Monarda fistulosa*);
- ♦ базилик благородный (*Ocimum basilicum*);
- ♦ лаванда узколистная (*Lavandula angustifolia*);
- ♦ многоколосник фенхельный (*Agastache foeniculum*);
- ♦ шалфей лекарственный (*Salvia officinalis*);
- ♦ плектрантус ароматнейший (*Plectranthus amboinicus*).

**Сем. Амариллисовые (*Amaryllidaceae*):**

- ♦ лук репчатый (*Allium cepa*);
- ♦ чеснок посевной (*Allium sativum*).

**Сем. Сложноцветные (*Compositae*):**

- ♦ полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*);
- ♦ полынь горькая (*A. absinthium*);
- ♦ полынь однолетняя (*A. annua*);
- ♦ полынь эстрагонная (*A. dracunculus*);
- ♦ пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*);
- ♦ тагетес отклоненный (*Tagetes patula*).

Эфирные масла растений сем. Губоцветные и Сложноцветные выделяли методом водно-паровой дистилляции в соответствии с Государственной фармакопеей РБ [4] из сухого растительного сырья или из свежесобранной надземной массы растений. Затем образцы эфирного масла избавляли от остатков воды добавлением безводного сульфата натрия и помещали в герметично закрытой посуде на хранение при температуре 5 °С. Образцы летучих соединений из растений сем. Амариллисовые получали методом экстракции гексаном, с последующей отгонкой растворителя при температуре 68–69 °С. Затем образцы, содержащие биологически активные соединения, переносились в высушенные бюксы с известным весом и досушивались, после чего повторно измерялся вес бюксов и определялось количество выделенных биологически активных веществ (БАВ).

Для дифференциации бактерий использовался микроскопический метод исследования суточных культур, выращенных на твердых (мясопептонный агар — МПА) и жидких (мясопептонный бульон — МПБ) питательных средах. Бактерии, имеющие форму палочек (одиночных, парных, коротких цепочек размером  $\approx 0,5\text{--}1,0 \times 1,0\text{--}3,5$  мкм, окраши-



ваемых по Граму отрицательно), испытывались в дальнейшем на способность образовывать оксидазу (oxi — test). Для идентификации бактерий до вида применяли тест-систему Api 20E.

В лаборатории имеется коллекция микроорганизмов, выделенных от рыб различных видов (каarp, белый амур, пестрый толстолобик, карась серебряный, ленский осетр, форель, сиг, плотва), с наличием признаков инфекционных болезней в острой и хронической формах. Коллекция включает такие бактерии, как *Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus sp.*, *Citrobacterium freundii*, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *Shewanella putrefaciens* и др.

Для работы в качестве тест-штаммов использованы 25 штаммов бактерий *Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris* (*A. hydrophila* №№ 1, 2, 4, 5, 8, 13, 16, 19, 22, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, *A. salmonicida* № 11, *P. mirabilis* № 6 и *P. vulgaris* № 21).

Влияние указанных растительных масел на бактерии pp. *Aeromonas* и *Proteus* на начальном этапе работы изучали диско-диффузным методом. Для этого стерильные бумажные диски пропитывали маслами и накладывали их на поверхность чашек Петри, засеянных суточной культурой того или иного штамма. Зоны задержки роста измеряли в миллиметрах. При учете результатов считали, что:

- ♦ при наличии зоны задержки роста диаметром до 11 мм или ее отсутствии — бактерии нечувствительны (резистентны) к данному экстракту;
- ♦ при диаметре зоны задержки роста 12–15 мм — бактерии малочувствительны;
- ♦ при диаметре зоны задержки роста 16–25 мм — бактерии чувствительны;
- ♦ при диаметре зоны задержки роста более 25 мм — бактерии высокочувствительны к данному экстракту.

С учетом полученных данных создано 7 вариантов композиций для испытаний их антимикробной активности:

Варианты композиций:

- 1) монарда дудчатая — базилик обыкновенный — шалфей лекарственный;
- 2) монарда дудчатая — лаванда узколистная — плектрантус ароматнейший;
- 3) монарда дудчатая — базилик обыкновенный — лаванда узколистная;



4) плектрантус ароматнейший — лаванда узколистная — базилик обыкновенный;

5) монарда дудчатая (сорт Ильгиния) — шалфей лекарственный;

6) монарда дудчатая (сорт Ильгиния) — плектрантус ароматнейший;

7) монарда дудчатая (сорт Ильгиния) — лаванда узколистная.

На следующем этапе исследований определяли влияние четырех эфирных масел и четырех композиций из эфирных масел на наличие антимикробной активности в отношении аэромонад двумя дополнительными методами: методом совместного инкубирования и методом нанесения растительного экстракта на поверхность твердой среды. При этом использованы 2 штамма бактерий р. *Aeromonas* из коллекции лаборатории: *Aeromonas hydrophila* (№ 22) и *A. salmonicida* (№ 11).

**Метод совместного инкубирования.** В стерильные пробирки с мясопептонным бульоном (МПБ) засеяли бактерии *A. hydrophila* (штамм № 22) и *A. salmonicida* (штамм № 11). Использовано 18 пробирок, по 9 на каждый штамм. Пробирки №№ 1–8 получили порядковые номера композиций или эфирных масел, добавленных в них, пробирки № 9 служили контролем. По истечении 24 ч инкубирования в термостате получили суточную культуру. Из контрольных пробирок произвели высев на мясопептонный агар (МПА) на сектора чашек с надписью «К». Во все пробирки, кроме контрольных, добавили по 1 капле каждого масла или композиции и оставили на 2 ч в термостате. После 2-часовой инкубации были произведены посеvy на сектора чашек Петри с надписью «2». Пробирки оставили в термостате еще на 2 ч, затем произвели посеvy на сектора чашек с надписью «4». Засеянные таким образом чашки помещали в термостат на 24 ч. Антибактериальное действие эфирных масел и их композиций учитывали по интенсивности роста бактериальных культур на секторах чашек.

**Метод нанесения растительного экстракта на поверхность твердой среды.** На каждый вид бактерий (*A. hydrophila* № 22 и *A. salmonicida* № 11) было задействовано по 9 чашек Петри, залитых МПА. На поверхность чашек №№ 1–8 внесено и втерто шпателем по 1 капле соответствующего эфирного масла. Контролем служили чашки без добавления эфирных масел. После этого на поверхность чашек петлей засеивали суточную культуру аэромонад, инкубировали в термостате в течение



24 ч. Результаты учитывали по наличию или отсутствию роста бактериальной культуры на поверхности чашек.

### Результаты исследований.

**Влияние эфирных масел растений сем. Губоцветные (*Labiatae*) на бактерии pp. *Aeromonas* и *Proteus*.**

Первые эксперименты по изучению антагонизма эфирных масел растений сем. Губоцветные и бактерий оказались неудачными. При их постановке на 6 секторов одной чашки с культурой одного бактериального штамма ставили 6 дисков с различными эфирными маслами. Эфирные масла в таком количестве полностью подавляли рост всех бактерий, и измерить зоны задержки роста не представлялось возможным.

Было принято решение о проведении следующего этапа исследования: на 6 чашек засевали суточную культуру одного и того же штамма, в центр каждой чашки ставили один-единственный диск с каким-либо определенным маслом. Результаты исследований представлены в табл. 1 (зоны задержки роста бактерий указаны в мм).

Данные, представленные в табл. 1, свидетельствуют, что бактерии р. *Proteus* более чувствительны к эфирным маслам растений сем. Губоцветные, чем аэромонады. Зоны задержки роста *P. mirabilis* при применении масел монарды дудчатой, базилика благородного, лаванды узколистной и плектрантуса ароматнейшего превысили 25 мм, что характеризует чувствительность как высокую и очень высокую. К маслу многоколосника фенхельного и шалфея лекарственного указанные бактерии показали невысокую чувствительность (13–15 мм и 12–13 мм соответственно). Бактерии *P. vulgaris* оказались среднечувствительны к маслу многоколосника фенхельного (16–17 мм) и высокочувствительны ко всем остальным субстанциям (32–34 мм — к маслу шалфея лекарственного; >40 мм — монарды дудчатой, базилика благородного, лаванды узколистной).

Наиболее выраженными антибактериальными свойствами в отношении аэромонад обладают масла монарды дудчатой (рис. 1) и базилика благородного. Зоны задержки роста составили во многих вариантах опыта свыше 25 мм и даже свыше 40 мм, что позволяет охарактеризовать чувствительность бактерий р. *Aeromonas* к ним как высокую и очень высокую. Высокая чувствительность (свыше 25 мм) к маслу монарды проявилась у 15 штаммов аэромонад, к маслу базилика — у 13 штаммов.



Таблица 1. Чувствительность бактерий *Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida*, *Proteus mirabilis* и *P. vulgaris* к эфирным маслам растений сем. Губоцветные (*Labiatae*)

Table 1. Sensitivity of bacteria *Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida*, *Proteus mirabilis* and *P. vulgaris* to essential oils of plants of the family *Lipocytis*

Бактериальный штамм, №	Зоны задержки роста бактерий, мм					
	1*	2*	3*	4*	5*	6*
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 1	37–40	11–13	12–16	9–10	6–7	5–6
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 2	22–24	7–8	11–12	0	10–11	12–13
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 5	27–30	22–25	19–20	15–16	8–10	12–13
<i>Proteus mirabilis</i> , 6	>40	>40	36–38	13–15	12–13	27–30
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 8	>40	>40	19–20	-	-	27–30
<i>Aeromonas salmonicida</i> , 11	28–30	23–24	19–20	16	0	12
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 11	0	0	9–10	0	0	0
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 16	10–11	9–10	0	9–10	11–14	9–10
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 19	>40	>40	18–20	-	-	12–14
<i>Proteus vulgaris</i> , 21	>40	>40	>40	16–17	32–34	>40
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 22	>40	>40	16–18	-	-	19–20
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 24	26–28	12–13	9–10	9–10	8–9	7–8
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 25	>40	>40	15–16	11–12	0	13–15
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 27	>40	>40	>40	10–11	8–9	13–14
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 29	8–9	8–9	7–8	7–8	0	11–12
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 30	22–24	26–28	15–16	0	0	19–20
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 31	35–36	34–36	10–11	11–12	0	27–29
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 32	0	0	15–17	8–9	9–10	10–11
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 33	0	0	0	0	6–8	0
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 34	>40	>40	>40	8–9	7–8	11–13
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 35	0	0	0	28–30	9–10	13–14
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 36	>40	>40	>40	0	0	8–9
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 37	>40	>40	12–13	7–8	8–9	10–11
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 38	>40	>40	25–35	-	-	13–15

Примечание. \*номер образца эфирного масла: 1 — монарда дудчатая (*Monarda fistulosa*); 2 — базилик благородный (*Ocimum basilicum*); 3 — лаванда узколистная (*Lavandula angustifolia*); 4 — многоколосник фенхельный (*Agastache foeniculum*); 5 — шалфей лекарственный (*Salvia officinalis*), 6 — плектрантус ароматнейший (*Plectranthus amboinicus*)

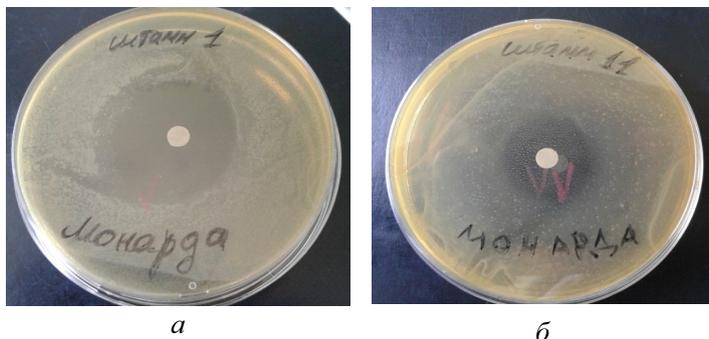


Рис. 1. Чувствительность к эфирному маслу монарды дудчатой бактерий:

а — *Aeromonas hydrophila*, штамм № 1; б — *A. salmonicida*, штамм № 11

Fig. 1. Sensitivity to the essential oil of monarda fistus bacteria:

а — *Aeromonas hydrophila*, strain № 1; б — *A. salmonicida*, strain № 11

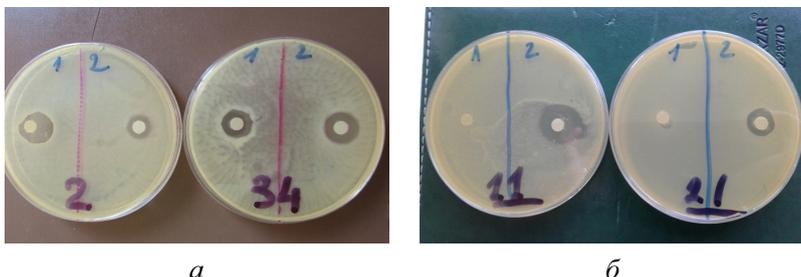
Большинство бактерий обладает средней и низкой чувствительностью к маслам лаванды узколистной и многоколосника фенхельного, высокая чувствительность отмечена только 3 штамма к маслу лаванды и у одного штамма — к маслу многоколосника. К маслу плектрантуса ароматнейшего был чувствителен только 1 штамм аэромонад, большинство же из них являлись средне- и малочувствительными.

На последнем месте по бактерицидной активности находится шалфей лекарственный: к нему практически все бактерии р. *Aeromonas* нечувствительны (задержка роста либо отсутствует, либо ее зона составляет  $\leq 11$  мм), и только 1 штамм малочувствителен (11–14 мм).

**Влияние эфирных масел растений сем. Амариллисовые (*Amaryllidaceae*) на бактерии рр. *Aeromonas* и *Proteus*.**

При определении чувствительности аэромонад и протеев к эфирным маслам лука репчатого (*Allium cepa*) и чеснока посевного (*Allium sativum*) установлено, что эфирные масла растений сем. Амариллисовые обладают, в основном, слабо- и средневыраженными антибактериальными свойствами в отношении бактерий рр. *Aeromonas* и *Proteus* (рис. 2).

Бактерии *Proteus mirabilis* оказались малочувствительны к указанным субстанциям (задержка роста составила 11–12 мм). Бактерии *P. vulgaris* нечувствительны к эфирному маслу лука репчатого (нулевая зона задержки роста) и слабочувствительны к маслу чеснока посевного (12–13 мм) (табл. 2).



а — *Aeromonas hydrophila*, штаммы №№2 и 34 (подпись снизу)

б — *Aeromonas hydrophila*, штаммы №№11 и 21 (подпись снизу)

Рис. 2. Чувствительность бактерий к эфирным маслам лука репчатого (1 — подпись сверху) и чеснока посевной (2 — подпись сверху)  
 Fig. 2. The sensitivity of bacteria to essential oils of onion (1 — signature above) and garlic (2 — signature above)

Таблица 2. Чувствительность бактерий рр. *Aeromonas* и *Proteus* к эфирным маслам растений сем. Амариллисовые (*Amaryllidaceae*)  
 Table 2. Sensitivity of bacteria рр. *Aeromonas* and *Proteus* to essential oils of plants of the family *Amaryllidaceae*

Бактериальный штамм, №	Зоны задержки роста бактерий, мм	
	Лук репчатый	Чеснок посевной
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 1	14–15	0
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 2	15–17	12
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 4	0	11–12
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 5	0	8–9
<i>Proteus mirabilis</i> , 6	12	11–12
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 8	0	19–20
<i>Aeromonas salmonicida</i> , 11	0	25
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 13	18–19	11
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 16	7–8	39–42
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 19	9–10	9–10
<i>Proteus vulgaris</i> , 21	0	12–13
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 22	0	21–22
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 24	13–14	15–17
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 25	0	0
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 27	0	19–20
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 29	15–18	20–22



Бактериальный штамм, №	Зоны задержки роста бактерий, мм	
	Лук репчатый	Чеснок посевной
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 30	0	15–16
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 31	10–11	8–9
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 33	8–10	7
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 34	13–15	14–15
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 36	0	10–12
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 37	9–10	11–12

БАВ чеснока посевного (*Allium sativum*) обладают более выраженным антибактериальным действием на аэромонады, чем у лука репчатого (*Allium cepa*). Зоны задержки роста *Aeromonas hydrophila* в одном из экспериментов составили 39–42 мм (штамм № 16), что трактуется как высокая чувствительность. В то же время зона задержки роста этого же штамма при применении БАВ лука составила 7–8 мм, что трактуется как отсутствие чувствительности. Бактерии *Aeromonas salmonicida* не проявили чувствительности к эфирному БАВ лука, в то время как у чеснока она была средней, на границе с высокой (25 мм). В остальных случаях чувствительность аэромонад к БАВ лука и чеснока можно охарактеризовать как низкую и среднюю.

#### **Влияние эфирных масел растений сем. Сложноцветные (*Compositae*) на бактерии pp. *Aeromonas* и *Proteus*.**

Данные, представленные в табл. 3, свидетельствуют, что из 6 изученных представителей сем. Сложноцветные наиболее выраженными бактерицидными свойствами в отношении аэромонад обладают эфирные масла полыни однолетней (*Artemisia annua*) и пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare*).

**Таблица 3. Чувствительность бактерий pp. *Aeromonas* и *Proteus* к эфирным маслам растений сем. Сложноцветные (*Compositae*)**  
**Table 3. Sensitivity of bacteria pp. *Aeromonas* and *Proteus* to essential oils of plants of the family Asteraceae**

№ бактериального штамма	Зоны задержки роста бактерий, мм					
	1*	2*	3*	4*	5*	6*
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 1	9–10	11–12	0	14–15	23–25	14–18
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 2	–	–	0	10–14	24–30	10–12
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 4	14–15	13–14	0	8–9	24–25	24–25
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 5	–	–	0	10–14	12–16	0



Окончание табл. 3

№ бактериального штамма	Зоны задержки роста бактерий, мм					
	1*	2*	3*	4*	5*	6*
<i>Proteus mirabilis</i> , 6	12–13	9–10	0	9–10	9–10	0
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 8	9–10	16–17	0	10–11	>40	9–10
<i>Aeromonas salmonicida</i> , 11	11–12	15–16	0	11–13	15–16	0
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 13	9–10	8–9	0	11–12	9–10	–
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 16	12–13	13–14	0	0	16–23	0
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 19	9–10	16–17	0	15–16	24–26	18–20
<i>Proteus vulgaris</i> , 21	8–9	10–12	0	9–10	13–14	9–10
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 22	9–10	8–9	0	12–15	>40	>40
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 24	–	–	–	11–13	13–15	–
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 25	9–10	8–9	–	–	16–18	–
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 27	9–10	0	9–10	9–10	9–10	9–10
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 29	9–10	11–12	0	0	0	0
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 30	12–13	0	–	–	8–9	–
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 31	–	–	–	16–18	19–20	10–11
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 32	0	8–9	0	0	9–10	9–10
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 33	0	9–10	0	0	10–11	9–10
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 34	9–10	0	9–10	11–13	23–25	9–10
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 36	27–28	22–23	0	8–9	15–16	9–10
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 37	0	10–11	0	9–10	12–14	10–11
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 38	0	0	0	9–13	26–29	0

Примечание. \*номер образца эфирного масла: 1 — тагетес отклоненный *Tagetes patula* L.; 2 — полынь эстрагонная *Artemisia dracunculus* L.; 3 — полынь обыкновенная *Artemisia vulgaris* L.; 4 — полынь горькая *A. absinthium* L.; 5 — полынь однолетняя *A. annua* L.; 6 — пижма обыкновенная *Tanacetum vulgare* L.

Несомненным лидером является полынь однолетняя (№ 5 на рис. 3). Установлено, что высокой или средней чувствительностью к ее эфирному маслу обладают 11 штаммов бактерий, абсолютно нечувствителен только 1 штамм (*Aeromonas hydrophila* № 29).

К маслу пижмы обыкновенной высокочувствителен 1 штамм аэромонад (*A. hydrophila* № 22) среднечувствительных — 3 (*A. hydrophila* №№ 1 (14–18 мм); 4 (24–25 мм); 19 (18–20 мм)). Тагетес отклоненный проявил высокую активность только в отношении *A. hydrophila* № 36 (27–28 мм), во всех остальных случаях ее можно охарактеризовать либо как низкую,



либо наблюдается ее отсутствие. Полынь эстрагонная проявила среднюю активность в отношении того же штамма аэромонад (*A. hydrophila* № 36, зона задержки составила 22–23 мм), а также *A. hydrophila* № 19 (16–17 мм). Эфирное масло полыни горькой практически не оказывало воздействия на исследуемые бактерии, его активность была средняя или слабая. На последнем месте по активности — полынь обыкновенная: зоны задержки либо нулевые, либо близки к тому. Бактерии р. *Proteus* оказались практически нечувствительными к эфирным маслам растений сем. Сложноцветные. *Proteus mirabilis* проявил низкую чувствительность к маслу тагетеса отклоненного (12–13 мм), к остальным — нечувствителен; бактерии *Proteus vulgaris* слабочувствительны к эфирному маслу полыни горькой (13–14 мм), к остальным — нечувствительны.

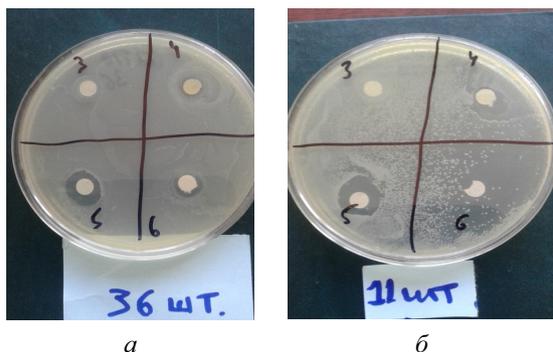


Рис. 3. Чувствительность бактерий к эфирным маслам полыни обыкновенной (3), полыни горькой (4), полыни однолетней (5) и пижмы обыкновенной (6); а — *A. hydrophila*, штамм № 36; б — *A. salmonicida*, штамм № 11

Fig. 3. Sensitivity of bacteria to essential oils of wormwood (3), wormwood (4), wormwood (5) and tansy (6); а — *A. hydrophila*, strain No. 36; б — *A. salmonicida*, strain No. 11

### Влияние композиций растительных эфирных масел на бактерии рр. *Aeromonas* и *Proteus* (диско-диффузный метод).

Изучена активность следующих композиций:

- 1) монарда дудчатая — базилик обыкновенный — шалфей лекарственный;
- 2) монарда дудчатая — лаванда узколистная — плектрантус ароматнейший;
- 3) монарда дудчатая — базилик обыкновенный — лаванда узколистная;



4) плектрантус ароматнейший — лаванда узколистная — базилик обыкновенный.

При изучении антибактериальной активности композиций из растительных масел в отношении бактерий рр. *Aeromonas* и *Proteus* диско-диффузным методом установлено, что бактерии р. *Proteus* чувствительны ко всем композициям эфирных масел, однако имеются отличия по видам: *Proteus mirabilis* наиболее чувствительны к композиции № 4 (высокая чувствительность, 28 мм), к композициям 1–3 они обладают средней чувствительностью (16–18 мм). Бактерии *P. vulgaris*, напротив, наиболее чувствительны к композиции № 1 (высокая чувствительность, 42 мм), а также №№ 2 и 3 (высокая чувствительность, по 26 мм); к композиции № 4 чувствительность можно охарактеризовать как среднюю (16 мм) (табл. 4).

Таблица 4. Чувствительность бактерий *Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida*, *Proteus mirabilis* и *P. vulgaris* к композициям эфирных масел  
Table 4. Sensitivity of *Aeromonas hydrophila*, *A. salmonicida*, *Proteus mirabilis* and *P. vulgaris* bacteria to essential oil compositions

№ бактериального штамма	Зоны задержки роста бактерий, мм			
	№1	№2	№3	№4
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 1	18	22	9	14
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 5	18	22	14	20
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 8	24	26	14	18
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 16	16	17	28	38
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 19	38	26	26	12
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 22	38	30	32	15
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 24	9	9	9	16
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 25	24	20	22	12
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 27	30	14	11	15
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 29	15	22	18	22
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 30	28	20	30	14
<i>Aeromonas hydrophila</i> , 37	18	24	16	16
<i>Aeromonas salmonicida</i> , 11	36	30	40	16
<i>Proteus mirabilis</i> , 6	18	16	16	28
<i>Proteus vulgaris</i> , 21	42	26	26	16

Что касается бактерий р. *Aeromonas*, наибольшей антибактериальной активностью по отношению к ним обладают композиции №№ 1 и 3 (по 5 штаммов оказались высокочувствительными); менее активна композиция № 2 (4 штамма аэромонад обладают высокой чувствительнос-



тью). На последнем месте — композиция № 4 (один штамм аэромонад, *A. hydrophila* № 16, оказался высокочувствительным к маслам данной композиции). Наиболее резистентным к воздействию композиций эфирных масел оказался бактериальный штамм *A. hydrophila* № 24 (зоны задержки по 9, в одном случае 16 мм). Штаммы №№ 1, 5, 25, 29, 37 обладали низкой или средней чувствительностью к эфирным маслам.

**Влияние эфирных масел и композиций эфирных масел на бактерии рр. *Aeromonas* и *Proteus* (метод совместного инкубирования и метод нанесения растительного экстракта на поверхность твердой среды).**

Исследованы следующие композиции эфирных масел:

- ♦ №1 — монарда дудчатая (сорт Ильгиния) + шалфей лекарственный;
- ♦ №2 — монарда дудчатая (сорт Ильгиния) + плектрантус ароматнейший;
- ♦ №3 — монарда дудчатая (сорт Ильгиния) + лаванда узколистная;
- ♦ №4 — плектрантус ароматнейший + лаванда узколистная + базилик обыкновенный.
- ♦ Также исследованы отдельные эфирные масла:
- ♦ №5 — плектрантус ароматнейший;
- ♦ №6 — монарда дудчатая (сорт Ильгиния);
- ♦ №7 — лаванда узколистная;
- ♦ №8 — шалфей лекарственный.

Данные, полученные в ходе изучения уровня антимикробного действия растительных эфирных масел и композиций из них на бактерии р. *Aeromonas* методом совместного инкубирования, свидетельствуют о том, что указанные микроорганизмы весьма чувствительны ко всем исследуемым эфирным маслам и композициям. Более чувствительны бактерии *A. hydrophila*, поскольку, как через 2, так и через 4 ч совместного инкубирования роста данной культуры на МПА не наблюдалось (за исключением композиции №3, при применении которой в течение 2 часов наблюдался рост нескольких отдельных колоний в самом начале линии движения петли). Бактерии *A. salmonicida* оказались несколько более устойчивы к воздействию эфирных масел. Через 2 ч совместного инкубирования микроорганизмов с субстанциями №№ 2, 5, 7 и 8 наблюдался слабый рост бактериальной культуры, через 4 ч роста не наблюдалось. Исключение составила композиция №4, которая практически не подействовала на *A. salmonicida*: через 2 ч совместного инкубирования от-



мечен обильный рост бактерий, сравнимый с таковым в контроле, через 4 ч — слабый рост по всему следу петли (табл. 5, 6; рис. 4, 5).

Таблица 5. Чувствительность бактерий *Aeromonas salmonicida* (№11) к эфирным маслам и композициям эфирных масел

Table 5. Sensitivity of *Aeromonas salmonicida* bacteria (No. 11) to essential oils and essential oil compositions

Вариант опыта	Композиции и масла							
	1	2	3	4	5	6	7	8
К	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
2 часа	-	++	+	+++	++	-	++	+
4 часа	-	-	-	++	-	-	-	-

Таблица 6. Чувствительность бактерий *Aeromonas hydrophila* (№22) к эфирным маслам и композициям эфирных масел

Table 6. Sensitivity of *Aeromonas hydrophila* bacteria (No. 22) to essential oils and essential oil compositions

Вариант опыта	Композиции и масла							
	1	2	3	4	5	6	7	8
К	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
2 часа	-	-	+	-	-	-	-	-
4 часа	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. «+++» густой, обильный рост по всему следу петли; «++» слабый рост по всему следу петли; «+» слабый рост не до конца следу петли; «-» отсутствие роста

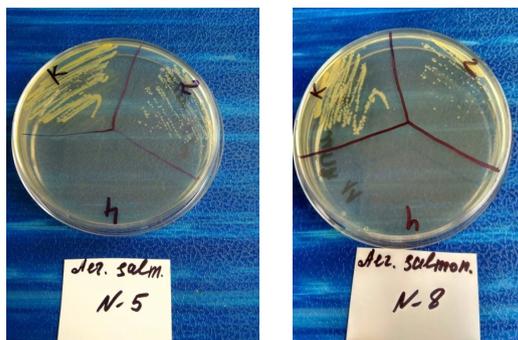


Рис. 4. Чувствительность бактерий *Aeromonas salmonicida* (№11) к эфирным маслам

Fig. 4. Sensitivity of bacteria *Aeromonas salmonicida* (№ 11) to essential oils

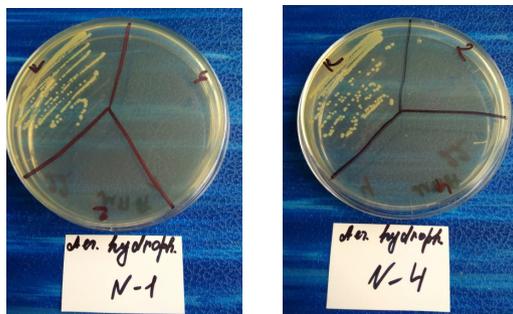


Рис. 5. Чувствительность бактерий *Aeromonas hydrophila* (№22) к эфирным маслам

Fig. 5. Sensitivity of *Aeromonas hydrophila* bacteria (№. 22) to essential oils

При использовании метода нанесения растительного экстракта на поверхность твердой среды отмечено, что все без исключения эфирные масла и композиции на их основе при внесении на поверхность твердой среды полностью подавляют рост бактерий *A. hydrophila* и *A. salmonicida*. В то же время на контрольных чашках (без добавления эфирных масел) наблюдался интенсивный рост указанных культур.

**Закключение.** Изучено влияние эфирных масел 14 растений, относящихся к сем. Губоцветные (*Labiatae*), Амариллисовые (*Amaryllidaceae*) и Сложноцветные (*Compositae*) на бактерии рр. *Aeromonas* и *Proteus*. Проверена чувствительность к эфирным маслам 25 бактериальных штаммов, представителей следующих видов: *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *Aeromonas salmonicida* и *A. hydrophila*.

Отмечено, что к эфирным маслам растений сем. Губоцветные более чувствительны бактерии р. *Proteus*, чем р. *Aeromonas*. Зоны задержки роста протеев достигали 32–34 мм (шалфей), >40 мм (монарда, базилик, лаванда). Антагонизм в отношении аэромонад наиболее выражен у монарды и базилика. Зоны задержки роста составили свыше 25 мм, в отдельных случаях — свыше 40 мм. Это позволяет охарактеризовать чувствительность бактерий к эфирным маслам как высокую и очень высокую.

Эфирные масла растений сем. Амариллисовые обладают более слабо выраженными антибактериальными свойствами: бактерии рр. *Proteus* и *Aeromonas* были в большинстве случаев слабочувствительны или нечувствительны к ним (реже наблюдалась средняя чувствительность). Исключение — *A. hydrophila* № 16, чувствительность которого к маслу чеснока составила 39–42 мм.



Наиболее выраженными бактерицидными свойствами в отношении аэромонад из сем. Сложноцветных обладают эфирные масла полыни однолетней и пижмы обыкновенной (до 23–30 мм). Бактерии р. *Proteus* оказались практически нечувствительными к эфирным маслам растений сем. Сложноцветные.

Композиции, составленные на основе эфирных масел, обладающих повышенным антибактериальным действием, показали свою активность как при применении классическим дискодиффузным методом, так и иными методами. Данные, полученные при применении метода совместного инкубирования, свидетельствуют о том, что бактерии р. *Aeromonas* весьма чувствительны ко всем исследуемым эфирным маслам и композициям эфирных масел. Более чувствительны бактерии *A. hydrophila*, поскольку как через 2, так и через 4 ч совместного инкубирования роста данных культур на МПА не наблюдалось (за редким исключением). Бактерии *A. salmonicida* оказались несколько более устойчивыми к воздействию эфирных масел. Через 2 ч совместного инкубирования наблюдался, как правило, слабый рост бактериальной культуры, через 4 ч роста не наблюдалось. Все без исключения эфирные масла и композиции на их основе при применении метода нанесения растительного экстракта на поверхность твердой среды полностью подавляют рост бактерий *A. hydrophila* и *A. salmonicida*.

Таким образом, экстракты растительных эфирных масел являются перспективными субстанциями для создания антибактериальных препаратов, предназначенных для борьбы против инфекционных болезней рыб.

### Список использованных источников

1. Иктиопатология: учеб. пособие для вузов / Н.А. Головина [и др.]; под общ. ред. Н.А. Головиной, О.Н. Бауера. — М.: Мир, 2003 — С. 150–162.
2. Юхименко, Л.Н. Современное состояние проблемы аэромоноза рыб / Л.Н. Юхименко, Г.С. Койдан // Экспресс-информация / Всерос. науч.-иссл. инт экспер. рыбн. х-ва. — Москва, 1997. — Вып. 2. — С. 1–5.
3. Методические указания по определению чувствительности к антибиотикам возбудителей инфекционных болезней сельскохозяйственных животных: утв. Гл. упр. вет. Мин. сельск. хоз-ва и прод. СССР 30.10.1971 г. // Лабораторные исследования в ветеринарии. Бактериальные инфекции: Справочник / Сост. Б.И. Антонов, и др.; под ред. Б.И. Антонова. — М.: Агропромиздат, 1986. — С. 270–278.



4. Государственная фармакопея Республики Беларусь. (ГФ. РБ II): Разработана на основе Европейской фармакопеи. В 2 т. Т.1. Общие методы контроля лекарственных средств / М-воздравоохр. Респ. Беларусь, УП «Центр экспертизы и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. А. А. Шерякова. — Молодечно: Тип. «Победа», 2012. — 1220 с.

## Referents

1. Golovina N.A., Strelkov Yu.A., Voronin V.N., Golovin P.P., Evdokimova E.B., Yukhimenko L.N. Ichthyopathology: textbook. manual for universities = Ihtiopatologiya: ucheb. posobie dlya vuzov [ed. N.A. Golovina, O.N. Bauer. Moscow, Mir], 2003, pp. 150–162 (in Russian).
2. Yukhimenko L.N., Koydan G.S. The current state of the problem of aeromonosis in fish. Express Information. *Vserossijskij institut rybnogo hoz'yajstva = Vseros. Institute of Fisheries*, 1997, pp. 1–5 (in Russian).
3. Guidelines for determining the sensitivity to antibiotics of infectious agents of agricultural animals. Laboratory research in veterinary medicine. Bakterial'nye infekcii: Spravochnik = *Bacterial infections: Handbook* [ed. B.I. Antonova], 1986, pp. 270–278.
4. State Pharmacopoeia of the Republic of Belarus. (GF. RB II): Developed on the basis of the European Pharmacopoeia, vol. 1. *General methods of drug control = Obshhie metody kontrolya lekarstvennykh sredstv* [Ministry of health of Republic of Belarus, UE Center for Expertise and Testing in Health Care; under total. ed. A.A. Sheryakova. Molodechno: Type. «Victory», 2012, 1220 p. (in Russian).

## Сведения об авторах

*Дегтярик Светлана Михайловна* — кандидат биологических наук, доцент, зав. лабораторией болезней рыб, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lavrushnek@mail.ru

*Полоз Светлана Васильевна* — кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lana.poloz@gmail.com

*Шутова Анна Геннадиевна* — кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной биохимии, Центральный ботанический сад национальной академии наук Беларуси, Национальная академия наук Беларуси (ул. Сурганова 2В, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: anna\_shutova@mail.ru

*Слободницкая Галина Владимировна* — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: slobodnickaja.g.v@gmail.com



*Гребнева Елена Ивановна* — кандидат ветеринарных наук, главный специалист, Отделение аграрных наук, Национальная академия наук Беларуси (пр. Независимости, 66, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: grebneva@presidium.bas-net.by

*Максимьюк Евгения Владимировна* — научный сотрудник, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: jenua\_maksimjuk@mail.ru

*Говор Татьяна Альфонсовна* — научный сотрудник, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: govorta@tut.by

*Беспальый Алексей Викторович* — научный сотрудник, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: salmotmf@gmail.com

### Information about authors

*Dziahtsiaryk Sviatlana* — Ph.D. (Biological Sciences), Associate professor, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: lavrushnek@mail.ru

*Polaz Sviatlana* — Ph.D. (in Veterinary Medicine), RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: lana.poloz@gmail.com

*Shutava Hanna* — Ph.D. (Biological Sciences), Associate professor, the Central Botanical Garden, the National Academy of Sciences of Belarus (2V Surganova Str., 220012 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: anna\_shutova@mail.ru

*Slabodnitskaya Halina* — Ph.D. (Agricultural sciences), RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: slabodnickaja.g.v@gmail.com

*Hrebneva Elena* — Ph.D. (in Veterinary Medicine), chief specialist, Department of Agricultural Sciences, the National Academy of Sciences of Belarus (66 Ave, 220072 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: grebneva@presidium.bas-net.by

*Maksimyuk Yauheniya* — researcher, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: jenua\_maksimjuk@mail.ru

*Hovar Tatsiana* — researcher, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: govorta@tut.by

*Biaspaly Aliaksei* — researcher, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: salmotmf@gmail.com



**Ж.В. Кошак, Н.Н. Гадлевская, А.Н. Русина, Н.В. Зенович, Е.Е. Рыбкина, А.Г. Кохович**

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

## **НОВЫЕ ФЕРМЕНТНЫЕ ПРЕПАРАТЫ В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ КАРПА**

**Аннотация:** В статье рассмотрены ферментные препараты Natuzyme 50, Rovabio Max AP, Rovabio Max Advance P, Rovabio Excel AP, Vilzim, Фекорд — 2012 — С 2 группа, определена их переваримость и эффективность в составе комбикормов для карпа. Наилучшие показатели абсолютного прироста, относительного прироста и удельной скорости роста у сеголетков карпа получены при кормлении комбикормом с вводом ферментного препарата Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т, кормовой коэффициент при этом снизился на 31,3 % по отношению к контрольному образцу. По переваримости протеина наилучший результат показал также ферментный препарат Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т, он дал результаты на 32,4 % выше, чем в контроле, что привело к увеличению белка в мышцах карпа на 5,2 %.

**Ключевые слова:** карп, комбикорма, ферментные препараты, переваримость, кормовой коэффициент

**J.V. Koshak, N.N. Gadlevskaya, A.N. Rusina, N.V. Zenovich, E.E. Rybkina, A.G. Kohovich**

*RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry”, Minsk, Belarus*

## **NEW ENZYME PREPARATIONS IN MIXED FODDERS FOR CARP**

**Abstract:** The article discusses enzyme preparations Natuzyme 50, Rovabio Max AP, Rovabio Max Advance P, Rovabio Excel AP, Vilzim, Fekord — 2012 — C 2 group, their digestibility and effectiveness in the composition of compound feed for carp are determined. The best indicators of absolute growth, relative growth and specific growth rate in underyearlings of carp were obtained when feeding with compound feed with the introduction of the Natuzyme 50 enzyme preparation at a dosage of 50 g / t, while the feed ratio decreased by 31.3 % in



relation to the control sample. In terms of protein digestibility, the enzyme preparation Natuzyme 50 at a dosage of 50 g/t also showed the best result, it gave results 32.4 % higher than in the control, which led to an increase in protein in carp muscles by 5.2 %.

**Keywords:** carp, compound feed, enzyme preparations, digestibility, feed coefficient

**Введение.** Республика Беларусь располагает огромными пространствами внутренних водоемов, большинство из которых имеют важное значение при выращивании рыбы.

В связи с сокращением ресурсов Мирового океана и внутренних водоемов аквакультура приобретает все большее значение. Многие считают ее индустрией будущего, так как по продуктивности она значительно превосходит культивирование наземных животных. К тому же рыба и водные беспозвоночные — наземный высокопитательный пищевой продукт.

Значительную часть в себестоимости производства рыбы занимает кормовая база.

Как известно, около одной трети органического вещества, поступающего в организм животного с кормом, обычно не переваривается и теряется. Организм животных, птицы и рыбы не способен синтезировать ферменты, которые смогли бы гидролизовать некрахмалистые полисахариды клеточных стенок.

Особенностью пищеварения карпа является отсутствие желудка. Скорость пищеварения у карпа тесно связана с температурой воды, а также содержанием в ней растворенного кислорода, возраста рыбы и других показателей. В естественных условиях карп питается в основном зоопланктоном и зообентосом, т.е. живыми организмами, содержащими легкоусвояемые белки, жиры и в меньшей степени углеводы, а также биологически активные вещества. Поэтому задаваемые искусственные корма должны быть легкоусвояемые.

В животноводстве наибольший экономический эффект наблюдается при внесении ферментных препаратов в малоценные корма. Они влияют на ту часть корма, которая обычно в недостаточной степени подвергается действию пищеварительных ферментов.

Полагают, что разность переваримой и непереваримой частей рационов и есть тот резерв, за счет которого можно получить повышение эффективности использования комбикормов [1]. Одним из путей ре-



шения этой задачи является добавление в корм для рыб ферментов, способных расщепить некрахмалистые полисахариды [2].

В связи с вышеизложенным, целью работы является разработка комбикорма для карпа с использованием ферментных препаратов, с целью повышения усвояемости корма.

**Основная часть.** Кормовые ферменты призваны не только повысить усвояемость отдельных компонентов корма, на расщепление которых в процессе эволюции животное не выработало достаточное количество собственных энзимов, но и увеличить рекомендуемую норму ввода недорогого сырья, «богатого» антипитательными факторами без ущерба здоровью и продуктивности рыбы.

Для подбора композиций и определения оптимальной дозы ввода в комбикорм были изучены следующие ферментные препараты, представленные на рынке Республики Беларусь: Natuzyme 50, Rovabio Max AP, Rovabio Max Advance P, Rovabio Excel AP, Vilzim, Фекорд — 2012 — С 2 группа.

Натузим 50 добавка кормовая для повышения переваримости питательных веществ в рационах сельскохозяйственных животных, в том числе птиц, на основе злаковых бобовых культур.

В состав Натузима 50 входят высушенные экстракты *Trichoderma longibrachiatum*, *Bacillus subtilis* и *Aspergillus niger*, содержащие ферменты:  $\alpha$ -амилазу с активностью не менее 2800 ед/г,  $\beta$ -глюкоаназу — не менее 800 ед/г, фитазу — не менее 10000 ед/г, целлюлазу — не менее 50 ед/г, ксиланазу — не менее 2100 ед/г, протеазу — не менее 490 ед/г, а также в качестве носителя — мел.

Натузим 50, благодаря содержащимся в нем ферментам, повышает доступность фосфора, усвоение аминокислот и других питательных веществ из рационов сельскохозяйственных животных и птицы, расщепляет антипитательные вещества, содержащиеся в злаковых и бобовых культурах. В результате действия ферментов снижается вязкость химуса, что улучшает усвоение и развитие полезной микрофлоры кишечника.

Натузим 50 способствует повышению продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы, снижению затрат корма на единицу продукции, позволяет снизить стоимость комбикорма за счет использования более дешевых компонентов, а также снизить уровень ввода неорганических источников фосфора в рационы [3].

Состав ферментного препарата Натузим 50 представлен в табл. 1.



Таблица 1. Состав ферментного препарата Натузим 50  
Table 1. Composition of the enzyme preparation Natuzim 50

Состав	Действие фермента	Активность
Целлюлаза	Преобразует клетчатку в глюкозу	50 ед./г
Протеаза	Расщепляет протеины до аминокислот	490 ед./г
Ксиланаза	Расщепляет ксилан до ксилозы	2 100 ед./г
$\alpha$ -амилаза	Расщепляет крахмал до простых сахаров	2 800 ед./г
$\beta$ -глюканаза	Расщепляет глюканы	800 ед./г
Фитаза	Высвобождает фосфор, хранящийся в фитатах	10 000 ед./г

Вилзим — добавка кормовая для повышения усвояемости питательных веществ кормов в рационах крупного рогатого скота, свиней, а также сельскохозяйственной птицы.

Вилзим представляет собой высушенный ферментативный экстракт, полученный путем глубинного культивирования *Trichoderma longibrachiatum* штамм X-252 (Е.С. 3.2.1.8. *Trichoderma longibrachiatum* MUCL 49755) — не менее 60 %. Содержит ферменты: ксиланазу с активностью не менее 90000 ед/г, целлюлазу — не менее 12500 ед/г,  $\beta$ -глюканазу — не менее 33000 ед/г, а также дополнительные: пектиназы, маннаназы, ксилоглюканазы,  $\beta$ -глюкозидазы,  $\beta$ -ксилозидазы, амилазы, протеазы и другие, в качестве наполнителя — мальтодекстрин — не более 40 %.

Биологические свойства добавки обусловлены наличием в ее составе ферментов, способствующих расщеплению в желудочно-кишечном тракте свиней и птицы некрахмалистых полисахаридов (пентозанов, бета-глюканов, целлюлозы). Применение добавки способствует повышению переваримости питательных веществ рационов крупного рогатого скота, свиней и сельскохозяйственной птицы и снижению затрат корма на единицу продукции.

В результате использования Вилзима увеличивается усвоение питательных веществ корма, повышается рост и продуктивность, улучшается здоровье животных.

Добавка снижает вязкость ксиланов и  $\beta$ -глюканов, расщепляет целлюлозу в рационах на основе пшеницы, тритикале, ячменя, овса или ржи, а также содержащих подсолнечник, горох, соевый и рапсовый шрот, пшеничные отруби, травяной сенаж, кукурузный силос. Вилзим



позволяет повысить обменную энергию комбикормов (5–9 %) и вводить в рационы повышенное количество ржи (до 20 %), соевого, подсолнечного, рапсового шрота и жмыхов (до 20 %) [4].

Ровабио Макс AP — мультиферментный комплекс, продуцируемый штаммами *Penicilium funiculosum* и *Schizosaccharomyces pombe*, в состав которого входят ферменты: эндо-1,4-β-ксилаза с активностью не менее 22000 виско-ед/г; эндо-1,3(4)-β-глюканаза с активностью не менее 2000 AGL-ед/г и фитаза с активностью не менее 10000 FTU-ед/г, а также носитель — пшеничная мука (до 100 %).

Ферменты, входящие в состав Ровабио Макс AP, гидролизуют некрахмалистые полисахариды и фитазы зерновых растений.

Введение Ровабио Макс AP в рацион свиней и птицы, способствует повышению питательной ценности кормов, содержащих различные типы зерновых (пшеница, тритикале, рожь, ячмень, кукуруза и др.) и шрота масличных культур (соевый, подсолнечный, каноловый и др.); снижению экскреции азота и фосфора; снижению вязкости содержимого кишечника; уменьшению накопления аммиака производственных помещениях [5].

Ровабио Эксель AP — мультиферментный комплекс, продуцируемый штаммом *Penicilium funiculosum*, в состав которого входят ферменты: эндо-1,4-β-ксилаза с активностью не менее 22000 ед/г, эндо-1,3(4)-β-глюканаза с активностью не менее 2000 AGL ед/г, а также носитель — пшеничная мука (до 100 %) [6].

Ровабио Макс Эдвенс P — мультиферментный комплекс, продуцируемый штаммами *Talaromyces versatilis* (прежде *Penicilium funiculosum*) и *Schizosaccharomyces pombe*, в состав которого входят ферменты: эндо-1,4-β-ксилаза с активностью не менее 25000 ед/г, эндо-1,3(4)-β-глюканаза с активностью не менее 17200 виско-ед/г, эндо-1,4-β-глюканаза (целлюлаза) с активностью не менее 2400 DNS-ед/г, 6-фитаза с активностью не менее 10000 FTU-ед/г, а также носитель — пшеничная мука (до 100 %) [7].

Фекорд-2012-С (группа 2) — комплексная кормовая добавка грибкового, бактериального и дрожжевого происхождения, используемая в кормовых рационах свиней, крупного рогатого скота, птицы и рыб. В состав комплекса входят ксилаза с активностью не менее 250 ед/г, целлюлаза с активностью не менее 30 ед/г, β-глюканаза с активностью не менее 250 ед/г, глюкоамилаза с активностью 200 ед/г и α-амилаза с активностью не менее 20 ед/г.



На первоначальном этапе исследований были составлены рецептуры комбикормов для карпа с вводом новых ферментных препаратов. Доза ввода ферментов в комбикорма на первоначальном этапе исследований осуществлялась согласно инструкциям по применению ферментных препаратов:

Рецепт №1 — Natuzyme 50 (50 г/т),

Рецепт №2 — Rovabio Max AP (50 г/т),

Рецепт №3 — Rovabio Max Advance P (50 г/т),

Рецепт №4 — Rovabio Excel AP (50 г/т),

Рецепт №5 — Vilzim (50 г/т),

Рецепт №6 — Фекорд — 2012 — С 2 группа (500 г/т).

В исследуемых образцах комбикормов были определены основные показатели качества такие как: влажность, содержание протеина, жира, клетчатки. Данные представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Показатели качества комбикорма К-110 с вводом ферментных препаратов**  
**Table 2. Quality indicators of K-110 compound feed with the introduction of enzyme preparations**

Номер рецепта	Влажность, %	Содержание, %		
		Сырого протеина, %	Сырого жира, %	Сырой клетчатки, %
Рецепт № 1	7,40	30,05	4,50	5,50
Рецепт № 2	7,15	30,15	4,20	5,51
Рецепт № 3	7,10	30,00	4,12	5,44
Рецепт № 4	7,90	30,19	4,47	5,49
Рецепт № 5	7,50	30,10	4,33	5,28
Рецепт № 6	7,68	30,27	4,21	5,59

Анализируя табл. 2, видно, что все показатели качества комбикормов соответствуют действующим ТНПА и примерно одинаковы, отклонения значений находится в рамках погрешности эксперимента.

Для установления эффективности кормления комбикормом с вводом в его состав ферментных препаратов был проведен эксперимент по кормлению сеголетков карпа в условиях аквариальной институты. Температура воды в аквариумах составляла 16–18 °С. Корм рыбе задавался в количестве 1,5–3,0 % от массы 3 раза в сут. Учет корма велся ежедневно. Отхода рыбы во время эксперимента не наблюдалось. Влияние комбикорма с вводом различных ферментных препаратов на ростовые показатели карпа представлены в табл. 3.



**Таблица 3. Ростовые показатели карпа при кормлении комбикорма с различными ферментными препаратами (28 сут кормления)**  
**Table 3. Growth indicators of carp when feeding mixed fodder with various enzyme preparations (28 days of feeding)**

Номер рецепта	Прирост карпа		Удельная скорость роста, %/сутки	Затраты корма, г	Кормовой коэф-фициент, ед.
	абсолютный, г	относительный, %			
Комбикорм для карпа К-110 контроль	1,60±0,42	10,39±2,59	0,0035	100	6,7
Рецепт № 1	2,60±0,71	17,28±2,10	0,0070	104	3,8
Рецепт № 2	1,6±0,34	7,40±2,89	0,0036	95,5	5,9
Рецепт № 3	2,0±0,21	15,22±2,13	0,0050	100	5,0
Рецепт № 4	2,1±0,21	15,90±2,48	0,0053	97	4,6
Рецепт № 5	1,9±0,21	14,26±2,67	0,0048	91	4,8
Рецепт № 6	2,5±0,21	13,02±2,15	0,0060	125	5,0

Анализируя табл. 3, можно обратить внимание, что ферментные препараты активизируют обменные процессы в организме карпа и ускоряют его темп роста, при этом в данных комбикормах соотношение протеина, жира, углеводов и клетчатки остается постоянным. Лучшие показатели абсолютного и относительного прироста сеголетков карпа оказались в комбикорме К-110 с вводом ферментного препарата Natuzyme 50. При использовании этого ферментного препарата абсолютный прирост выше, чем в контроле на 38,5 %, относительный прирост по сравнению с контролем выше на 39,9 %.

Анализ удельной скорости роста показал, что в аквариумах с кормлением комбикормом с вводом в его состав ферментного препарата Natuzyme 50 удельная скорость роста рыб была выше на 50 %, чем в контроле. Использование ферментного препарата Natuzyme 50 в составе комбикорма привело к снижению кормового коэффициента на 43,3 % по сравнению с контролем. Также применение ферментного препарата Rovabio Excel AP в составе комбикорма показало хорошие результаты, так удельная скорость роста по сравнению с контролем выше на 34 %, а кормовой коэффициент ниже на 31,3 %.

На основании проведенных исследований лучший результат дал комбикорм с вводом в его состав ферментного препарата Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т по сравнению с контролем. Также выявлено, что ввод ферментов способствует повышению скорости роста и сокращению



расходов кормов на прирост живой массы рыбы по сравнению с использованием необогащенного комбикорма.

Для того чтобы определить возможность использования в кормлении карпа ферментных препаратов нового поколения и определить эффективность их действия в составе комбикорма необходимо было установить переваримость её сырого белка.

Традиционное для животноводства определение переваримости, построенное на основе балансовых методов, несмотря на существующие его модификации для рыб Г.С. Карзинкина [8], Е.А. Яблонской [9], для искусственных кормов оказалось неприменимым. Также сложным оказался и фистульный метод, разработанный для рыб В.В. Краюхиным [10].

При определении переваримости клетчатки и протеина в своих исследованиях мы руководствовались методикой М.А. Щербины [11], согласно которой переваримость корма определяется по разности между количеством питательных веществ, принятых с кормом, и количеством их, выделенных с экскрементами. Эта величина, называемая показателем «видимой переваримости», отличается от истинной переваримости. Несмотря на некоторые погрешности, показатели «видимой переваримости» дают количественную характеристику полезной части пищи, доступной организму теплокровных животных и рыб. Они являются выражением конечных результатов процессов расщепления, всасывания и обмена, происходящих в пищеварительном аппарате и зависят от многих внешних и внутренних факторов. К внешним факторам относятся специфические особенности самих кормовых веществ, температура воды прудов, их кислородный режим, концентрация водородных ионов, солевой состав, накопление продуктов обмена в воде и т.д. К внутренним факторам — активность и набор ферментов, выделяемых пищеварительными железами, способность пищеварительных желез к адаптивным изменениям ферментного состава выделяемых соков в зависимости от качества поступающей пищи, приспособление работы этих желез к пищевым и антипитательным веществам.

Исследования по переваримости ферментных препаратов проводились в экспериментальных условиях аквариальной института. С целью определения наиболее эффективного и оптимального варианта введения ферментных препаратов в комбикорм для рыб были использованы следующие ферментные комплексы и дозировки:

- ♦ Natuzyme 50 (50 г/т, 100г/т и 150 г/т);



- ♦ Rovabio Max AP (50 г/т, 100г/т и 150 г/т);
- ♦ Rovabio Max Advance P (50 г/т, 100г/т и 150 г/т);
- ♦ Rovabio Excel AP (50 г/т, 100г/т и 150 г/т);
- ♦ Vilzim (50 г/т, 100г/т и 150 г/т);
- ♦ Фекорд — 2012 — С 2 группа (100 г/т, 200 г/т, 500 г/т и 1000 г/т).

Дозы ввода в инструкциях по применению ферментных препаратов преимущественно рекомендованы для сельскохозяйственных животных и птиц, имеющих постоянную температуру тела. Так как рыбы являются пойкилотермными животными, у которых температура тела меняется в зависимости от температуры внешней среды, что может привести к снижению активности ферментов, было решено увеличить дозировку ввода в 2 и 3 раза.

Для установления переваримости белка комбикорма с добавлением ферментных препаратов в 20 аквариумов, объемом по 50 л. каждый было посажено по 15 экз. сеголетков карпа. Кормили рыбу в течение 7 сут. Температура воды в аквариумах находилась в пределах 17,0–19,5 °С.

Для определения переваримости на 8 сутки через 12 часов голода рыбе дали разовую дозу корма, а через 5 часов после кормления на анализ взято содержимое заднего отдела кишечника рыб. Экскременты изымались из всех рыб, участвовавших в опыте. Все извлеченные экскременты из одного аквариума объединялись в одну пробу. Исходные данные по содержанию сырого протеина в корме и экскрементах представлено в табл. 4.

**Таблица 4. Содержание сырого протеина в корме и экскрементах с ферментными препаратами**

**Table 4. Crude protein in feed and excrement with enzyme preparations**

Образец комбикорма К-110 с вводом в его состав ферментного препарата	Сырой протеин, %	
	Корм	Экскременты
Natuzyme 50 (50г/т)	33,18	22,11
Natuzyme 50 (100г/т)	32,20	21,41
Natuzyme 50 (150 г/т)	33,97	23,25
Vilzim (50г/т)	32,06	25,68
Vilzim (100г/т)	33,24	26,26
Vilzim (150г/т)	32,64	25,57
Фекорд 2012 С 2 группа (100 г/т)	33,06	34,50
Фекорд 2012 С 2 группа (200 г/т)	33,45	25,98
Фекорд 2012 С 2 группа (500 г/т)	27,59	14,75



Окончание табл. 4

Образец комбикорма К-110 с вводом в его состав ферментного препарата	Сырой протеин, %	
	Корм	Экскременты
Фекорд 2012 С 2 группа (1000 г/т)	27,59	17,35
Rovabio Max AP (50г/т)	33,27	27,96
Rovabio Max AP (100г/т)	29,15	24,33
Rovabio Max AP (150г/т)	29,15	25,39
Rovabio Max Advance P (50г/т)	29,15	28,01
Rovabio Max Advance P (100г/т)	29,15	28,37
Rovabio Max Advance P (150г/т)	29,15	28,30
Rovabio Excel AP (50г/т)	29,15	26,01
Rovabio Excel AP (100г/т)	29,15	25,14
Rovabio Excel AP (150г/т)	29,15	24,30
Контрольный комбикорм для карпа К-110 без фермента	31,52	24,52

Суточные нормы кормления колебались от 1,5 до 3 % массы рыбы и определялись степенью поедаемости кормов. Корм давали 3 раза в сут.

Пользуясь формулой (1) был рассчитан коэффициент видимой переваримости сырого протеина комбикорма с различными ферментами (табл. 5).

Расчет переваримости сырого протеина вели по формуле:

$$K_{\text{вп}} \frac{P_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}} - P_{\text{э}} \cdot C_{\text{э}}}{P_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $P_{\text{к}}$  и  $P_{\text{э}}$  — содержание питательного вещества в корме и экскрементах, %;  
 $C_{\text{к}}$  и  $C_{\text{э}}$  — количество съеденного корма и выделенных экскрементов, г.

Из анализа табл. 6 приведенных данных можно сделать следующий вывод — наилучший результат получен в варианте с вводом фермента Natuzum 50 в дозировке 50 г/т, дальнейшее увеличение дозы ввода фермента (100 г/т и 150 г/т) только снижает переваримость сырого протеина. Добавление ферментного препарата Natuzum 50 в дозировке 50 г/т приводит к повышению переваримости протеина на 32,4 % по сравнению с контролем. Несколько хуже результаты по сравнению с ферментом Natuzum 50 получены с ферментом Vilzim с максимальным вводом (150 г/т). Абсолютная разница между коэффициентами «видимой переваримости» этих ферментов составляет 9,8 процентных пунк-



та или 14,3 %. Переваримость сырого протеина корма с вводом фермента Rovabio Max AP в дозе 50 г/т дало такие же результаты, как и корм с ферментом Natuzum 50 в дозе 150 г/т. Дальнейшее увеличение дозировки приводит к снижению переваримости сырого протеина. Ввод фермента Фекорд — 2012 — С 2 группа в дозировке 500 и 1000 г/т дает одинаковый результат и приводит к повышению переваримости протеина на 5,7 % по сравнению с контролем.

**Таблица 5. Коэффициенты видимой переваримости сырого протеина комбикорма с ферментными препаратами**

**Table 5. Coefficients of apparent digestibility of crude protein of compound feed with enzyme preparations**

Образец комбикорма К-110 с вводом в его состав ферментного препарата	Сырой протеин, %		
	Пк	Пэ	Квп
Natuzyme 50 (50г/т)	33,18	22,11	68,50
Natuzyme 50 (100г/т)	32,20	21,41	62,20
Natuzyme 50 (150 г/т)	33,97	23,25	51,20
Vilzim (50г/т)	32,06	25,68	53,30
Vilzim (100г/т)	33,24	26,26	53,30
Vilzim (150г/т)	32,64	25,57	58,70
Фекорд 2012 С 2 группа (100 г/т)	33,06	34,50	27,10
Фекорд 2012 С 2 группа (200 г/т)	33,45	25,98	41,10
Фекорд 2012 С 2 группа (500 г/т)	27,59	14,75	49,00
Фекорд 2012 С 2 группа (1000 г/т)	27,59	17,35	49,12
Rovabio Max AP (50г/т)	33,27	27,96	51,40
Rovabio Max AP (100г/т)	29,15	24,33	42,69
Rovabio Max AP (150г/т)	29,15	25,39	43,51
Rovabio Max Advance P (50г/т)	29,15	28,01	49,31
Rovabio Max Advance P (100г/т)	29,15	28,37	42,29
Rovabio Max Advance P (150г/т)	29,15	28,30	39,32
Rovabio Excel AP (50г/т)	29,15	26,01	44,23
Rovabio Excel AP (100г/т)	29,15	25,14	52,57
Rovabio Excel AP (150г/т)	29,15	24,30	54,63
Контрольный комбикорм для карпа К-110 без ферментного препарата	31,52	24,52	46,30

Высокие результаты переваримости протеина с вводом в комбикорм фермента Natuzum 50 можно объяснить его более разнообраз-

ным составом, в который входит специализированный фермент протеаза, с активностью не менее 490 ед/г, предназначенный для расщепления белков.

Далее был проведён биохимический анализ мышц карпа. Биохимические показатели мышц карпа представлены в табл. 6.

Таблица 6. Биохимические показатели мышц карпа  
Table 6. Biochemical parameters of carp muscles

Образец комбикорма К-110 с вводом в его состав ферментного препарата	Содержание в теле рыбы, %, $\pm Sx$				
	влажность	сухое вещество	сырой протеин	жирность	зольность
Natuzyme 50 (50г/т)	75,23 $\pm$ 0,16	24,78 $\pm$ 0,16	16,86 $\pm$ 0,25	5,89 $\pm$ 0,07	2,03 $\pm$ 0,05
Vilzim (150г/т)	75,61 $\pm$ 0,30	24,40 $\pm$ 0,30	16,79 $\pm$ 0,40	5,07 $\pm$ 0,10	2,54 $\pm$ 0,50
Фекорд — 2012С (1000г/т)	78,20 $\pm$ 0,40	21,8 $\pm$ 0,40	15,57 $\pm$ 0,20	4,09 $\pm$ 0,13	2,14 $\pm$ 0,07
Rovabio max ap (50 г/т)	77,18 $\pm$ 0,16	22,82 $\pm$ 0,16	15,97 $\pm$ 0,30	4,30 $\pm$ 0,20	2,55 $\pm$ 0,50
Rovabio max advance (50г/т)	76,45 $\pm$ 0,36	23,55 $\pm$ 0,36	16,40 $\pm$ 0,30	5,05 $\pm$ 0,24	2,10 $\pm$ 0,30
Rovabio Excel AP(150 г/т)	76,20 $\pm$ 0,16	23,80 $\pm$ 0,16	15,90 $\pm$ 0,25	4,81 $\pm$ 0,13	3,09 $\pm$ 0,30
Контрольный комбикорм для карпа К-110 без ферментного препарата	75,30 $\pm$ 0,00	24,70 $\pm$ 0,00	15,99 $\pm$ 0,42	5,63 $\pm$ 0,46	3,08 $\pm$ 0,07

Из табл. 6 видно, что содержание влаги в теле сеголетка карпа, которому скармливался комбикорм с вводом в его состав ферментного препарата Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т ниже на 0,09 %, чем в контроле, а сухого вещества соответственно больше. Содержание белка в мышцах в опыте с ферментом Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т выше на 5,2 %, чем у рыб контрольной группы. Отложение зольных элементов в мышцах в опыте с ферментом Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т ниже на 34,0 %, чем в контроле. У карпа из опыта с ферментом Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т с жира было в мышцах на 4,4 % больше, чем у рыб контрольной группы. Увеличение дозировки фермент-



ного препарата приводит к уменьшению содержания сухого вещества, протеина, жирности и золы.

Ввод ферментных препаратов Rovabio max advance и Rovabio Excel AP в дозировке 50 г/т приводит к увеличению содержания протеина на 2,5 % и 1,5 % по сравнению с контролем.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что комбикорм с вводом в его состав ферментного препарата Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т по биохимическим показателям мышц карпа дал лучшие результаты по сравнению с контролем.

**Выводы.** В результате проведенных исследований ферментных препаратов было установлено:

- ♦ наилучшие показатели абсолютного прироста, относительного прироста и удельной скорости роста у сеголетков карпа получены при кормлении комбикормом с вводом ферментного препарата Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т. Абсолютный прирост при вводе ферментного препарата Natuzyme 50 выше по сравнению с контролем на 38,5 %, относительный прирост на 39,9 %, а удельная скорость роста рыбы на 50 %;
- ♦ ввод в комбикорм ферментного препарата Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т приводит к снижению кормового коэффициента на 31,3 % по сравнению с контролем;
- ♦ по переваримости протеина наилучший результат показал ферментный препарат Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т, она дала результаты на 32,4 % выше, чем в контроле, дальнейшее увеличение дозировки приводит к снижению переваримости сырого протеина;
- ♦ по биохимическим показателям мышц карпа наилучший результат дал ввод в комбикорм ферментного препарата Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т. Содержание белка увеличилось на 5,2 % по сравнению с контролем. Отложение зольных элементов в мышцах в опыте с ферментом Natuzyme 50 в дозировке 50 г/т ниже на 34,0 %, чем в контроле, жира в мышцах на 4,4 % больше, чем у рыб контрольной группы.

На основании полученных результатов, очевидно, что наиболее эффективный ферментный препарат зарубежного производства в составе комбикормов для карпа — это Natuzyme 50. Поэтому в дальнейшем необходима разработка отечественного ферментного комплекса, который позволит повысить переваримость комбикормов для карпа.



### Список используемых источников

1. Исследование молодых ученых: материалы 7 международной конференции молодых ученых «Наука и природа», Витебск, 31 мая 2013 г. / УО ВГАВМ; редкол: А.И. Ятусевич (гл. ред.) [и др.]. — Витебск, 2013. — 164 с.
2. Скляр, В. Я. Справочник по кормлению рыб / В.Я. Скляр, Е.А. Гамыгин, Л. Рыжков. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 120 с.
3. Инструкция по применению ферментного препарата Натузим 50: организация-производитель «Bioproton PTY LTD», Австралия, 2011. — 2 с.
4. Инструкция по применению мультиферментного комплекса Вилзим: организация-производитель «Enmex, S.A. de C.V.», Мексика, 2014. — 3 с.
5. Инструкция по применению мультиферментного комплекса Ровабио Макс АР: организация-производитель «Adisseo France S.A.S.», Франция, 2013. — 2 с.
6. Инструкция по применению мультиферментного комплекса Ровабио Эксель АР: организация-производитель «Adisseo France S.A.S.», Франция, 2013. — 2 с.
7. Инструкция по применению мультиферментного комплекса Ровабио Макс Эдванс Р: организация-производитель «Adisseo France S.A.S.», Франция, 2017. — 2 с.
8. Карзинкин, Г.С. К познанию рыбной продуктивности водоемов. Сообщение II. Изучение физиологии питания сеголетков зеркального карпа. — Труды Лимнологической станции в Косине, 1935. — Вып. 19. — С. 21–59.
9. Яблонская, Е.А. К познанию рыбной продуктивности водоемов. Сообщение Y. Усвоение естественных кормов зеркальным карпом и оценка с этой точки зрения кормности водоёмов. — Труды Лимнологической станции в Косино, 1935. — Вып. 20. — С. 76–98.
10. Краюхин, Б.В. Физиология пищеварения пресноводных костистых рыб. М., 1963. — 128 с.
11. Щербина, М.А. Переваримость и эффективность использования питательных веществ искусственных кормов у карпа. — М.: Пищевая промышленность. — 1973. — 120 с.

### Reference

1. Research of young scientists: materials of the 7th international conference of young scientists «Science and Nature», Vitebsk, May 31, 2013 / UO VGAVM; editorial board: A.I. Yatusovich (chief editor) [and others]. Vitebsk, 2013. 164 p.
2. Sklyarov V.Ya., Gamygin E.A., Ryzhkov L. Handbook of fish feeding. M., Light and food industry, 1984. 120 p.
3. Instructions for the use of the enzyme preparation Natuzim 50: manufacturing organization «Bioproton PTY LTD», Australia, 2011. 2 p.
4. Instructions for the use of the Vilzim multienzyme complex: manufacturing organization «Enmex, S.A. de C.V.», Mexico, 2014. 3 p.



5. Instructions for the use of the Rovabio Max AP multienzyme complex: manufacturing organization «Adisseo France S.A.S.», France, 2013. 2 p.
6. Instructions for the use of the multi-enzyme complex Rovabio Excel AP: manufacturing organization «Adisseo France S.A.S.», France, 2013. 2 p.
7. Instructions for the use of the multienzyme complex Rovabio Max Advance P: manufacturing organization «Adisseo France S.A.S.», France, 2017. 2 p.
8. Karzinkin G.S. To the knowledge of fish productivity of reservoirs. Communication II. Study of the nutritional physiology of underyearlings of the mirror carp. Proceedings of the Limnological station in Kosino, 1935. Issue. 19. p. 21–59.
9. Yablonskaya E.A. To the knowledge of fish productivity of reservoirs. Report Y. Assimilation of natural food by mirror carp and assessment from this point of view of the feeding capacity of water bodies. Proceedings of the Limnologicheskaya station in Kosino, 1935. Issue. 20. p. 76–98.
10. Krayukhin B.V. Digestion physiology of freshwater teleost fish. M., 1963. 128 s.
11. Shcherbina M.A. Digestibility and efficiency of the use of nutrients in artificial feed for carp. M., Food industry. 1973, 130 p.

### Сведения об авторах

*Кошак Жанна Викторовна* — кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

*Гадлевская Наталья Николаевна* — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Русина Анна Николаевна* — научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: annarusina80@gmail.com

*Зенович Наталья Викторовна* — научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nata.zenovich@mail.ru

*Рыбкина Евгения Евгеньевна* — младший научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: evgesha.rybkina.97@mail.ru

*Кохович Артём Геннадьевич* — младший научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: artem\_kohovich@mail.ru

**Information about the authors**

- Koshak Zhanna V.* — Ph.D. (Engineering), Associate Professor, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com
- Gadlevskaya Natalya N.* — Ph.D. (Biological Sciences), leading researcher of the feed laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by
- Rusina Anna N.* — Researcher of the feed laboratory RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: annarusina80@gmail.com
- Zenovich Natalia V.* — Researcher of the feed laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: nata.zenovich@mail.ru
- Rybkina Evgeniya E.* — Junior Researcher, Feed Laboratory RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: evgesha.rybkina.97@mail.ru
- Kokhovich Artyom G.* — Junior Researcher, Feed Laboratory RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: artem\_kohovich@mail.ru



УДК639.3.043.2

Поступила в редакцию 01.11.2021

<https://doi.org/10.47612/978-985-880-00000-0-2022-37-341-356>

Received 01.11.2021

**Ж.В. Кошак, Н.Н. Гадлевская, А.Н. Русина, Н.В. Зенович,  
Е.Е. Рыбкина, А.Г. Кохович**

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь*

## **ГУМИНОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ В СОСТАВЕ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ОСЕТРОВЫХ РЫБ**

**Аннотация:** В статье изучено влияние гуминовых веществ на обменные процессы в печени осетровых рыб. Определены показатели качества лечебно-профилактических комбикормов при различных дозировках кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат Корм». Получено, что оптимальный процент ввода кормовой добавки «Гуминобиотик» 2,0 %, а «Фульвогумат Корм» 3,0 %. Для ускорения процессов восстановления печени дозировка кормовых добавок может быть увеличена. Содержание гликогена в печени при кормлении комбикормами с дозировками «Фульвогумат Корм» 2 % и 3 % снизилось на 8,13 % и 7,28 % соответственно по сравнению с первоначальными значениями. При дозировках от 1 до 3 % кормовой добавки «Гуминобиотик» в составе комбикорма содержание гликогена в печени осетровых рыб после кормления снизилось на 7,7 %.

**Ключевые слова:** комбикорм, осётр, гуминовые вещества, гепатопротектор, индекс печени, гликоген

**J.V. Koshak, N.N. Gadlevskaya, A.N. Rusina, N.V. Zenovich, E.E. Rybkina,  
A.G. Kohovich**

*RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus  
National Academy of Sciences for Animal Husbandry”, Minsk, Belarus*

## **HUMIC PREPARATIONS IN THE COMPOSITION OF THERAPEUTIC AND PROPHYLACTIC FEEDS FOR STURGEON FISH**

**Abstract:** The article studies the effect of humic substances on metabolic processes in the liver of sturgeon fish. The quality indicators of therapeutic and



prophylactic mixed fodders at different dosages of feed additives “Huminobiotic” and “FulvohumateKorm” are determined. It was obtained that the optimal percentage of input of the feed additive “Huminobiotic” is 2.0 %, and “FulvohumateKorm” is 3.0 %. To speed up the processes of liver recovery, the dosage of feed additives can be increased. The glycogen content in the liver when fed with mixed fodders with dosages of “Fulvohumate Feed” 2 % and 3 % decreased by 8.13 % and 7.28 %, respectively, compared with the original values. At dosages from 1 to 3 % of the feed additive “Huminobiotic” in the composition of mixed fodder, the glycogen content in the liver of sturgeon fish after feeding decreased by 7.7 %.

**Keywords:** mixed fodder, sturgeon, humic substances, hepatoprotector, liver index, glycogen

**Введение.** На современном этапе рыбоводная отрасль планирует наращивать объем производства товарной рыбы для удовлетворения круглогодичного спроса на живую рыбу и рыбопродукцию. В соответствии с Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 гг. (подпрограмма 5) объем выращивания ценных видов рыб (товарной рыбы) должен был составить 1077,3 т, причем осетровые в этом объеме составляют около 400 т. Потребность в комбикормах для осетровых рыб составляет около 800 т, и зависит от условий выращивания и качества используемых комбикормов.

Интенсификация рыбоводства подразумевает обязательное кормление рыбы искусственными кормами. Комбикорма, которые используются для выращивания осетровых, содержат более 40 % сырого протеина и более 10 % сырого жира, большое количество витаминов и минералов. Жиры легко окисляются при хранении кормов и становятся токсичными для рыб. Для предотвращения окисления жиров в такие комбикорма вводится большое количество различных антиоксидантов, консервантов, увеличивая сроки хранения до полутора лет. В последние годы рыбоводы отмечают, что использование кормов с длительным сроком хранения приводит к побелению и цирроидному перерождению печени, отмечаются дегенеративные изменения в почечных канальцах. Поскольку в состав таких кормов обязательно вводится рыбий жир — особенно с добавками витамина А и Д, то при длительном их хранении даже с антиоксидантами он окисляется, а содержащиеся в нем кальциферолы разрушаются с образованием ядовитого вещества — токсистерола. Для удешевления кормов наравне с рыбьим жиром используются растительные масла. Это приводит к тому, что в искусственных комби-



кормах нарушается соотношение полиненасыщенных жирных кислот. Если в естественной пище рыб отношение незаменимых жирных кислот 22:6  $\omega$ 3 к 20:5  $\omega$ 3 равно примерно 2:1, то в искусственных кормах это отношение равно 1:1 и менее [1, 2].

На сегодняшний день в Республике Беларусь 70 % комбикормов для осетровых рыб зарубежного производства, а лечебно-профилактические комбикорма на 100 % импортные. В данной ситуации наша республика находится в опасной зависимости от импорта, т.к. в случае прекращения поставок импортных лечебно-профилактических комбикормов высока вероятность 100 % смертности осетровых в республике из-за отсутствия требуемых кормов.

Использование искусственных комбикормов, не полностью сбалансированных по аминокислотам, ненасыщенным жирным кислотам вызывает расстройство физиологических функций, снижение иммунитета и приводит к нарушению обменных процессов в печени. В настоящее время при патологоанатомическом вскрытии рыбы, в первую очередь, представителей сем. Осетровых, часто можно констатировать патологические изменения печени: ее резкое увеличение или, напротив, уменьшение; дряблость или мажущаяся консистенция; мозаичность или полное изменение цвета, вплоть до абсолютно белого или напротив, почти черного, землистого, бурого. Таким образом, патологии, индуцируемые несбалансированными кормами, а также иными неблагоприятными факторами окружающей среды, способны нанести существенный урон рыбководной отрасли. Для профилактики и лечения этих заболеваний применяют иммуномодуляторы, средства для регуляции стресса, разрабатываются различные методы воздействия на физиологические механизмы снижения заболеваемости, используются методы биотехнологии, вакцинирования и другие подходы. В целом недостатком этих методов является высокая затратность.

В последнее время внимание исследователей всё в большей степени привлекают препараты на основе гуминовых соединений. Они могут быть использованы для повышения эффективности выращивания объектов животноводства, в т.ч. аквакультуры.

В связи с вышеизложенным целью работы является разработка лечебно-профилактического комбикорма для осетровых рыб с использованием гуминовых веществ.

**Основная часть.** Гуминовые соединения — сложные органические молекулы, обладающие высокой биологической активностью, которые



являются естественным элементом многих водоемов, в основном пресноводных. Применение гуминовых соединений в аквакультуре способствует увеличению продолжительности жизни рыбы в результате индукции мягкого стресса, повышающего резистентность к выраженному стрессу. Воздействие гуминовых соединений в дозах 50–90 мг/л снижает заболеваемость и смертность рыбы. Применение кормовой добавки с различным содержанием гуминовых кислот при содержании карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*) стимулирует набор веса рыбы, снижает смертность, способствует повышению уровня неспецифической резистентности, индуцируя защиту от инфицирования *A. hydrophila* (Способ повышения эффективности выращивания молоди рыбы: пат. RU № 2 582 340 / Удинцев С.Н., Жилиякова Т.П. — Опубл. 27.04.2016).

О влиянии гуминовых кислот на активацию неспецифической резистентности организма животных свидетельствует тот факт, что при введении гумата натрия у кроликов возрастают фагоцитарная активность, фагоцитарное число и фагоцитарный индекс в 1,3–2 раза. На 14-й день после введения препарата отчётливо возрастает фагоцитарная активность лейкоцитов у морских свинок. О способности гумата натрия стимулировать гуморальные факторы защиты свидетельствуют также данные об увеличении активности лизоцима в сыворотке крови на 7-й (26,0 %), 14-й (41,6 %) и 21-й (43,3 %) дни введения препарата в организм животных. Под влиянием гумата натрия резко возрастала цитотоксическая активность клеток в вилочковой железе (в 9 раз), селезёнки (в 2 раза), мезентериальных лимфатических узлах (в 3 раза) [3, 4, 5].

Установлено положительное профилактическое действие гумата натрия на развитие серотониновых язв. У животных опытной группы, получавших в рационе гумат натрия, регистрировали только воспаление, тогда как у контрольной группы животных (не получавших в профилактических целях гумат натрия) происходило изъязвление в эпителиальном слое [6].

Анализируя влияние гуминового комплекса на течение токсической анемии, вызванной фенилгидразином, установлено, что указанный комплекс оказывает положительное влияние на течение и исход анемии, увеличивая уровень гемоглобина и эритроцитов в крови и, соответственно, уменьшая сроки восстановления картины крови. Как следствие данного процесса процент гибели животных в эксперименте снижается.



Изучив данные литературы по влиянию гуминовых кислот на активность трипсина (в качестве субстрата использовали казеин), можно отметить наличие конкуренции между казеином и гуминовой кислотой за взаимодействие между активными центрами трипсина. В ряду фракций гуминовой кислоты наиболее сильными ингибиторами являются более высокомолекулярные соединения, а, как известно, конкурентное ингибирование активными ферментами вызывается аналогией в молекулярной структуре ингибитора и субстрата. Таким образом, гуминовые кислоты вызывают образование с трипсином фермент-ингибиторного комплекса, который может диссоциировать в обратном направлении. При этом образования продуктов реакции не происходит, однако наибольшая степень ингибирования отмечена при низких концентрациях щелочного раствора гуминовых кислот. Данный факт обусловлен тем, что в разбавленных растворах этих соединений происходит раскручивание полимерной цепи гуминовых кислот, наряду с этим возникает вероятность изменения конфигурационных состояний. Вероятно, поэтому происходит образование комплекса «трипсин — гуминовая кислота», и степень ингибирования возрастает. Таким образом, гуминовые кислоты улучшают обменные процессы и в то же время активизируют регенерацию [7].

Литературные сведения также позволяют констатировать наличие противовоспалительных свойств у гуминовых кислот. Так, например, установлен выраженный эффект при введении препаратов на основе гуминовых кислот на фоне инъекций полиглюкина, овальбумина, серотонина, гистамина при воспроизведении экспериментального отёка лапки у мышей. Под влиянием препаратов гуминовых кислот предупреждаются расширение сосудов, кровоизлияние, пролиферация фибробластов. Содержание РНК, сульфгидрильных групп и гликогена сохраняется высоким, снижается активность кислой фосфатазы липосом. Указанный эффект обусловлен антагонизмом с медиаторами воспаления, стабилизацией мембран липосом и ингибированием лизосомальных ферментов [8, 9].

Противовоспалительное действие гуминовых кислот связано с их способностью обратимо ингибировать избыточный синтез интерлейкина-1  $\beta$ -гиперактивированными макрофагами, нивелировать усиленный выход нейтрофильных гранулоцитов из костномозгового депо в кровь, уменьшать потребление кислорода активированными фагоцитами с последующим снижением генерации кислородных радикалов,



что, в конечном счёте, приводит к уменьшению выраженности воспалительной реакции [10].

Кроме того, экспериментально доказано, что гуминовые кислоты и их производные являются биопротекторами, защищающими печень от видимых деструктивных изменений, вызванных действием повреждающих факторов и функциональных перегрузок [11].

Антиоксидантная активность гуминовых кислот торфа заслуживает особого внимания, поскольку обусловлена рядом их структурных особенностей. Ароматические ядра гуминовых кислот содержат большое количество карбоксильных и хиноидных групп, являющихся катализаторами окислительно-восстановительных реакций и обуславливающих антиоксидантную активность. Считают, что наличие антиоксидантных и хелатирующих свойств у гуминовых кислот указывает на их потенциальные антигипоксические свойства [12]. С этим согласуются защитные свойства гуминовых кислот в условиях воздействия разнообразных повреждающих факторов окружающей среды: интоксикаций, гипоксических состояний, иммунопатологий, вирусных и микробных инфекций.

В экспериментах на модели острого токсического гепатита выявлена гепатопротективная активность гуминовых кислот, которая связана, по мнению авторов, с их антиоксидантными и мембраностабилизирующими свойствами [13]. Введение гуминовой кислоты в дозе 100 мг/кг в условиях гепатита приводит к снижению концентрации малонового диальдегида в гомогенате печени крыс в 6 раз по сравнению с группой животных, которых не лечили. Гуминовые кислоты при остром гепатите нормализуют функционально-метаболические и морфологические показатели печени крыс и существенно снижают интенсивность процессов липопероксидации. Наиболее выраженные гепатопротективные свойства гуминовые кислоты, превосходящие аналогичное действие препарата сравнения силимарина, проявляются в дозе 100 мг/кг.

Гуминовые кислоты способны повышать резистентность организма к отравлению, снижать степень интоксикации при действии различных неблагоприятных факторов, в том числе повышать устойчивость организма в условиях гипоксии (адаптагенное действие). Увеличение устойчивости животных под влиянием комплекса гуминовых кислот связывают с активацией ферментных систем, анаэробного дыхания и антитоксической функции печени [14, 15].

Для исследования влияния гуминовых веществ на процессы жизнедеятельности осетровых рыб были выбраны две кормовые добавки



«Гуминобиотик», производства РБ и «Фульвогумат Корм», производства РФ.

Кормовая добавка «Гуминобиотик» является продуктом окисления верхового торфа в водно-щелочной среде и используется для стимуляции обмена веществ, в качестве гепатопротектора и иммуностимулятора у животных и птиц. Представляет собой жидкость темно-коричневого цвета со специфическим запахом аммиака. Хорошо растворим в воде.

Гуминовая кормовая добавка «Фульвогумат КОРМ» представляет собой низкомолекулярный (наночастицы) 4–6 % водный раствор с комплексом гуминовых кислот, фульвоновой кислотой, скваленом, ненасыщенными жирными кислотами, микроэлементами и аминокислотами. Добавка применяется для профилактики желудочно-кишечных расстройств и диареи, язвенной болезни желудка и тонкого отдела кишечника, колибактериоза, микотоксикозов, для увеличения сохранности молодняка, среднесуточных привесов при снижении затрат кормов, для улучшения показателей крови всех сельскохозяйственных животных и птиц.

Обе кормовые добавки ранее не применялись на рыбе, но хорошо зарекомендовали себя на других видах животных.

Для разработки лечебно-профилактического комбикорма для осетровых рыб в его состав вносили кормовые добавки «Гуминобиотик» и «Фульвогумат КОРМ». Показатели качества данных препаратов представлены в табл. 1.

Анализируя данные табл. 1, видно, что влажность, зольность препаратов практически одинакова. Концентрация щелочи выше у кормовой добавки «Фульвогумат Корм», что для пищеварительной системы осетровых рыб не очень благоприятно. В то же время выход свободных гуминовых кислот в кормовой добавке российского производства «Фульвогумат Корм» выше в 5 раз, что благоприятно при восстановлении работы печени рыб. По сравнению с кормовой добавкой «Гуминобиотик» рН «Фульвогумат Корм» также ниже на 3,8 %, что ближе к нейтральной реакции среды. Массовая доля азота у «Фульвогумат Корм» выше в 1,2 раза.

На следующем этапе исследований были составлены рецептуры для разновозрастных рыб с различным процентом ввода изучаемых кормовых добавок. В исследуемых образцах комбикормов были определены основные показатели качества такие как: влажность, содержание протеина, жира, клетчатки и углеводы. Данные представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 1. Показатели качества кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат КОРМ»  
Table 1. Quality indicators of feed additives «Humino biotic» and «Fulvohumate KORM»

Наименование кормовой добавки	Массовая доля влаги, %	Зольность, %	Концентрация щелочи, г/дм <sup>3</sup>	Выход свободных гуминовых кислот, %	Массовая доля азота, %	рН
Фульвогумат Корм	94,63±0,08	0,088±0,008	16,45±0,40	4,28±0,03	0,14±0,04	10,84±0,02
Гуминобиотик	94,30±0,03	0,078±0,006	6,15±0,20	0,84±0,00	0,12±0,02	11,27±0,05

Таблица 2. Показатели качества экструдированного комбикорма для осетровых рыб с добавлением кормовой добавки «Гуминобиотик»  
Table 2. Quality indicators of extruded feed for sturgeon fish with the addition of feed additive «Humino biotic»

Номер рецепта	Влажность, %	Сухое вещество, %	Содержание сырого протеина, % на сух.в	Содержание сырого жира, % на сух.в	Содержание сырого клетчатки, % на сух.в
№1	7,11±0,20	92,89±0,20	44,98±0,34	16,38±0,46	1,19±0,03
№2	3,68±0,23	96,32±0,23	44,34±1,20	16,08±0,04	1,22±0,06
№3	7,11±0,04	92,89±0,04	43,88±0,81	16,17±0,05	1,13±0,05
№4	6,14±0,04	93,86±0,04	45,09±0,67	16,20±0,15	1,32±0,04
№5	5,98±0,18	94,02±0,18	45,54±0,78	16,24±0,08	1,27±0,04
№6	3,74±0,01	96,26±0,01	48,90±0,03	17,01±0,24	1,21±0,01
№7	5,35±0,10	94,65±0,10	46,46±0,33	17,26±0,04	1,21±0,05



Из данных табл. 2 видно, что содержание протеина в комбикормах для осетровых рыб с добавлением кормовой добавки «Гуминобиотик» находится в пределах с 48,90 до 43,88 %, содержание жира 17,26 до 16,08 %, содержание клетчатки 1,19–1,32 %, что полностью удовлетворяет потребностям осетровых рыб.

Из данных табл. 3 видно, что содержание протеина в комбикормах для осетровых рыб с добавлением «Фульвогумат Корм» находится в пределах с 49,61 до 43,91 %, содержание жира с 20,06 до 17,61 %, содержание клетчатки 1,15–1,32 %, что удовлетворяет потребность осетровых рыб.

Для установления эффективности кормления комбикормами с добавлением изучаемых кормовых добавок были проведены эксперименты по кормлению осетров в условиях аквариальной института. В связи с тем, что данный комбикорм разрабатывается как лечебно-профилактический на данном этапе исследований привесы и кормовые коэффициенты не определялись.

Были определены биохимические показатели мышц осетра при кормлении комбикормом с добавлением кормовой добавки «Гуминобиотик» и «Фульвогумат Корм», данные представлены в табл. 4 и 5.

Из табл.4 видно, что ввод кормовой добавки «Гуминобиотик» в комбикорм в количестве 2,0 % приводит к увеличению содержания протеина в мышцах осетра на 7,06 % по сравнению с контролем, при уменьшении жирности рыбы на 15,82 % по сравнению с контролем. С ростом процента ввода гуминобиотика в составе комбикорма происходит снижение жирности рыбы, рост содержания протеина и снижение содержания золы в теле рыбы.

Исследовалось влияние кормовой добавки «Фульвогумат Корм» на биохимический состав мышц осетра.

Из данных табл. 5 видно, что ввод кормовой добавки «Фульвогумат Корм» в комбикорм в количестве 3,0 % приводит к увеличению содержания протеина в мышцах осетра на 2,24 % по сравнению с контролем, уменьшению жирности рыбы на 41,70 % по сравнению с контролем.

Сравнивая данные в табл. 4 и 5, видим, что использование 2 % кормовой добавки «Гуминобиотик» в составе комбикорма дает лучшие результаты, чем внесение 3,0 % кормовой добавки «Фульвогумат Корм».

Таблица 3. Показатели качества экструдированного комбикорма для осетровых рыб с добавлением кормовой добавки «Фульвогумат Корм»

Table 3. Quality indicators of extruded feed for sturgeon fish with the addition of feed additive «Fulvohumate Korm»

Номер рецепта	Влажность, %	Сухое вещество, %	Содержание сырого протеина, %	Содержание сырого жира, %	Содержание сырой клетчатки, %
№1	10,50±0,25	89,50±0,25	44,41±0,58	18,72±0,13	1,15±0,03
№2	8,09±0,58	91,91±0,58	49,61±0,75	18,10±0,05	1,20±0,04
№3	11,17±0,07	88,83±0,07	43,91±0,56	17,61±0,20	1,25±0,04
№4	9,46±0,05	90,54±0,05	47,96±0,23	19,02±0,05	1,32±0,01
№5	9,28±0,34	90,72±0,34	46,58±0,24	19,34±0,03	1,20±0,04
№6	5,71±0,22	94,29±0,22	47,23±0,23	20,06±0,00	1,18±0,06

Таблица 4. Биохимические показатели мышц осетра

Table 4. Biochemical parameters of sturgeon muscles

Дозировка кормовой добавки «Гуминобитик»	Влажность, %	Сухое вещество, %	Содержание протеина в теле рыбы, %	Содержание жирности в теле рыбы, %	Содержание золы в теле рыбы, %
Осетр до кормления	69,87±0,06	30,13±0,06	17,00±0,99	11,68±0,62	1,46±0,31
0,5%	74,11±0,22	25,00±0,22	17,39±0,74	6,75±0,36	1,75±0,16
1,0%	73,09±0,18	26,91±0,18	17,94±0,06	7,28±0,23	1,69±0,11
<b>2,0%</b>	<b>71,00±0,80</b>	<b>29,00±0,80</b>	<b>18,2±0,04</b>	<b>9,83±0,11</b>	<b>0,97±0,12</b>
3,0%	74,62±0,13	25,74±0,13	15,91±0,06	7,79±0,13	1,69±0,06



Таблица 5. Биохимические показатели мышц осетра  
Table 5. Biochemical parameters of sturgeon muscles

Процент ввода кормовой добавки «Фульвогумат Корм»	Влажность, %	Сухое вещество, %	Содержание протеина в теле рыбы, %	Содержание жирности в теле рыбы, %	Содержание золы в теле рыбы, %
Осетр до кормления	69,87±0,06	30,13±0,06	17,00±0,99	11,68±0,62	1,46±0,31
0,5 %	73,60±0,80	26,40±0,80	5,77±0,32	19,58±0,31	1,05±0,06
1,0%	70,81±0,33	29,19±0,33	8,25±0,25	19,77±0,20	1,17±0,08
2,0%	74,09±1,43	25,91±1,43	15,68±0,41	8,53±0,19	1,07±0,04
<b>3,0%</b>	<b>74,30±0,15</b>	<b>25,70±0,15</b>	<b>17,38±0,20</b>	<b>6,81±0,13</b>	<b>1,51±0,08</b>

Состояние печени, ее работоспособность характеризуется рядом показателей [16, 17], основными из которых являются гепатосоматический индекс печени (ИП) и содержание гликогена в печени осетра, данные представлены в табл. 6 и 7.

Таблица 6. Гепатосоматический индекс печени (ИП) и содержание гликогена в печени осетра при кормлении комбикормом с добавлением кормовой добавки «Гуминобиотик»  
Table 6. Hepatosomatic index of the liver (IP) and the content of glycogen in the liver of sturgeon when fed with mixed fodder with the addition of the feed additive «Huminobiotic»

Процент ввода кормовой добавки «Гуминобиотик»	ИП, %	Содержание гликогена, %
Осетр до кормления	2,09	10,07±0,08
0,5 %	1,44	27,76±0,06
1,0 %	1,51	7,48±0,00
2,0 %	1,82	4,12±0,50
<b>3,0 %</b>	<b>1,93</b>	<b>2,07±0,01</b>

Анализируя данные табл. 6, видим, что после кормления комбикормом с добавлением кормовой добавки «Гуминобиотик» гепатосоматический индекс печени у рыбы ниже, чем до кормления и находится в норме (2–4 %) [18]. Содержание гликогена в печени до кормления выше на 7,7 %, чем после кормления при дозировках от 1 до 3 % кормовой добавки «Гуминобиотик». При дозировке гуминобиотика 3 % содержание гликогена в печени наименьшее.

Значения гепатосоматического индекса печени и содержание гликогена в печени при кормлении комбикормами с кормовой добавкой «Фульвогумат Корм», данные представлены в табл. 7.

Таблица 7. Гепатосоматический индекс печени (ИП) и содержание гликогена в печени осетра при кормлении комбикормом с добавлением кормовой добавки «Фульвогумат Корм»

Table 7. Hepatosomatic index of the liver (IP) and the content of glycogen in the liver of sturgeon when fed with mixed fodder with the addition of the feed additive «Fulvohumate Korm»

Процент ввода фульвогумата	ИП, %	Гликоген печени, %
Осетр до кормления	2,09	10,07±0,08
0,5%	1,80	5,36±0,01
1,0%	2,02	4,36±0,25
<b>2,0%</b>	<b>2,25</b>	<b>1,94±0,24</b>
3,0%	1,58	2,79±0,02

Кормление осетровых рыб осуществлялось в течение 40 дней. Анализируя данные табл. 7, видно, что после кормления комбикормом с добавлением кормовой добавки «Фульвогумат Корм» в количестве 0,5 % и 3,0 % гепатосоматический индекс печени у рыбы немного понижен по сравнению с контролем и по сравнению с нормальными значениями (2–4 %) [18]. Содержание гликогена в печени при дозировках «Фульвогумат Корм» в количестве 2 % и 3 % самые низкие. В процессе кормления опытными кормами с этими дозировками гликоген печени снизился на 8,13 и 7,28 % соответственно. На основании полученных результатов можно заключить, что гуминовые вещества в составе изучаемых кормовых добавок обладают гепатопротекторными свойствами и способствуют нормализации работы печени осетровых рыб.

**Выводы.** 1. По результатам исследований были разработаны лечебно-профилактические комбикорма для осетровых рыб с использованием в своем составе гуминовых веществ.

2. Определены показатели качества лечебно-профилактических комбикормов при различных дозировках кормовых добавок «Гуминобиотик» и «Фульвогумат Корм». Все показатели качества соответствуют действующим ТНПА.

3. Получено, что оптимальный процент ввода кормовой добавки «Гуминобиотик» 2,0 %, а «Фульвогумат Корм» 3,0 %. Для ускорения процессов восстановления печени дозировка кормовых добавок может быть увеличена. Содержание гликогена в печени при кормлении комбикормами с дозировками «Фульвогумат Корм» 2 % и 3 % снизилось на 8,13 и 7,28 % соответственно по сравнению с первоначальными значениями. При дозировках от 1 до 3 % кормовой добавки «Гуминобиотик»



в составе комбикорма содержание гликогена в печени осетровых рыб после кормления снизилось на 7,7 %.

### Список использованных источников

1. Aslan, S.S. Comparison of fatty acid contents of wild and cultured rainbow trout *Onchorhynchus mykiss* in Turkey / S.S. Aslan, K.C. Guven, T. Gezgin et al. // *Food Chemistry*. 1996, Vol. 57, No 3, P. 359–363.
2. Tocher, D.R. Metabolism and Functions of Lipids and Acids in Teleost Fish / D. R. Tocher // *Reviews in Fisheries Science*. 2003, Vol. 11, No 2, P. 107–184.
3. Чухарева, Н.В. Влияние термической обработки торфов на состав и свойства гуминовых кислот / Н.В. Чухарева, Л.В. Шишмина, А.А. Новиков // *Химия твёрдого топлива*, 2003. — № 4. — С. 37–43.
4. Baran, R.D. Different diagnosis of rationale therapy nail fungi infection australion // R.D. Baran, J. Dermatol. — 1997. — Vol. 24. — P. 127.
5. Balla, D. Solute retention in groundwater table controlled fen area with respect to various land use scenarios / D. Balla, O. Dietrich, J. Quast // *Int. Peat. J.* — 2000. — Vol. 10. — P. 33–47.
6. Касимова, Л.В. Перспективы применения торфа и продуктов его переработки в животноводстве/ Л.В. Касимова, Т.П. Жиякова, Э.В. Титова. — Томск: издательство ТПУ, 2006. — 92 с.
7. Грибан, В.Г. К механизму действия препаратов гуминовой природы на организм животных. Органическое вещество торфа / В.Г. Грибан. — Минск, 1995. — 120 с.
8. Хрипович, А.А. Химический состав аминокислот - регулятора роста растений/ А.А. Хрипович, Н.Л. Макарова, И.В. Кляузе // *Химия твёрдого топлива*. — 2003. — № 5. — С. 3–8.
9. Юдина, Н.В. Способ получения водорастворимых БАВ из торфа / Н.В. Юдина, А.В. Зверева, И. Ломовский // *Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья*. — Барнаул, 2002. — С. 230–233.
10. Beer, A.M. A new view on quality controlled application of peat and medical treatment / A.M. Beer, J. Lukanov, P. Sagorchev // *Peatlands Internat.*— 2003. — Vol. 1. — P. 25–29.
11. Колотенко, В.П. Ультраструктурные аспекты действия гумата натрия на печень / В.П. Колотенко, Ю.Г. Черненко, А.Я. Шарипкина // *Гуминовые удобрения, теория и практика их применения*. — Днепропетровск, 1983. — С. 165–168.
12. Тадигиева, Н.З. Антибактериальная активность гуминового препарата из лечебной торфяной грязи Джелал / Н.З. Тадигиева, Е.Г. Цой, С.И. Туровская // *Биол. науки*. — 1991. — №10. — С. 109–113.
13. Наумова, Г.В. Связь молекулярной структуры гуминовых кислот и их биологической активности / Г.В. Наумова, В.П. Стригуцкий, Н.А. Жмакова, Т.Ф. Овчинникова // *Химия твёрдого топлива*. — 2001. — № 2. — С. 3–13.



14. Лободин, К.А. Лигфол для коррекции воспроизводительной функции коров / К.А. Лободин, А.Г. Нежданов, В.С. Бузлама // Ветеринария. — 2006. — № 3. — С. 39–44.
15. Коровушкин, А.А. Разработка рационов с применением немодифицированных микропористых гуминовых кислот из леонардита для кормления карпов / А.А. Коровушкин, Ю.В. Якунин, Г.М. Туников // Вестник рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева: № 4 (44) — 2019 г.— С .36–41.
16. Halver, J.E. Essential amino acids and ideal pattern for fish // X Intern. Congr. Nutrition. Kyoto, Japan. — 1975. — P.45–49.
17. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре // М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. — М.: Изд-во ВНИРО, 2006. — 360 с.
18. Склярлов, В.Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре // В.Я. Склярлов. — М.: ВНИРО, 2008. — 150 с.

## Reference

1. Aslan S.S., Guven K.C., Gezgin T. Comparison of fatty acid contents of wild and cultured rainbow trout *Onchorhynchus mykiss* in Turkey. Food Chemistry, 1996, no. 3, pp. 359–363.
2. Tocher D.R. Metabolism and Functions of Lipids and Acids in Teleost. Reviews in Fisheries Science, 2003, vol. 11, no. 2, pp. 107–184.
3. Chukhareva N.V., Shishmina L.V., Novikov A.A. Influence of thermal treatment of peat on the composition and properties of humic. Chemistry of solid fuel, 2003, no 4, pp. 37–43 (in Russian).
4. Baran R.D., Dermatol J. Different diagnosis of rationale therapy nail fungi infection australion, 1997, vol. 24, pp. 127.
5. Balla D., Dietrich O., Quast J. Solute retention in groundwater table controlled fen area with respect to various land use scenarios, 2000, vol. 10, pp. 33–47.
6. Kasimova L.V., Zhilyakova T.P., Titov E.V., Prospects for the use of peat and products of its processing in animal husbandry. TPU publishing house, 2006. 92 p. (in Russian).
7. Griban V.G. To the mechanism of action of drugs of a humic nature on the organism of animals. Peat organic matter, Minsk, 1995. 120 p. (in Russian).
8. Khripovich A.A., Makarova N.L., Klyauze I.V. Chemical composition of amino humate - plant growth regulator. Chemistry of Solid Fuel, 2003, no. 5, pp. 3–8 (in Russian).
9. Yudina N.V., Zvereva A.V., Lomovsky I. Method of obtaining water-soluble biologically active substances from peat. New advances in chemistry and chemical technology of plant raw materials, Barnaul, 2002, pp. 230–233 (in Russian).
10. Beer A.M., Lukanov J., Sagorchev P. A new view on quality controlled application of peat and medical treatment. Peatlands Internat, 2003, vol. 1, pp. 25–29.
11. Kolotenko V.P., Chernenko Yu.G., Sharipkina A.Ya. Ultrastructural aspects of the action of sodium humate on the liver. Humic fertilizers, theory and practice of their application, Dnepropetrovsk, 1983, pp. 165–168 (in Russian).



12. Tadigieva N.Z., Tsoi E.G., Turovskaya S.I. Antibacterial activity of a humic preparation from therapeutic peat mud Dzhelal. Biol. science., 1991, no. 10, pp. 109–113 (in Russian).
13. Naumova G.V., Strigutsky V.P., Zhmakova N.A., Ovchinnikova T.F. Communication of the molecular structure of humic acids and their biological activity. Chemistry of Solid Fuel, 2001, no. 2, pp. 3–13 (in Russian).
14. Lobodin K.A., Nezhdanov A.G., Buzlama V.S. Ligfol for correcting the reproductive function of cows. Veterinary Medicine, 2006, no. 3, pp. 39–44 (in Russian).
15. Korovushkin A.A., Yakunin Yu.V., Tunikov G.M. Development of diets using unmodified microporous humic acids from leonardite for feeding carp. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. P.A. Kostychev, 2019, no. 4 (44), pp. 36–41 (in Russian).
16. Halver J.E. Essential amino acids and ideal pattern for fish. X Intern. Congr. Nutrition. Kyoto, Japan, 1975, pp. 45–49.
17. Shcherbina M.A., Gamygin E.A. Fish feeding in freshwater aquaculture. Publishing house of VNIRO, 2006. 360 p. (in Russian).
18. Sklyarov V.Ya. Feed and feeding of fish in aquaculture. NIRO, 2008. 150 p. (in Russian).

### Сведения об авторах

*Кошак Жанна Викторовна* — кандидат технических наук, доцент, зав. лабораторией кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

*Гадлевская Наталья Николаевна* — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Русина Анна Николаевна* — научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: annarusina80@gmail.com

*Зенович Наталья Викторовна* — научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nata.zenovich@mail.ru

*Рыбкина Евгения Евгеньевна* — младший научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: evgesha.rybkina.97@mail.ru

*Кохович Артём Геннадьевич* — младший научный сотрудник лаборатории кормов, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: artem\_kohovich@mail.ru

**Information about the authors**

- Koshak Zhanna V.* — Ph.D. (Engineering), Associate Professor, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com
- Gadlevskaya Natalya N.* — Ph.D. (Biological sciences), leading researcher of the feed laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by
- Rusina Anna N.* — Researcher of the feed laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: annarusina80@gmail.com
- Zenovich Natalia V.* — Researcher of the feed laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: nata.zenovich@mail.ru
- Rybkina Evgeniya E.* — Junior Researcher, Feed Laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: evgesha.rybkina.97@mail.ru
- Kokhovich Artyom G.* — Junior Researcher, Feed Laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebenev, 22, Republic of Belarus). E-mail: artem\_kohovich@mail.ru



**Liudmyla Fihurska, Iлона Chernega, Oleksandr Tsiundyk, Margarita Yakushkina**

*Odesa National Technological University, Odesa, Ukraine*

## **DEVELOPMENT OF THE STURGEON FEEDING PROGRAM IN UKRAINE**

**Abstract:** Aquaculture is one of the fastest growing food industries in the world today. The share of aquaculture in world fish production is growing every year. Over the past 50 years, the volume of fish farming in the world has increased by more than 50 million tons, while the growth in the volume of world fish catch stopped in the 80s of the last century. Aquaculture is one of the most promising and at the same time underestimated areas of economic activity in the agro-industrial complex of Ukraine, which, with the rational use of water resources, is able to provide consumers with a wide range of fish and fish products in a short time. A certain increase in the production of aquaculture products, especially the cultivation of sturgeon and salmon in Ukraine, is due to the use of imported feed, which has a high cost. However, its further development cannot rely on imported feed products, at the same time, the development of industrial fish farming methods is impossible without full-fledged balanced feeding of cultivated objects. Due to the aquatic environment, the need of fish for energy, nutrients and biologically active substances has its own specificity, in comparison, for example, with warm-blooded agricultural animals: it is the need for a high level of protein, another, a special ratio of protein and total energy, fat and polyunsaturated fatty acids, sensitivity to an excess of carbohydrates. Thus, in natural feed for fish, more than 60 % of the gross energy falls on protein, about 36 % — on fat and only 4 % — on carbohydrates. The development of domestic feed for sturgeon is an important task of the feed industry in Ukraine. The paper investigates the current state of fish farming in the country, the relevance and volume of production of compound feed for sturgeon fish, provides the advantages of growing sturgeon fish in Ukraine, analyzes the needs of sturgeon fish in nutrients, micro- and microelements and vitamins, analyzes the physical properties of compound feed for sturgeon fish recipes, an analysis of existing ones was carried out and a proprietary program for feeding sturgeon fish was developed. The developed sturgeon feeding program allows industrialists of the feed industry in Ukraine to use this information when calculating compound feed for sturgeon and their production.

**Keywords:** aquaculture, sturgeon fish, compound feed, feeding programs, sturgeon feeding, feed ingredients



Л.В. Фигурская, И.С. Чернега, А.Г. Цюндик, М.В. Якушкина

*Одесский национальный технологический университет, Одесса, Украина*

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ КОРМЛЕНИЯ ОСЕТРОВЫХ В УКРАИНЕ**

**Аннотация:** Аквакультура сегодня является одной из самых быстрорастущих отраслей пищевого производства в мире. Доля аквакультуры в мировом производстве рыбы ежегодно растет. За последние 50 лет объем выращивания рыбы в мире увеличился более чем на 50 млн. т, в то время как рост объемов мирового отлова рыбы прекратился в 80-х годах прошлого века. Аквакультура является одной из наиболее перспективных и одновременно недооцененных сфер хозяйственной деятельности в АПК Украины, которая при рациональном использовании водных ресурсов способна в короткие сроки обеспечить потребителей рыбой и рыбной продукцией широкого ассортимента. Определенный рост производства продукции аквакультуры, особенно выращивания осетровых и лососевых в Украине, обусловлен использованием импортных кормов, имеющих высокую стоимость. Однако дальнейшее ее развитие не может опираться на импортную кормопroduкцию, вместе с тем развитие индустриальных методов рыбоводства невозможно без полноценного сбалансированного кормления объектов культивирования. Благодаря водной среде потребность рыб в энергии, питательных и биологически активных веществах имеет свою специфику, по сравнению, например, с теплокровными сельскохозяйственными животными: это потребность в высоком уровне протеина, другое, особое соотношение белка и общей энергии, жира и полиненасыщенных жирных кислот, чувствительность к избытку углеводов. Так, в природных кормах для рыб более 60 % валовой энергии приходится на протеин, около 36 % — на жир и только 4 % — на углеводы. Разработка отечественных комбикормов для осетровых является важной задачей комбикормовой отрасли Украины. В работе исследовано современное состояние рыбоводства в стране, актуальность и объем производства комбикормов для осетровых рыб, приведены преимущества выращивания осетровых рыб в Украине, проанализированы потребности осетровых рыб в питательных веществах, микро- и микроэлементах и витаминах, проанализированы физические свойства комбикормов для осетровых рыб рецептуры, проведен анализ существующих и разработана собственная программа кормления осетровых рыб. Разработанная программа кормления осетровых позволяет промышленникам комбикормовой отрасли Украины использовать данную информацию при расчете комбикормов для осетровых и их производстве.

**Ключевые слова:** аквакультура, осетровые рыбы, комбикорма, программы кормления, кормление осетровых, компоненты комбикормов



**Introduction.** According to the recommendations of the World Health Organization, a person should consume at least 20 kilograms of fish annually [1]. The Ukrainians have not yet succeeded in reaching this norm. One of the reasons: 80 % of fish in Ukraine is imported, which means it is expensive. Today fish consumption in Ukraine is 12–14 kg per person [2].

More than 70 % of the total global aquaculture production is dependent upon the supply of external feed inputs. Global aquaculture feed sales rose 4 percent to reach 41 million tonnes in 2019, according to the 2020 Alltech Global Feed Survey [3]. In 2018 Alltech Global Feed Survey shows that the aquafeeds sector grew by 4 percent [4]. Production volumes are growing for the sixth consecutive year, following an increase in consumption of aquaculture products. The most notable growth over the past year has occurred in Europe, which accounts for 9 % of world production. 75 % of the world production of compound feed for aquaculture falls on the countries of the Asia-Pacific region, 10 % — in Latin America, 5 % — in North America, 1 % — in the Middle East and Africa [5].

According to the results of aquaculture production of 2020 year, the best results were shown by the fisheries of Sumy (2.9 thousand tons), Cherkaska (2.6 thousand tons), Vinnitsa (1.9 thousand tons) and Kirovograd (1.5 thousand tons) regions. In these regions (as well as throughout Ukraine), the main objects of aquaculture are carp and herbivorous species. This trend has remained unchanged for a long time [6].

Sturgeons are fish species of biological and economic importance. Sturgeon species are grown more by fish farms located in the Zaporozhie, Cherkaska, Odesa, Chernivtsi and Kiev regions [7]. The development of sturgeon farming in Ukraine in recent years is also associated with the development of recirculating aquaculture, to a lesser extent with the development of horticultural fish farming. Leading farms of Ukraine that are engaged in the cultivation of sturgeon fish species: LLC “Sturgeon” (Kiev region), PE “NPSP” Bester “(Kiev region), PJSC” Chernigovrybkhoz “(Chernihiv region), LLC” Ukrainian service company “(Kiev region)”, Private Enterprise “Fortuna-XXI” (Kiev), LLC “Kind fish” (Kiev region), “Odessa sturgeon complex” (Odessa region), FH “Ishkhan” (Chernivtsi region), LLC “Oasis Bisan” (Nikolaev region), GC “Aquasvit”, LLC “Aqua Top” (Odessa), LLC “Scientific and Production Center” Trout “(Volyn region), State Enterprise” Irklevsky fish nursery “(Cherkasy region), LLC” Brig LTD “(Zaporozhye region), LLC “Biosila” (Kiev), LLC “Olesya” (Kherson region).



At the state level, the restoration of the sturgeon population is carried out by the S.T. Artyuschnik Dnieper experimental production sturgeon fish hatchery (Kherson region). This state-owned enterprise was created back in 1984 — specifically to revive the stocks of Russian sturgeon, stellate sturgeon, beluga, sterlet, etc. Since then, more than 50 million sturgeon young have been released in the lower reaches of the Dnieper. In particular, in 2018, the fish factory introduced 1.6 million Russian sturgeon, sterlet and stellate sturgeon. In Ukraine, there are fifteen farms engaged in the cultivation of sturgeon fish species. In 2018, more than 200 kilograms of black gourmet caviar were supplied to the domestic domestic fish market. They have exported 67 kg of black caviar [8]. Over the past few years, more than ten sturgeon farms for the production of caviar have opened in Ukraine, therefore, the competition is already high on the market. In addition, active Chinese exporters in Ukraine are dumping at prices for caviar. If in Ukraine the prices for sturgeon caviar harvested by the classical method start at \$ 800/kg, now a lot of Chinese caviar at \$ 250–300 has appeared on the market. One kilogram of feed for fry costs more than 300 UAH (11.5 US dollars), and for adult fish — more than 55 UAH. The farm needs a ton of this feed per week.

A certain increase in the production of aquaculture products, especially the cultivation of sturgeon and salmon in Ukraine, is due to the use of imported feed, which has a high cost [9]. However, its further development cannot rely on imported feed products, at the same time, the development of industrial fish farming methods is impossible without full-fledged balanced feeding of cultivated objects.

The aquatic feed produced in the world is mainly intended for feeding carp (32 %), shrimp (21 %), sturgeon (12 %) and salmon (12 %). Although certain segments of the aquaculture industry, such as salmon, face sustainability challenges with terrestrial feed sourcing, the share of global animal feed used as aquafeed is small — estimated at 4 % (compared with roughly 40 % for poultry, 30 % for swine, and 25 % for ruminants) [10].

**The objective** of this review is to provide information on sturgeon feeding programs and provide a basis for recommendations for future research and use by fish feed manufacturers of the developed own sturgeon feeding program.

**Main part.** Sturgeons mainly live in temperate waters (from subtropical to sub-Arctic) of the Northern hemisphere; some grow and sexually mature in marine and brackish waters but migrate to freshwater to spawn, while others are land locked in freshwater for their entire life cycle [12].

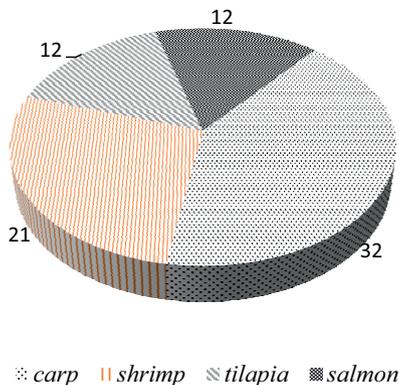


Fig. 1. The structure of production of feed for aquaculture

These species belong to the phylum Chordata, superclass Osteichthyes, class Actinopterygii, order Acipenseriformes and family Acipenseridae. There are 27 species in the Acipenseridae family, but 4 species are extinct. The 23 extant species are grouped into 4 genera with 2 species in *Huso*, 2 species in *Scaphirhynchus*, 3 species in *Pseudoscaphirhynchus* and 16 species in *Acipenser* [13]. Technologies for the commercial culture of various sturgeon species have been established over the last 20–30 years and they are now available for fish farmers. The production of sturgeon meat for human consumption has begun more recently. White sturgeon (*A. transmontanus*) and Russian sturgeon (*A. gueldenstaedtii*) and various sturgeon hybrids showed an increase weight between 1 and 2 kilograms and 100 % survival. Pelleted feeds were daily given 3–6 % of body weight, and food conversion ratio (FCR) was relatively at 4.5–5.0, likely generating a high load of wastes. At temperatures of 21–23°C, market size (1.0–1.3 kilograms) was attained in 12 months.

**Physical properties of compound feeds for sturgeon.** The habits of this fish are taken into account in the production of compound feeds. For sturgeon feed should be floating, because this species of fish feeds on the surface of the water, as a rule [14]. The physical properties of compound feed for fish are characterized by such indicators as size, moisture, fragility, bulk density, angle of natural slope, etc [15]. Today, compound feed for sturgeon, as well as for other fish species, is produced in extruded and pelleted form, which is very popular today. Paste-like compound feed for fish was produced in the 70s of the 20th century, but due to the high (up to 50 %) leaching of nutrients by water, they were abandoned [16].



The pellet length for all group numbers must be less than 1.5 times the diameter. The fragility of granules is not more than 8 %, water resistance is not less than 25 minutes. The size of the granules (crumbs) of compound feed depends on the body weight of the fish. Also, evaluating the quality of compound feed for sturgeon, indicate the mass fraction of protein, fat, ash, fiber, calcium, phosphorus, lysine, methionine and cysteine, some vitamins, the presence of metal-magnetic and harmful impurities, pest infestation [16].

**Nutritional value of compound feed.** Fish, like warm-blooded animals, need up to 40 different components, which are contained in 5 groups of nutrients: nitrogenous substances, fats, carbohydrates, vitamins and minerals [15]. Feeding it is necessary to ensure not only the amount of nutrients and biologically active substances, but also their ratio.

Sturgeon compound feed recipes are usually composed by combining individual components according to their chemical composition. Since the chemical composition and nutritional value of individual feed types differ, it becomes necessary to combine feeds with each other in certain proportions. In practice, this happens in the formulation of feeding rations. The chemical composition of compound feed gives a general idea of its potential biological value. The actual value of the compound feed is determined after adjusting for the inevitable losses arising in the processes of digestion and assimilation of nutrients of compound feed in the fish organism [17].

Young fish, having a high growth rate, require a higher concentration of protein in the feed than older age groups, which is associated with a decrease in the potential for growth of fish with an increase in body size.

Optimum dietary protein at 40.5 %, 40 %, 40 % to 45 %, 40 % and 37 % has been reported for the maximal growth of white, Siberian, Chinese, Persian and hybrid sturgeons, respectively [18].

To provide fast-growing larvae with a sufficient amount of essential and non-essential amino acids, starter feeds should contain 50–65 % protein. At the same time, the amount of water-soluble protein fraction, by analogy with natural food, should be sufficiently high. The specific needs of the larvae can be satisfied by including various types of hydrolysates, microbial products that contain degraded protein components in the starting feed of fish.

The main feature of the needs of the larvae of most sturgeon fish is the need for increased availability of protein components. The original feed requires the presence of digested protein products containing low molecular weight peptides and free amino acids [17]. Requirements of sturgeon in amino acids and vitamins are shown in table 1 [19].



**Table 1. Requirements of sturgeon in amino acids and vitamins [19]**

<b>% Protein</b>	<b>1993 year</b>	<b>2011 year</b>
Arginine	1.20	4.8
Histidine	0.60	2.3
Isoleucine	0.80	3.0
Leucine	1.30	0.2
Lysine	1.60	5.4
Methionine	0.60	2.0
Cysteine	0.90	0.2
Phenylalanine	0.07	3.0
Tyrosine	1.60	2.3
Threonine	0.70	3.3
Tryptophan	0.20	0.3
Valine	0.80	2.3
Thiamine	-	60-120
Riboflavin	-	80
Vitamin A, mg/kg	-	2.5
Vitamin D, mg/kg	-	100
Vitamin E mg/gk	-	90
Vitamin K mg/gk	-	35

The importance of fats in sturgeon feeds is determined by their high calorie content in comparison with other nutrients, however, this does not exhaust their biological significance. The physiological value of fats depends on the composition and availability of fatty acids and vitamins. Since energy and plastic metabolism are two sides of the same process, the requirements for fat and protein are interrelated - the higher the protein content in the feed, the more fat should be.

The most important element of a balanced diet is the presence of the required level of essential highly unsaturated fatty acids with 4–6 double bonds in the lipids of the feed, which are recruited on diets with a large amount of yeast or bacterial mass, i.e. growth and development. Analysis has showed that dietary lipid requirement for maximum growth of juvenile hybrid sturgeon was at 11.1 % [18].

Table 2 shows the Requirements of 1993 and 2011 years of sturgeon fish in minerals according National Research Council [19]; they have changed with new scientific research.

Table 2. Requirements of sturgeon fish in minerals [19]

Macroelements, %	1993	2011
Calcium	1E	-
Chlorine	0.9E	-
Magnesium	0.05	0.05
Phosphorus	0.60	0.70
Potassium	0.70	-
Sodium	0.6E	-
Microelements, mg/kg		
Copper	3.0	3.0
Iodine	1.10	1.10
Iron	60	-
Manganese	1.3	12
Selenium	0.3	0.15
Zink	30	15

**Analysis of sturgeon feeding programs.** On the next stage of the work we have analyze the experience of leading sturgeon feed producers and their feeding programs. Compound fishfeed for the world market is represented by foreign manufacturers such as Biomar, LikraSkreting, Aller Aquaetc, which occupy the bulk of the market and are popular for both foreign and domestic consumers due to high-quality raw materials used and the latest technologies. A thoughtful feeding program involves taking care of different sizes of different species in their own niches in the pond. Commercial fish feeds from Aller Aqua are the result of comprehensive testing and evaluation, they have own research and development department and trial station in Germany, Aller Aqua Research. Accordin official information Aller Aqua use in sturgeon feeds fish meal, fish oil, grain products, vegetable proteins, vitamins and minerals as ingredients.

The paper considers the feeding programs of such foreign manufacturers as Biomar and AllerAqua, they are presented in table 3, 4, 5. As can be seen from the tables, the nutritional value of compound feed depends on the purpose of the fish, for obtaining caviar or for obtaining fillets from the fish. EFICO Sigma 844 is specially designed for mature sturgeon females as a finishing feed for the final stages of caviar production. In collaboration with top sturgeon farms in France, BioMar's caviar finishing feed is designed to promote high yields of quality caviar.

As can be seen from table 3, sturgeon feeds require higher crude fat compare to feeds for fillet purpose table 4. Also BioMar has aquafeeds for fish in stress



conditions; they have higher crude protein content [22]. BioMar has over 20 years of experience with sturgeon feed production. BioMar's sturgeon feed is produced with high quality raw materials. It is suitable for both recirculation and flow-through systems in a variety of climates for optimum growth performance and cost-effective fish farming.

**Table 3. Feeding program of BioMar company for obtaining caviar from sturgeon [20]**

Indicator	EFICO Sigma 844	EFICO Sigma 844	EFICO Sigma 844
Pellets size, mm	3.0...4.5	6.5... 9.0	12.0...15.0
Crude protein, %	47.0	44.0	43
Crude fat, %	14.0	18.0	18.0
Crude fiber, %	4.0	4.0	3.7
Crude ash, %	8.4	7.9	7.7
Phosphorus %, not less	1.2	1.1	1.1
Gross energy, not less, MJ / kg	20.7	21.4	21.6
Vitamin E, mg/kg, not less	200	200	200
Vitamin C, mg/kg, not less	300	300	400

BioMar uses the following ingredients: feather meal, fish meal, hemoglobin, meat bone meal animal fat, rapeseed, rapeseed oil, soybeans, concentrated sunflower protein, triticale, vitamins and minerals, wheat.

Potential alternative include meals and oils from plants (the greatest source of protein and edible oil on earth), fish processing waste, yeast, bugs and other special meals, and even seaweed. Potential alternative ingredients already in use include soybeans, barley, rice, peas, canola, lupine, wheat gluten, corn gluten, other various plant proteins, yeast, insects and algae.

**Table 4. BioMar feeding program for feeding for fillet purpose [22]**

Indicator	EFICO Sigma 811R	EFICO Sigma 811R	EFICO Sigma 811R	INICIO Plus 805 (stress conditions)
Pellets size, mm	3.0...4.5	6.5...9.0	12.0...15.0	12.0...15.0
Crude protein, %	46.0	44.0	44.0	51.0
Crude fat, %	14.0	16.0	16.0	16.0
Crude fiber, %	5.0	5.3	5.3	2.4
Crude ash, %	6.3	6.6	6.6	8.7
Phosphorus %, not less	0.9	1.0	1.0	1.3
Gross energy, MJ / kg	21.8	21.9	21.9	18.0



Table 5. Aller Aqua feeding program for sturgeon for fillet purpose [21]

Indicator	Aller Performa	Sturgeon ALLER IVORY EX, 2 MM Fry feed to 50 g	Sturgeon ALLER BRONZE Grower Feed	Sturgeon ALLER BRONZE Grower Feed
Pellets size, mm	1.5	2.0	5.0	11.0
Crude protein, % not less	48.0	54.0	45.0	45.0
Crude fat, % not less	21.0	20.0	15.0	15.0
Crude fiber, % notmore	1.1	0.9	3.2	3.2
Crude ash, %	8.7	8.2	6.5	6.5
Phosphorus %, not less	1.2	1.1	1.2	1.1

Based on the analysis of the feeding programs (table 4, 5, 6) and recommendations from foreign sources and research, our own sturgeon feeding program was developed, it shown in table 7. The main impotent indicators were chosen: crude protein, crude fat, crude fiber, crude ash, lysine, methionine, phosphorus, gross energy, vitamin E and vitamin C. As can be seen from the table 7, starting sturgeon feeds should have higher crude protein content (minimum 48.0 %) and less crude fiber content (maximum 1.1 %), lysine and methionine content (% of protein) not less 5.4 and 2.0 respectively.

Table 6. Sturgeon feeding program [22]

Feeding period	Fish size, mm	Pellets size, mm	Crude protein, %	Crude fat	Crude fiber	Gross energy	Phosphorus
Prestrating	3-15	1.3-1.5	58.0	17.0	0.9	21.6	1.2
Starting	15-50	2.0	54.0	20.0	0.9	22.2	1.1
Grower	50-7000	38.0	45.0	15.0	3.2	21.2	1.1
Finishing	more 7000	11.0	45.0	15.0	6.5	21.2	1.1

After analyzing the feeding programs of the presented manufacturers, it can be noted: the presented feed manufacturers use feeding programs that differ in the growing periods and nutritional value of the compound feed; modern feeding programs mainly divide the period of sturgeon rearing into prestart, starting, growers and productive (finishing); for fish of the same age, within the same manufacturer, compound feeds are produced that differ



in nutritional value, indicating the difference in feed (for example, economy and increased nutritional value); in the programs of different companies, at the beginning of productive cultivation, different weights of fish correspond.

*Table 7. Feeding program for sturgeon (developed)*

Indicator	Feeding period of sturgeon		
	Starting	Grower	Finishing
Pellets size, mm	1.5	1.5	5.0
Crude protein content, % not less	48.0	48.0	45.0
Crude fat content, % not less	21.0	21.0	15.0
Crude fiber, % notmore	1.1	1.1	3.2
Crude ash, %,	8.7	8.7	6.5
Lysine, % of protein, not less	5.4	5.4	5.4
Methionine, % of protein, not less	2.0	2.0	2.0
Phosphorus %, not less	1.2	1.2	1.2
Gross energy, not less, MJ / kg	20.0	20.0	21.2
Vitamin E, mg/kg, not less	200	200	200
Vitamin C, mg/kg, not less	300	300	400

**Conclusions.** The current state of fish farming and the relevance of the production of compound feed for sturgeon fish have been investigated. In recent years, the new sturgeon farms have been opened in Ukraine. The increase in sturgeon cultivation is partly due to the use of the highly efficient foreign-made compound feeds. In Ukraine, for the effective development of aquaculture, it is necessary to pay close attention to the efficiency and quality of compound feed. Unfortunately, the quality and nutritional value of domestic compound feeds are inferior to foreign ones due to the use of outdated requirements and programs for years of valuable fish species.

The article analyzes the physical properties of compound feed for sturgeon fish and the peculiarities of the formulation of foreign manufacturers. The need of sturgeon fish in micro- and microelements, vitamins is shown. The analysis of existing feeding programs BioMar and Aller Aqua was carried out. Based on the analysis, we have developed our own sturgeon feeding program. The developed sturgeon feeding program will divide the period of fish development into initial, growth and final periods and meets the needs of sturgeon fish according to the latest recommendations.

**List of sources used**

1. GLOBEFISH — Information and Analysis on World Fish Trade (2020). Available at: <https://www.fao.org/in-action/globefish/fishery-information/resource-detail/en/c/338772/> (Accessed 11 November 2021).
2. Держрибагентство: 12,4 кг риби на одну особу — так споживали у 2020 році Українці рибну продукцію (2020). Available at: <https://www.kmu.gov.ua/news/derzhribagentstvo-124-kg-ribi-na-odnu-osobu-tak-spozhyvali-u-2020-roci-ukrayinci-ribnu-produkciu> (Accessed 11 November 2021).
3. Annual aquafeed sales rise 4 percent (2020). Available at: <https://thefishsite.com/articles/annual-aquafeed-sales-rise-4-percent> (Accessed 11 November 2021).
4. Analyzing aquaculture through Alltech's Global Feed Survey (2019) Available at: <https://www.globalseafood.org/advocate/analyzing-aquaculture-through-alltechs-global-feed-survey/> (Accessed 11 November 2021).
5. Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) — Economic Report of the EU Aquaculture sector (STECF-18-19). Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-79402-5, doi:10.2760/45076, JRC114801).
6. Огляд виробництва продукції аквакультури в Україні за даними статистичної форми 1а-риба (річна) за 2019 рік (2020). Available at: [https://darg.gov.ua/files/15/04\\_22\\_akva2.pdf](https://darg.gov.ua/files/15/04_22_akva2.pdf). (Accessed 11 November 2021).
7. Стан розвитку рибництва в Україні. (2018). Available at: <http://apkck.gov.ua/?page=post&id=1414>. (Accessed 11 November 2021).
8. Україна збільшила імпорт дешевої китайської ікри (2018). Available at: <https://news.agro-center.com.ua/agri-policy/ukraina-zbilshila-import-deshevoi-kitajskoi-ikri.html#XJONbSgzZPa>. (Accessed 9 November 2021).
9. Шкарупа О.В. Современное состояние рыбной отрасли в Украине / О. В. Шкарупа, В. Ф. Пличко, А. В. Кожушко // Рыбогосподарська наука України. — 2010. — № 4. — С. 30–36.
10. Troell, M. et al. Does aquaculture add resilience to the global food system? Proc. Natl Acad. Sci. USA 111, 13257–13263 (2014).
11. Tacon A.G.J. Trends in global aquaculture and aquafeed production: 1984-1996 highlights. In : Brufau J. (ed.), Tacon A. (ed.). Feed manufacturing in the Mediterranean region: Recent advances in research and technology. Zaragoza : CINEAM, 1999. p. 107–122 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 37)
12. R. Billard, G. Lecointre Biology and conservation of sturgeon and paddlefish Rev Fish Biol Fish, 10 (2001), pp. 355–392.
13. V.J. Birstein. Sturgeons and paddlefishes: threatened fishes in need of conservation Cons Biol, 7 (1993), pp. 773–786.
14. S.H. Lee, Y.C. Wang, S.S.O. Hung, A.B. Strathe, N.A. Fangue, J.G. Fadel Development of optimum feeding rate model for white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) Aquaculture, 433 (2014), pp. 411-420
15. Єгоров Б.В. Технологія виробництва комбікормів. — Одеса: Друкарський дім, 2011. — 448 с.



16. Скляр, В.Я. Справочник по кормлению рыб [Текст] / В.Я. Скляр, Е.А. Гамыгин, Л.П. Рыжков. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 120 с.
17. Steffens, W. Principles of fish nutrition [Text] / W. Steffens. — England: Chichester, 1989. — 384 p.
18. Silas S.O. Hung Recent advances in sturgeon nutrition *Animal Nutrition* Volume 3, Issue 3, September 2017, Pages 191-204. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.05.005>.
19. NRC (National Research Council) Nutrient requirements of fish and shrimp The National Academy Press (2011).
20. Product ranges. Available at: <https://www.biomar.com/en/denmark/product-and-species/sturgeon/>. (Accessed 1 November 2020).
21. Special feed for sturgeons. Available at: <https://www.likra.com/en/fish-feed/special-feed/sturgeon/>. (Accessed 1 November 2020).
22. Recommended feed programme. Available at: <https://www.aller-aqua.com/species/warm-freshwater-species/sturgeon>. (Accessed 1 November 2020).

### Information about the authors

*Liudmyla Fihurska* — Ph.D. (Technical Sciences), Associate Professor of the Department of Grain and Compound Feed Technology, Odesa National Technological University, Ukraine, Odesa, st. Kanatnaya b 112. E-mail: [fihursta@gmail.com](mailto:fihursta@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-5555-6888>

*Iлона Чернега* — Ph.D. (Technical Sciences), Associate Professor of the Department of Grain and Compound Feed Technology, Odesa National Technological University, Ukraine, Odesa, st. Kanatnaya b 112. E-mail: [ilonamalaki@gmail.com](mailto:ilonamalaki@gmail.com), [orcid 0000-0002-9507-8489](https://orcid.org/0000-0002-9507-8489)

*Oleksandr Tsiundyk* — Ph.D. (Technical Sciences), Senior Lecturer of the Department of Grain and Compound Feed Technology, Odesa National Technological University, Ukraine, Odesa, st. Kanatnaya b 112. E-mail: [malik2008ts@gmail.com](mailto:malik2008ts@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-1846-3110>

*Margarita Yakushkina* — Master degree student, Faculty of Grain and Grain Business, Odesa National Technological University, Ukraine, Odesa, st. Kanatnaya b 112. E-mail: [margo4ka96@gmail.com](mailto:margo4ka96@gmail.com)

## Правила для авторов

*Редакция сборника научных трудов «Вопросы рыбного хозяйства» просит авторов руководствоваться приведенными ниже правилами.*

I. Статьи о результатах работ, проведенных в научных учреждениях, должны иметь разрешение на опубликование (сопроводительное письмо ректората или дирекции соответствующего института либо выписку из протокола заседания ученого совета, отдела или кафедры, а также акт экспертизы).

II. Статья предоставляется в редакцию в двух экземплярах на белорусском, русском или английском языках; шрифт — Times New Roman, кегль — 11; межстрочный интервал — 1,5. В тексте не допускаются рукописные вставки и вклейки. Статья должна быть подписана всеми авторами. Приветствуются публикации статей на английском языке как белорусских авторов, так и из других стран, а также в соавторстве с представителями зарубежных научных центров.

III. Статья должна иметь следующую структуру:

1. Индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК);

- ♦ инициалы и фамилии авторов;
- ♦ полное наименование учреждений, где работают авторы, с указанием города и страны;
- ♦ название статьи.

2. Аннотация (авторское резюме) объемом 150–250 слов должна кратко представлять результаты работы и быть понятной, в том числе и в отрыве от основного текста статьи; должна быть информативной, хорошо структурированной (один из вариантов написания аннотации — краткое повторение структуры статьи, включающее введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение или выводы).

3. Ключевые слова — набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования; рекомендуемое количество ключевых слов 5–10.

4. Затем метатекстовые данные (все то, что предшествует основному тексту статьи) приводятся *на английском языке*, причем аннотация должна быть оригинальной (т. е. не являться дословным переводом русскоязычной (белорусскоязычной) аннотации). Если статья англоязычная — вышеуказанные данные приводятся на русском (белорусском) языке.

5. Основной текст статьи должен составлять 10–16 с. (т. е. 14 тыс. знаков); в этот объем также входят таблицы и рисунки, общее число



которых не должно превышать 10. Изложенный материал должен быть четко структурированным: введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение (выводы). Во введении рекомендуется приводить развернутый или краткий обзор новейших мировых достижений по заявленной тематике, опубликованных в изданиях, индексируемых в международных базах данных, таких как Scopus, Web of Science, со ссылками на них в списке использованных источников, а также указывать на оригинальность исследования. В русско- и белорусскоязычных статьях подрисуночные подписи следует делать на двух языках – *русском (белорусском)* и *английском*, надписи на самих иллюстрациях рекомендуется переводить.

6. Список использованных источников на русском (белорусском) языке оформляется в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь (ГОСТ 7.1-2003). Цитируемая литература приводится общим списком по мере упоминания, ссылки в тексте даются порядковым номером в квадратных скобках (напр., [1]); ссылки на неопубликованные работы не допускаются).

7. Затем приводится список цитированных источников *в романском алфавите* («References») со следующей структурой: авторы (транслитерация), название статьи в транслитерированном варианте [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках], название русскоязычного источника (транслитерация) [перевод названия источника на английский язык], выходные данные с обозначениями на английском языке. Транслитерация русскоязычных названий выполняется согласно стандарту BSI (<https://translit.net/ru/bsi>).

Примеры подготовлены по материалам методических рекомендаций «Редакционная подготовка научных журналов для включения в зарубежные индексы цитирования» О. В. Кирилловой ([http://elsevierscience.ru/files/kirillova\\_editorial.pdf](http://elsevierscience.ru/files/kirillova_editorial.pdf)).

♦ **Статьи из журналов:**

Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timonov A.V., Kardymon D.V. Tekhniko-ekonomicheskaya optimizatsiya dizaina gidrorazryva plasta [*Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing*]. Neftyanoe khozyaistvo = Oil Industry, 2008, no.11, pp. 54-57 (in Russian).

♦ **Описание статьи из электронного источника:**

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. *Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange.*



Journal of Computer-Mediated Communication, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

- ♦ **Описание статьи с DOI (DOI указывается в обоих списках источников):**

Zhang Z., Zhu D. *Experimental research on the localized electrochemical micromachining. Russian Journal of Electrochemistry*, 2008, vol. 44, no. 8, pp. 926-930. <https://doi.org/10.1134/S1023193508080077>.

- ♦ **Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов):**

Astakhov M. V., Tagantsev T. V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii «stal'-kompozit» [*Experimental study of the strength of joints "steel-composite"*]. Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem» [*Proc. of the Bauman MSTU "Mathematical Modeling of Complex Technical Systems"*], 2006, no. 593, pp. 125-130 (in Russian).

- ♦ **Описание материалов конференций:**

Usmanov T. S., Gusmanov A. A., Mullagalin I. Z., Muhametshina R. Ju., Chervyakova A. N., Sveshnikov A. V. Osobennosti proektirovaniya razrabotki mestorozhdeniy s primeneniem gidrorazryva plasta [*Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing*]. Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi" [*Proc. 6th Int. Symp. "New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact"*]. Moscow, 2007, pp. 267-272 (in Russian).

- ♦ **Описание книги (монографии, сборники):**

Izvekov V. I., Serikhin N. A., Abramov A. I. Proektirovanie turbogeneratorov [*Design of turbo-generators*]. Moscow, MEI Publ., 2005, 440 p. (in Russian).

- ♦ **Описание Интернет-ресурса:**

APA Style (2011). Available at: <http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx> (accessed 5 February 2011).

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (*Rules for the Citing of Sources*) Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2011) (in Russian).

- ♦ **Описание диссертации или автореферата диссертации:**

Semenov V. I. Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktny tor. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [*Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.*]. Moscow, 2003. 272 p.

- ♦ **Нерецензируемые источники (ГОСТ, СТБ, патенты, авторские свидетельства, законодательные акты и т. д.) вносятся в основной текст в круглых скобках либо приводятся в виде подстрочных ссылок.**



8. Если присутствует информация о финансировании (поддержке грантами проектов и т. п.), ее следует давать на русском (белорусском) и английском языках под заголовками «Благодарности» («Падзякі») и «Acknowledgements».

IV. В конце статьи приводится информация об авторах *на русском и английском языках*. Для каждого автора следует указать фамилию, имя и отчество (полностью), звание, ученую степень, должность, место работы с указанием адреса, контактную информацию (e-mail, ORCID, телефоны).

V. Электронный вариант статьи предоставляется на электронном носителе или присылается по электронной почте в редакцию журнала — domryb@tut.by. Текст должен быть набран в Word под Windows, формулы — в редакторе MathType. Собственным редактором формул версий Microsoft Office 2007 и выше пользоваться нельзя, так как в редакционно-издательском процессе он не поддерживается. Вставку символов выполнять через меню «Вставка\Символ». Выключку вверх и вниз ( $C^2$ ,  $C_4$ ) выполнять через меню «Формат\Шрифт\Верхний индекс», «Формат\Шрифт\Нижний индекс». Латинские буквы необходимо набирать *курсивом*, греческие — прямо (для набора греческих символов следует пользоваться гарнитурой Symbol). Обозначения математических функций (lim, sup, ln, sin, Re, Im и т. п.), символы химических элементов (N, Cl) также набираются прямым шрифтом.

VI. Черно-белые и цветные рисунки вставляются в текст статьи (Word), а также даются в виде отдельных файлов в формате jpg (600 точек на дюйм). Желательно также предоставлять их в формате оригинала (Corel, диаграммы в Excel, Origin Pro и т. д.), т. е. в той программе, в которой они выполнены. Текст на рисунках набирается основной гарнитурой, причем начертание символов (греческое, латинское) должно соответствовать их начертанию в тексте. Размер кегля соизмерим с размером рисунка (желательно 8 пунктов). Фотографии предоставляются в виде файлов (tif, jpg, png, eps).

VII. Поступившая в редакцию статья направляется на рецензию, затем визируется членом редколлегии. Основным критерием целесообразности публикации является новизна и информативность статьи. Если по рекомендации рецензента статья возвращается автору на доработку, то переработанная рукопись вновь рассматривается редколлегией. Статьи не по профилю журнала возвращаются авторам после заключения редколлегии.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## ВОПРОСЫ СЕЛЕКЦИИ И ГЕНЕТИКИ

1. Васильева Л.М., Магзанова Д.К., Судакова Н.В., Анохина А.З.,  
Гуцуляк С.А. Репродуктивная функция самок осетровых рыб  
естественной и искусственной генерации ..... 8
2. Сергеева Т.А., Крук А.Ю., Савичева Е.А., Войтюк Т.Ф., Книга М.В.,  
Орлов И.А., Вишневская О.Н., Красовский С.А. Сравнительная  
характеристика биохимического состава тела сеголетков и годовиков  
карпа различной породной принадлежности из белорусского  
коллекционного стада ..... 34
3. Сергеева Т.А., Орлов И.А., Савичева Е.А., Войтюк Т.Ф., Книга М.В.,  
Крук А.Ю., Красовский С.А., Вишневская О.Н., Таразевич Е.В.  
Сравнительная характеристика биохимического состава тела сеголетков  
и годовиков амурского сазана из белорусского коллекционного стада ..... 51

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЫБОВОДСТВА

4. Агеец В.Ю., Кошак Ж.В., Гадлевская Н.Н., Русина А.Н., Зенович Н.В.,  
Рыбкина Е.Е., Кохович А.Г. Оценка эффективности использования  
нетрадиционных видов сырья в комбикормах для рыб ..... 74
5. Агеец В.Ю., Пантелей С.Н., Сенникова В.Д., Хомич А.С., Кравцова Ю.И.,  
Исаенко М.Н. Результаты экспериментов по определению возможности  
воспроизводства язя (*Leuciscus idus*), получения посадочного материала  
в условиях прудовых хозяйств Беларуси ..... 95
6. Агеец В.Ю., Таврыкина О.М., Воронова Г.П., Литвинова А.Г., Ракач С.И.  
Эффективность выращивания товарной рыбы в прудах с использованием  
приемов малозатратного производства ..... 115
7. Пантелей С.Н., Сенникова В.Д., Наумова Г.В., Жмакова Н.А.,  
Максенко А.А. Побочные продукты производства гуминовых препаратов  
на основе торфа и оценка эффективности их использования в прудовом  
рыбоводстве ..... 127
8. Пантелей С.Н., Сенникова В.Д., Хомич А.С. Разработка  
оптимизированных к процессу выращивания щуки мелиоративных  
приёмов, видового и количественного состава поликультуры  
(промежуточные результаты) ..... 146



## АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОДОЁМОВ

9. Агеец В.Ю., Полоз С.В., Шутова А.Г., Дегтярик С.М., Максимьюк Е.В., Говор Т.А., Слободницкая Г.В., Марцуль О.Н. Использование эфирных масел и их композиций как важный аспект экологизации технологии выращивания объектов аквакультуры ..... 158
10. Костоусов В.Г., Прищепов Г.П., Попиначенко Т.И. Оценка состояния популяций рыб ихтиофагов и методы поддержания их ресурсов на примере национального парка «Браславские озера» ..... 178
11. Костоусов В.Г., Попиначенко Т.И., Сенникова В.Д., Апсолихова О.Д. Фитопланктон рекреационных и городских водоемов г. Минска ..... 201
12. Полетаев А.С., Гайдученко Е.С., Ризевский В.К., Лещенко А.В. Биологическая характеристика карася серебряного озера Червоное ..... 215
13. Таврыкина О.М., Литвинова А.Г. Изучение аквапонных систем как инновационного направления развития рыбоводства (литературный обзор) ..... 229
14. Таврыкина О.М., Литвинова А.Г., Воронова Г.П., Ракач С.И. Влияние применения комплекса удобрений на развитие кормовой базы прудов при выращивании товарной рыбы ..... 249

## УСТОЙЧИВОСТЬ ГИДРОБИОНТОВ И КОНТРОЛЬ НАД ПАТОГЕНАМИ

15. Агеец В.Ю., Сергеева Т.А., Савичева Е.А., Книга М.В., Войтюк Т.Ф., Крук А.Ю., Кралько С.В., Орлов И.А., Красовский С.А. Физиолого-биохимические показатели сеголетков и годовиков карпа разной породной принадлежности из коллекционного стада..... 266
16. Бычкова Е.И., Якович М.М., Дегтярик С.М. Гельминтофауна карпа обыкновенного (*carpio* (Linnaeus, 1758) в прудовых хозяйствах и естественных водоемах Беларуси ..... 278
17. Дегтярик С.М., Полоз С.В., Беспалый А.В., Слободницкая Г.В. Способ повышения устойчивости и оздоровления рыб от гельминтов... 295
18. Дегтярик С.М., Полоз С.В., Шутова А.Г., Слободницкая Г.В., Гребнева Е.И., Максимьюк Е.В., Говор Т.А., Беспалый А.В. Антимикробные свойства растительных эфирных масел и их композиций в отношении возбудителей болезней рыб – микроорганизмов рр. *Aeromonas* и *Proteus*... 305
19. Кошак Ж.В., Гадлевская Н.Н., Русина А.Н., Зенович Н.В., Рыбкина Е.Е., Кохович А.Г. Новые ферментные препараты в комбикормах для карпа ..... 325
20. Кошак Ж.В., Гадлевская Н.Н., Русина А.Н., Зенович Н.В., Рыбкина Е.Е., Кохович А.Г. Гуминовые препараты в составе лечебно-профилактических комбикормов для осетровых рыб ..... 341
21. Fihurska L., Chernega I., Tsiundyk O., Yakushkina M. Development of the sturgeon feeding program in Ukraine ..... 357

# CONTENTS

## SELECTION ISSUES AND GENETICS

1. **Vasilyeva L.M., Magzanova D.K., Sudakova N.V., Anokhina A.Z., Gutsulyak S.A.** Reproductive function of female sturgeon fish of natural and artificial generation ..... 8
2. **Sergeeva T.A., Kruk A.YU., Savicheva E.A., Voytyuk T.F., Kniga, Orlov I. A., Vishnevskaya O.N., Krasovskij S.A.** Comparative characteristics of the biochemical composition of the body of underyearlings and yearlings of carp of different breeds from the belarusian collection.....34
3. **Sergeeva T.A., Orlov I.A., Savicheva E.A., Voytyuk T.F., Kniga M.V., Kruk A.Yu., Krasovskij S.A., Vishneuskaya O.N., Tarazevich E.V.** Comparative characteristics of the biochemical composition of the body of fingerlings and yearlings of the amur carp from the belarusian collection herd..... 51

## TECHNOLOGICAL ASPECTS OF FISH FARMING

4. **Aheyets V.Yu., Koshak J.V., Hadlevskaya N.N., Rusina A.N., Zenovich N.V., Rybkina E.E., Kohovich A.G.** Evaluation of the efficiency of use of unconventional kinds of raw materials in combine feeds for fish.....74
5. **Aheyets V.Yu., Panteley S.N., Sennikova V.D., Homich A.S., Kravtsova J.I., Isaenko M.N.** Results of experiments to determine the possibility of reproduction of ide (*Leuciscus idus*), obtaining planting material in the conditions of pond farms in Belarus .....95
6. **Aheyets V.Yu., Tavrykina O.M., Voronova G.P., Litvinova A.G., Rakach S.I.** Efficiency of growing commercial fish in ponds using low-cost production techniques..... 115
7. **Panteley S.N., Sennikova V.D., Naumova G.V., Zhmakova N.A., Makeenko A.A.** By-products of humic preparations production on the peat basis and efficiency evaluation of their use in pond fishing..... 127
8. **Panteley S.N., Sennikova V.D., Homich A.S.** Development of reclamation techniques optimized for the process of pike cultivation, species and quantitative composition of polyculture (intermediate results)... 146

## ASPECTS OF THE ECOLOGY OF INLAND RESERVOIRS

9. **Aheyets V.Yu., Polaz S., Shutava H., Dziahtsiaryk S., Maksimyyuk Y., Hovar T., Slabodnitskaya H., Martsul V.** The use of essential oils and their compositions as an important aspect of greening the technology of growing aquaculture objects ..... 158



<b>10. Kostousov V.G., Prischepov G.P., Popinachenko T.I.</b> Assessment of the state of fish populations ichthyophages and methods of maintenance of their resources on the example of the national park “Braslav lakes” .....	178
<b>11. Kostousov V.G., Popinachenko T. I., Sennikova V.D., Apsolikhova O.D.</b> Phytoplankton of recreation and urban water waters in Minsk .....	201
<b>12. Poletaev A.S., Gajduchenko H.S., Rizevsky V.K., Leschenko A.V.</b> Biological features of the chervonoe lake Goldfish .....	215
<b>13. Tavrykina O.M., Litvinova A.G.</b> Studying of aquaponic systems as innovative direction of fisheries development (literature review) .....	229
<b>14. Tavrykina O.M., Litvinova A.G., Voronova G.P., Rakach S.I.</b> Influence of a complex of fertilizers application on the development of the fodder base of ponds for growing marketable fish .....	249

#### THE RESISTANCE OF HIDROBIONTES AND CONTROL OF PATOGENS

<b>15. Ahejets V.Yu., Sergeeva T.A., Savicheva E.A., Kniga M.V., Voytyuk T. F., Kruk A.Yu., Kralko S.V., Orlov I.A., Krasovskij S.A.</b> Physiological and biochemical indicators of fingerlings and yearlings of carp of different breeds from the collection herd .....	266
<b>16. Bychkova E.I., Yakovich M.M., Dziahtsiaryk S.M.</b> Helminth fauna of the common carp ( <i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758) from fish farms and natural reservoirs of Belarus .....	278
<b>17. Dziahtsiaryk S., Polaz S., Biaspaly A., Slabodnitskaya H.</b> Method for increasing the resistant and healthy of fish against helminthes .....	295
<b>18. Dziahtsiaryk S., Polaz S., Shutava H., Slabodnitskaya H., Hrebneva A., Maksimyuk Y., Hovar T., Biaspaly A.</b> Antimicrobial properties of essential oils of plants and their compositions against bacterial pathogens of fish diseases <i>Aeromonas</i> and <i>Proteus</i> .....	305
<b>19. Koshak J.V., Gadlevskaya N.N., Rusina A.N., Zenovich N.V., Rybkina E.E., Kohovich A.G.</b> New enzyme preparations in mixed fodders for carp .....	325
<b>20. Koshak J.V., Hadlevskaya N.N., Rusina A.N., Zenovich N.V., Rybkina E.E., Kohovich A.G.</b> Humic preparations in the composition of therapeutic and prophylactic feeds for sturgeon fish.....	341
<b>21. Фигурская Л.В., Чернега И.С., Цюндик А.Г., Якушкина М.В.</b> Разработка программы кормления осетровых в Украине .....	357

Научное издание

# **ВОПРОСЫ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛАРУСИ**

*Сборник научных трудов  
(включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь  
для опубликования результатов диссертационных исследований)*

Основан в 1957 году

*Редакция не несет ответственности  
за возможные неточности по вине авторов*

## **Выпуск 37**

Компьютерная верстка *А. В. Засулевич*

Подписано в печать 26.12.2021. Формат 60×90/16.  
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 21,97.  
Уч.-изд. л. 20,34. Тираж 100 экз. Заказ № 16.

Республиканское унитарное предприятие  
«Информационно-вычислительный центр  
Министерства финансов Республики Беларусь».  
Свидетельства о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/161 от 27.01.2014, № 2/41 от 29.01.2014.  
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.