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 39

Посвящен 65-летию РУП «Институт рыбного хозяйства»
и 95-летию рыбохозяйственной науки в Республике Беларусь

Минск
«ИВЦ Минфина»
2023

УДК 639.2/.6(476)(082)

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.;*

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

© РУП «Институт рыбного хозяйства», 2023
© Оформление.
УП «ИВЦ Минфина», 2023



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

39th issue

Dedicated to the 65th anniversary of RUE "Institute of Fisheries" and the 95th anniversary of fisheries science in the Republic of Belarus

Minsk
"IVC Minfina"
2023

UDC 639.2/.6(476)(082)

The scientific materials of ichthyological, piscicultural and hydrobiological research conducted in Republic of Belarus on over regions are published in the collection. 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*

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 *Vitaliy Semenchenko*

© RUE «Fish Industry Institute», 2023
© Registration. UE «IVC Minfina», 2023

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 — доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры 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, 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, 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"

Editorial Board

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)

УДК 639.3.07.:639.2.052.2

Поступила в редакцию 01.06.2023
Received 01.06.2023

В.Ю. Агеец[1], В.Г. Костоусов[1], О.Н. Марцуль[1] Д.С. Макеев[2]

[1]РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Республика Беларусь
[2]ГО «Белводхоз», Минск, Республика Беларусь

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. Представлены и проанализированы результаты производства рыбы в аквакультуре и вылова объектов рыболовства в рыболовных угодьях за 2022 год. Отмечено, что аквакультура (прудовая и индустриальная) остается основным источником получения пищевой и технической продукции во внутренних водоемах страны, тогда как рыболовство является дополнительным направлением производства и направлено на использование имеющихся природных ресурсов. Отмечено, что рыбоводством (товарным и рекреационным) за рассматриваемый период времени занимались 15 специализированных прудовых рыбоводных хозяйств, 380 арендатора прудов и обводненных карьеров, используемых для рыбоводства, а также 11 субъектов хозяйствования, занимающихся индустриальным рыбоводством. Кроме того, 76 арендаторов и пользователей рыболовных угодий занимаются промысловым ловом рыбы и/или организацией платного любительского рыболовства, 11 субъектов хозяйствования ведут заготовку промысловых беспозвоночных — пресноводных раков. Общий объем производства рыбы в 2022 г. составил 12,66 тыс. т, в том числе промысловый улов (производство товарной продукции) — 8,133 тыс. т. Подавляющий объем производства товарной рыбы приходится на аквакультуру — 7,637 тыс. т.

Ключевые слова: аквакультура, прудовое и индустриальное рыбоводство, рыболовство, рыболовные угодья, объемы и структура производства

Uladzimir Yu. Aheyets[1], Vladimir G. Kostousov[1], Olga N. Martsul[1], Dmitry S. Makeev[2]

[1]RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry", Minsk, Republic of Belarus
[2]GO "Belvodhoz", Minsk, Republic of Belarus

FISHERIES MANAGEMENT IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. The results of fish production in aquaculture and the catch of fishing objects in fishing grounds for 2022 are presented and analyzed. It is

noted that aquaculture (pond and industrial) remains the main source of food and technical products in the inland waters of the country, while fishing is an additional direction of production and is aimed at using available natural resources. It is noted that 15 specialized pond fish farms, 380 tenants of ponds and watered quarries used for fish farming, as well as 11 business entities engaged in industrial fish farming were engaged in fish farming (commercial and recreational) during the period under review. In addition, 76 tenants and users of fishing grounds are engaged in commercial fishing and/or the organization of paid amateur fishing, 11 business entities are harvesting commercial invertebrates — freshwater crayfish. Total fish production in 2022 it amounted to 12.66 thousand tons, including commercial catch (production of commercial products) — 8,133 thousand tons. The overwhelming volume of production of commercial fish falls on aquaculture — 7,637 thousand tons.

Keywords: aquaculture, pond and industrial fish farming, fishing, fishing grounds, production volumes and structure

Введение. Рыбное хозяйство Республики Беларусь представлено двумя основными направлениями: аквакультура (рыбоводство) — выращивание товарной рыбы в искусственных условиях и ведение рыболовного хозяйства (рыболовство) — получение товарной продукции за счет вылова из естественных рыболовных угодий. Технологические приемы ведения аквакультуры принципиально отличаются от приемов животноводства и растениеводства, и, прежде всего тем, что позволяют с большей эффективностью использовать первичные звенья продукционной цепи. Потенциальные объемы производства товарной рыбы определяются состоянием производственной базы (прудов, бассейнов, садковых линий), обеспеченностью рыбоводных организаций необходимыми кормами, препаратами и посадочным материалом, кредитными финансовыми ресурсами на их приобретение, а также и складывающимися природно-климатическими факторами, определяющими обеспеченность прудовых хозяйств по залитию прудовых площадей и сумму тепла в период нагула массы. Дальнейшее наращивание объемов производства относительно достигнутого уровня лимитируется преимущественно состоянием производственных мощностей и необходимыми затратами материальных и финансовых ресурсов. Технологические приемы ведения рыболовства базируются на принципах рационального (устойчивое) использования водных биологических ресурсов, по причине чего наращивание объемов производства лимитируется количеством площадей, переданных в аренду для ведения рыболовного хозяйства (количеством арендаторов рыболовных угодий)

и имеющимися ресурсами рыб, обитающих в состоянии естественной свободы.

Для более полного обеспечения населения Республики Беларусь рыбой и рыбопродуктами была разработана Министерством сельского хозяйства и продовольствия и утверждена Советом Министров Республики Беларусь (постановление СМ РБ от 1 февраля 2021 года № 59) Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы, включающая ряд подпрограмм, в том числе Подпрограмма 5 «Развитие рыбохозяйственной деятельности». Документами предусмотрен рост объемов производства рыб в Беларуси к 2025 г. до 17,68 тыс. т, в том числе 16,55 тыс. т за счет аквакультуры и 1,13 тыс. т за счет вылова в рыболовных угодьях [1]. Фактически в 2022 г. произведено (выращено в искусственных условиях и выловлено в рыболовных угодьях) 12,66 тыс. т, в том числе товарной 8132,9 т рыбы (в 2021 г. — 9487,7 т), из них продукция рыбоводства составила 93,9 %, продукция рыболовства — 6,1 % (рис.1) [2]. Исходя их этого, можно констатировать, что рыбоводство (аквакультура) было и остается основным источником поступления на рынок Беларуси пищевой пресноводной рыбы собственного производства.

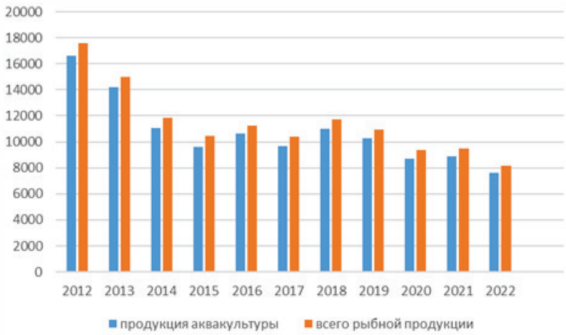


Рис. 1. Производство товарной рыбы в Республике Беларусь, т
Fig. 1. Production of commercial fish in the Republic of Belarus, tons

Производственная база. К настоящему времени рыбохозяйственной деятельностью в РБ занимается около 500 юридических и физических лиц, в том числе 15 специализированных прудовых рыбоводных хозяйства республиканской и коммунальной форм собственности, 392 арендатора приспособленных прудов и обводненных карьеров для це-

лей рыбоводства и предприятий сельскохозяйственного профиля, имеющих на балансе пруды для рыбоводства, а также 72 арендатора и 6 пользователей рыболовных угодий, осуществляющих промысловый лов рыбы и организацию платного любительского рыболовства [3, 4].

На начало 2022 г. прудовый фонд составлял 21,12 тыс. га, в том числе нагульных прудов 14,82 тыс. га, выростных — 5,10 тыс. га, прудов комплексного назначения — 1,19 тыс. га. Прудовым рыбоводством как основным видом деятельности в настоящее время занимается 11 специализированных рыбоводных хозяйств в системе Министерства сельского хозяйства и продовольствия, а также 4 специализированных рыбоводных хозяйств коммунальной формы собственности. Фактически, используемая для получения товарной продукции площадь прудов меньше, поскольку к концу 2021 г. уже четыре прудовых рыбоводных хозяйства (рыбхозы «Красная Зорька», «Соколово», «Навлица» и «Новолукомльский») прекратили производственную деятельность по причине экономической несостоятельности. Помимо специализированных рыбхозов, прудовым рыбоводством на правах аренды приспособленных прудов занимаются различные юридические лица (фермеры, индивидуальные предприниматели и др.). В пользование этой категории производителей передано 687 приспособленных прудов и обводненных карьеров, общей площадью более 7,5 тыс. га (табл. 1) [3].

Таблица 1. **Аренда прудов и обводненных карьеров для целей рыбоводства в 2022 г.**
Table 1. **Lease of ponds and watered quarries for fish farming purposes in 2022**

Область	Число арендаторов	Количество водных объектов в аренде, ед.	Площадь арендуемых водоемов, га
Брестская	55	95	1407,24
Витебская	24	32	349,16
Гомельская	54	58	1150,21
Гродненская	58	282	2107,11
Минская	108	108	1198,06
Могилевская	81	112	1301,96
Итого	380	687	7513,73

Индустриальным рыбоводством занимаются государственные рыбоводные организации, фермерские хозяйства и общества, общее число индустриальных хозяйств, продолжавших свою деятельность в 2022 г., составило 11, в том числе по областям:

- Брестская — 2;
- Гродненская — 2;
- Минская — 5;
- Могилевская — 2[1].

Помимо перечисленных индустриальных хозяйств, к 2021 г. прекратили производство товарной рыбы одно хозяйство в Витебской обл. (форелевый участок «Богушевский» Лиозненского ПМС) и одно хозяйство в Гродненской обл. (ООО «Просома»).

Таким образом, на начало 2022 г. для выращивания рыбной продукции собственного производства было пригодно не более 19,9 тыс. га выростных и нагульных прудов рыбоводных хозяйств, до 7,5 тыс. га приспособленных прудов и обводненных карьеров и 3,6 тыс. м^2 садков и бассейнов индустриальных комплексов. Для целей рыболовного хозяйства (промысловое рыболовство и/или организация платного любительского рыболовства) передано в аренду (на основании решений исполкомов) и пользование (по распоряжению Президента Республики Беларусь от 17 июня 2019 года № 107рп «О предоставлении охотничьих и рыболовных угодий») 135 поверхностных водных объектов (озера, водохранилища, пруды без учета неустановленного числа придаточных водоемов в поймах рек) общей площадью 67143,3 га, а также 530,3 км участков рек и каналов [4].

Производство продукции аквакультуры. Аквакультура как разведение и выращивание гидробионтов в искусственной среде, в республике Беларусь получила развитие в виде прудового и индустриального рыбоводства. Выращивание других водных объектов (водоросли, беспозвоночные, земноводные и другие околоводные животные) носит экспериментальный характер либо не практикуется. Всего в 2022 г. в искусственных условиях получено 7635,7 т товарной продукции рыб (в 2021 г. — 8904,5 т) [2], из них 7345,35 т (96,2 %) составил вылов рыбы, выращенной в прудах

[1] В состав ОАО «Форелевое хозяйство «Лохва» включены в качестве производственных участков ранее самостоятельные хозяйства «Вишов», «Лохва», «Высокое» и выростной комплекс БГСХА различных категорий и 290,35 т (3,8 %) — вылов рыбы, выращенной в индустриальных условиях (садки, бассейны, рециркуляционные установки). Таким образом, прудовое рыбоводство сохраняет лидирующие позиции в производстве продукции аквакультуры. Индустриальное рыбоводство, не смотря на его усиленное развитие в последние 10 лет, не может пока конкурировать с прудовым ни в объемах производства, на в объемах реализации в денежном выражении (табл. 2) [5].

Таблица 2. **Статистические показатели производства по разделу «Рыболовство и рыбоводство» [2, 5]**
Table 2. **Statistical indicators of production under the section "Fishing and fish farming" [2, 5]**

Наименование показателя	Единица измерения	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Улов рыбы, всего	тонн	22 701,1	19 910,4	18 118,1	18 994,1	18 111,4	19 659,1	17 614,1	14 960,2	14 634,1	12,66
промысловый улов	тонн	15 001,9	11 923,6	10 410,9	11 251,3	10 370,2	11 717,9	10 962,1	9 366,4	9 487,7	8 132,9
в том числе:											
в естественных водоемах	тонн	823,4	760,6	870,7	639,8	725,6	731,0	668,1	669,6	583,2	497,2
в искусственных водоемах	тонн	14 178,5	11 163,0	9 540,2	10 611,5	9 644,6	10 986,9	10 294,0	8 696,8	8 904,5	7 635,7
из него по видам:											
карп	тонн	9 879,1	7 210,9	6 454,8	7 888,4	7 343,1	8 164,0	7 559,9	6 227,8	6 327,7	4 990,7
толстолобик	тонн	1 869,9	1 876,9	1 271,0	541,0	329,3	476,3	727,0	857,8	932,3	951,0
лососевые	тонн	54,7	78,6	79,1	338,6	284,4	459,5	372,5	240,6	126,5	254,8
любительский улов рыбы	тонн	7 699,2	7 986,8	7 707,2	7 742,8	7 741,2	7 941,2	6 652,0	5 593,8	5 146,4	-
Реализация рыбы - всего	тонн	12 912,6	10 507,4	9 448,8	9 006,1	9 595,1	8 981,2	9 771,4	8 709,4	8 289,1	7 621,6
в том числе выловленной:											
в естественных водоемах	тонн	806,1	762,2	857,9	635,1	717,5	683,5	614,5	628,6	544,8	460,3

в искусственных водоемах	тонн	12 106,5	9 745,2	8 590,9	8 371,0	8 877,6	8 297,7	9 156,9	8 080,8	7 744,3	7 161,3
из него по видам:											
карп	тонн	9 202,5	7 185,3	5 857,0	6 025,0	7 040,8	6 560,4	7 316,5	6 420,7	6 018,3	5 160,6
толстолобик	тонн	1 235,6	1 171,3	1 433,1	758,3	415,4	345,5	459,8	625,2	635,6	921,4
лососевые	тонн	52,5	49,7	76,4	337,4	282,2	459,7	373,1	241,5	126,5	254,8
Реализация рыбы – всего	млн. руб.*	277,3	257,9	276,1	31,9	34,5	33,2	35,9	34,5	39,6	42, 03
в том числе выловленной:	млн. руб.*										
в естественных водоемах	млн. руб.*	11,9	12,2	14,8	1,4	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,46
в искусственных водоемах	млн. руб.*	265,3	245,7	261,3	30,6	32,8	31,5	34,3	32,8	37,9	40,57
из него по видам:											
карп	млн. руб.*	203,7	183,5	187,3	21,7	24,7	23,5	26,2	24,6	27,3	27,4
толстолобик	млн. руб.*	20,5	23,7	34,2	2,1	1,1	1,0	1,3	2,0	2,4	3,8
лососевые	млн. руб.*	4,2	3,6	6,5	2,7	2,3	3,7	3,0	2,2	1,5	4,6

Примечание: * — в фактически действовавших ценах: 2013-2015гг. — млрд. руб., с 2016 г. — с учетом деноминации (уменьшения в 10 000 раз)

Всего в условиях аквакультуры выращивают или содержат около 20 видов, подвидов рыб и их гибридов, из них только 5 — в индустриальной аквакультуре. Последнее объясняется тем фактором, что выращивание определенного вида производят в условиях, максимально приближенных к требованиям объекта выращивания. По этой причине, индустриальное рыбоводство базируется на монокультуре определенного вида, для которого создаются оптимальные условия, тогда как в прудовом преобладающим направлением является поликультура. Значение отдельных видов рыб прудового и индустриального комплексов может меняться по годам, что обусловлено рядом объективных причин (обеспеченность кормами, посадочным материалом, конъюнктурой рынка и т.п.) В целом, в объеме производства товарной рыбы в 2022 г. доля карпа снизилась — до 65,4 % (в 2021 г. — 71,1 %) и осетровых — 0,7 % (в 2021 г. — 1,2 %), возросла доля толстолобика — до 12,5 % (в 2021 г. — 10,5 %) и лососевых — 3,3 % (в 2021 г. — 1,4 %), доля белого амура (3,5 %) и сомовых рыб (0,2 %) остались практически на прошлогоднем уровне (3,3 % и 0,16 % соответственно) [2].

По итогам выращивания рыбы в 2022 г. предприятиями, находящимися в ведении Минсельхозпрода, прудовая поликультура была представлена следующим образом: 72,6 % составил карп, 18,7 % — растительноядные рыбы (толстолобики, их гибриды и белый амур), 5,3 % — серебряный карась, 1,4 % щука и 2 % все прочие, включая осетровых, сомовых и лососевых рыб (рис. 2).

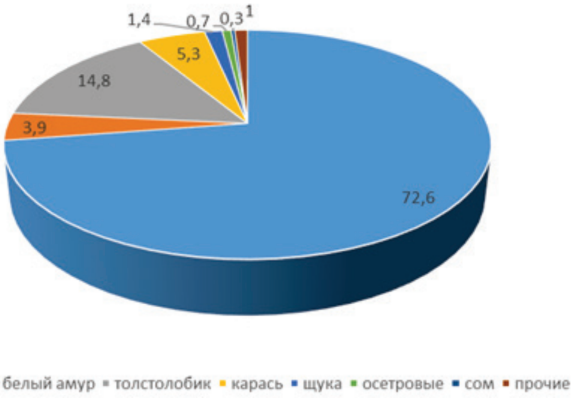


Рис. 2. Видовая структура прудовой аквакультуры, %
Fig. 2. Species structure of pond aquaculture, %

Индустриальное рыбоводство направлено на выращивание отдельных видов, под требования которых создаются данные производства. По этой причине видовая структура выращиваемых видов существенно меньше (осетровые, радужная форель, африканский клариевый сом), а в объеме производства преобладающее значение имеет форель — 86,7 % (рис. 3).



Рис. 3. Видовая структура индустриальной аквакультуры, %
Fig. 3. Species structure of industrial aquaculture, %

Производство прудовой аквакультуры сосредоточено преимущественно на предприятиях, находящихся в ведении Минсельхозпрода (88,5 %), в меньшей степени в хозяйства в ведении облисполкомов (11,5 %). В свою очередь, производство индустриальной аквакультуры сосредоточено в основном на предприятиях коммунальной формы собственности — 81,3 %, в меньшей степени в рыбхозах — 18,7 %. Объемы производства в прудовом рыбоводстве во многом зависят от обеспеченности карпа кормами. Так в 2022 г. было использовано комбикормов в объеме 66 % от необходимой потребности несмотря на то, что 37 % потребности в комбикормах было обеспечено государственными субсидиями. Себестоимость выращивания прудовой рыбы предприятиями республиканской формы собственности в среднем составила 4,58 руб./кг, средняя цена реализации — 5,31 руб./кг. По предприятиям коммунальной формы собственности аналогичные показатели составили 4,55 руб./кг и 6,23 руб./кг. Средняя цена реализации по карпу в 2022 г. — 5,84 руб./кг, толстолобику — 4,50 руб./кг.

Основная масса рыбы, произведенной во внутренних водоемах Республики Беларусь реализуется на внутреннем рынке, экспорт занимает незначительную позицию. Из числа рыбхозов республиканской формы собственности лишь два — ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» и ОАО «Рыбхоз «Волма» аккредитованы для поставок продукции на экспорт. В 2022 г. ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» отгрузил на экспорт рыбопродукции на сумму 926 тыс. $, ОАО «Рыбхоз «Волма» — на сумму 71 тыс. $.

Производство продукции рыболовства. Рыбные ресурсы озер, водохранилищ и рек являются дополнительным источником поступления товарной рыбной продукции. Эксплуатацией ресурсов занимаются арендаторы и пользователи рыболовных угодий, осуществляющие промысловый лов рыбы и/или организацию платного любительского рыболовства. Оба вида деятельности находят отражение в государственной отчетности, что позволяет контролировать состояние рыболовства и его ресурсной базы. По состоянию на 01.01.2023 г. хозяйственную деятельность в рыболовных угодьях осуществляли 72 арендатора на основании договоров аренды и 6 пользователей на основании распоряжения Президента Республики Беларусь от 03.06.2008 №156рп (в редакции распоряжения от 29.12.2016 г. №219рп) [4]. В общей сложности в аренду и пользование для ведения рыболовного хозяйства передано 135 водоемов (озер, водохранилищ, отдельных прудов) суммарной площадью 65695,6 га, 1447,7 га придаточных водоемов неустановленной численности в поймах рек и 530,3 км протяженности участков рек и каналов.

Улов рыбы промыслом в 2022 г. составил 497,2 т (85,3 % к уровню 2021 г.) [2]. Распределение угодий и объемов вылова между пользователями природных ресурсов представлено в табл. 3.

Таблица 3. **Соотношение рыболовных угодий и получаемых уловов при промысловом рыболовстве различных категорий пользователей**
Table 3. **The ratio of fishing grounds and catches obtained in commercial fishing of various categories of users**

Категория пользователей рыболовными угодьями	Категория рыболовных угодий						Улов рыбы	
	водоемы		пойменные водоемы		водотоки			
	га	%	га	%	км	%	тонн	%
Арендаторы	32730,7	54,0	999,3	71,9	345,9	75,9	289,2	58,2
Пользователи	27899,5	46,0	391,0	28,1	110,0	24,1	208,0	41,8
Всего	60630,2	100	1390,3	100	455,9	100	497,2	100

В промысловых уловах фигурирует 25 видов рыб из 27, учитываемых промысловой статистикой. По долевому значению преобладают мирные карповые, включая некоторых вселенцев: лещ — 34,3 %, карась серебряный — 23,6 %, толстолобик — 11,0 %. Доля крупных хищников (щука, судак, сом, жерех) суммарно составила 12,8 %. Доля такого массового вида, как плотва составила всего 3,8 %, тогда как в период интенсивного промысла доходила до 31,6–39,6 % [6]. С учетом разбивки по технологическим сортам, на долю крупночастиковых рыб (лещ, судак, щука, сом, язь, линь, жерех, налим с учетом карася серебряного) приходится 74,5 % улова, мелкочастиковых (окунь, плотва, густера и др.) — 12,8 %, карпа — 0,7 %, растительноядных — 11,1 %, угря — 0,9 % (рис. 4). Сиговые рыбы (сиг и ряпушка) в отчетном году в статистике уловов не отмечены. Изменение структуры промысловых уловов в сторону возрастания доли крупночастиковых рыб, отмечаемые в последние годы, связаны как с перестройками в структуре промысла (преобладающее значение приобрел сетной лов), так и с изменениями в структуре рыбного стада рыболовных угодий (расселение и увеличение численности карася серебряного, рост относительной численности леща) [7, 8].

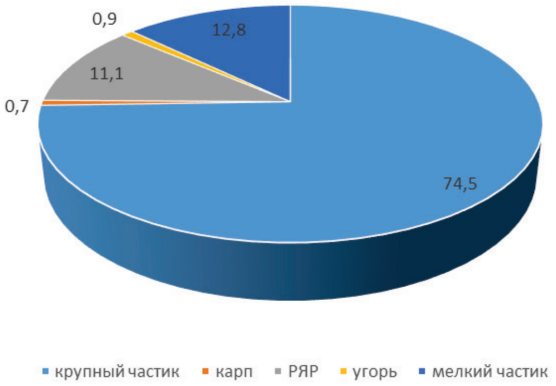


Рис. 4. Структура промыслового вылова рыбы
Fig. 4. Structure of commercial fish catch

Часть рыболовных угодий передана в аренду/пользование для ведения рыболовного хозяйства путем промыслового рыболовства и организации платного любительского рыболовства, либо только для организации платного любительского рыболовства. Последнее осуществля-

ется на основе реализации арендаторами/пользователями путевок на право лова. Количество реализуемых путевок и объемы вылова по ним отражаются в статистических отчетах. В частности, в 2022 г. арендаторами /пользователями было реализовано 143896 путевок (в 2021 г. — 134704 шт.), улов по которым составил 477,09 т (473,84 т в 2021 г.) [2]. Распределение угодий и объемов вылова между пользователями представлено в табл. 4.

Таблица 4. **Соотношение рыболовных угодий и получаемых уловов при организации платного любительского рыболовства различных категорий пользователей**

Table 4. **The ratio of fishing grounds and catches obtained in the organization of paid amateur fishing of various categories of users**

Категория пользователей рыболовными угодьями	Категория рыболовных угодий						Улов рыбы	
	водоемы		пойменные водоемы		водотоки			
	га	%	га	%	км	%	тонн	%
Арендаторы	46826,1	68,5	-	-	-	-	229,46	48,1
Пользователи	21557,1	31,5	391,0	100	98,0	100	247,63	51,9
Всего	68383,2	100	391,0	100	98,0	100	477,09	100

В уловах любителей по отчетным данным фигурирует 21 вид рыб из 27, учитываемых промысловой статистикой. По долевому значению также преобладают мирные карповые, включая некоторых вселенцев (лещ — 23,8 %, плотва — 15,4 %, карась серебряный — 12,7 %), но доля крупных хищников суммарно выше и составила 14,7 %. Последнее объясняется целевой направленностью любительского лова на хищных и крупных особей, для обеспечения чего пользователи рыболовных угодий осуществляют направленное зарыбление. Видовая структура любительских уловов представлена на рис. 5.

Для повышения эффективности промыслового лова, поддержания численности хозяйственно значимых видов рыб и повышения привлекательности для рыболовов — любителей (на возмездной основе), арендаторы/пользователи рыболовных угодий ежегодно осуществляют их зарыбление молодью аборигенных и нагуливающих видов рыб. В общей сложности в 2022 г. в рыболовные угодья было посажено 15,7 млн. экз. разновозрастных рыб 7 видов, общей массой 62 т (в 2021 г. — 7,246 млн. экз. и 76,492 т молоди рыб 9 видов). Данные по зарыблению представлены в табл.5. Из аборигенных видов в объеме вселения по чис-

ленности доминировала шука (39,5 %), из нагуливающих — карп (58,5 % от общей численности и около 50 % от общей массы вселенцев).

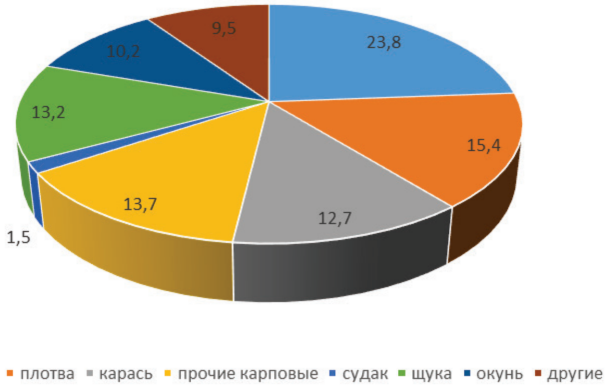


Рис. 5. Видовая структура уловов рыбы при организации платного любительского рыболовства
Fig. 5. Species structure of fish catches in the organization of paid amateur fishing

Таблица 5. **Зарыбление рыболовных угодий за 2022 г.**
Table 5. **Stocking of fishing grounds for 2022**

Вид	Количество		Масса	
	тыс. экз.	%	кг	%
Карп	9148,472	58,60	30677	49,41
Язь	2,5	0,02	250	0,40
Карась серебряный	82,675	0,52	2587,3	4,17
Амур белый	5,022	0,03	2063,1	3,32
Толстолобик	81,451	0,50	9648,6	15,54
Щука	6226,07	39,50	15780	25,42
Сом европейский	211,632	1,3	1082	1,74
ВСЕГО	15757,82	100	62089	100

Производство икры «ценных» видов рыб. Из числа продукции рыбоводства, кроме собственно мяса рыб, наибольшее значение имеет икра некоторых видов, используемая в качестве пищевого продукта. С учетом деликатесного характера и высокой стоимости этого продукта, получение пищевой «черной» икры осетровых в мировой практике осетроводства является доминантным направлением [9]. В Республике Беларусь получением «черной» икры занимаются два субъекта хозяйс-

твования: группа компаний «Санта Бремор ООО» и ЗАО «ДГ-Центр». В 2023 г. этими предприятиями произведено 1,513 т икры осетровых (в 2021 г. — 1,105 т). Дополнительным направлением служит производство икры лососевых рыб, так называемая «красная» икра. В 2023 г. группой компаний «Санта» произведено 177,0 т икры лососевых рыб (из замороженного импортируемого сырья аквакультурного происхождения), ЗАО «Птичь» — 0,06 т, от собственного маточного стада радужной форели. Общий объем производства икры лососевых рыб составил 177,06 т.

Производство продукции промысловых водных беспозвоночных. Из числа водных биологических ресурсов дополнительным объектом промысла служат речные раки. В рыболовных угодьях Беларуси в настоящее время встречается три вида речных раков: широкопалый рак (объект Красной Книги Республики Беларусь, охраняется и не подлежит вылову), узкопалый или длиннопалый рак (основной объект рачьего промысла) и полосатый рак (инвазивный вид, подлежащий вылову без ограничения по объему). Промысел (заготовку) раков осуществляет 11 субъектов хозяйствования (индивидуальных предпринимателей, фермерских хозяйств, обществ). Всего для промысла используется 20 водных объектов (водоемов и участков рек) общей площадью около 13,7 тыс. га (табл. 6).

Таблица 6. **Рыболовные угодья, используемые для промысла раков [10]**
Table 6. **Fishing grounds used for crayfish fishing [10]**

Категория водных объектов	Количество	Площадь, га	Протяженность, км
Озера	11	5021,2	-
Водохранилища и пруды	7	7743,7	-
Участки рек	2	-	111,5
Всего	20	12753,9	

Объемы вылова/заготовки раков имеют тенденцию к некоторому росту по годам (табл. 7), но подвержены риску флюктуаций по эпидемиологическим причинам (рачья чума) [10]. Динамика вылова/заготовки раков за последний период представлена в табл. 7.

Заключение. Результаты рыбохозяйственной деятельности за 2022 г. были ниже аналогичных за 2021 г. и ниже плановых показателей, установленных Подпрограммой 5 «Развитие рыбохозяйственной деятель-

ности» Государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы. Аквакультура является определяющим направлением получения товарной рыбной продукции, в составе последней доминирующее значение имеет прудовое рыбоводство. Снижение объемов производства в прудовом рыбоводстве по сравнению с плановыми показателями обусловленно вопросами кормообеспечения и выбытия из производственного оборота части прудовых площадей прекративших свою деятельность рыбхозов. В индустриальном рыбоводстве отмечен некоторый рост производства товарной рыбы по определенным позициям, в тоже время общие объемы выращивания все еще ниже проектных показателей.

Таблица 7. **Промысловый вылов/заготовка речных раков в Республике Беларусь**
Table 7. **Commercial catch/harvesting of river crayfish in the Republic of Belarus**

Год	Объем заготовки, кг
2017	6523
2018	5814
2019	6717
2020	8214
2021	6254
2022	4464,5

В рыболовном хозяйстве также наблюдается некоторое снижение объемов промыслового вылова, что в значительной степени объясняется сокращением числа арендаторов и арендуемых площадей. В тоже время, ежегодное зарыбление рыболовных угодий способствует поддержанию численности хозяйственно-значимых видов, что находит отражение в виде увеличения числа реализуемых путевок в хозяйствах, занимающихся организацией платного любительского рыболовства. Поскольку и промысловое и платное любительское рыболовство базируются на природных ресурсах водоемов, практически равные объемы изъятия обоими направлениями рыболовного хозяйства можно считать близким к оптимальному.

Из прочих направлений рыбохозяйственной деятельности получение икры ценных видов рыб остается прерогативой немногих субъектов хозяйствования и во многом определяется наличием (возможностью приобретения) икорных стад и складывающейся ситуацией на рынке икры.

Производство продукции речных раков базируется исключительно на эксплуатации природных популяций, поэтому их состояние и изменение численности являются основным сдерживающим фактором.

Список использованных источников

1. Постановление Совета министров Республики Беларусь от 01.02.2021. № 59 «О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021-2025 годы» [Электронный ресурс]: Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь, 10.02.2021, 5/48758/ Код доступа: https: pravo.by/document/?quid=3871&pO=C22100059.
2. Статистический бюллетень «Рыбохозяйственная деятельность в Республике Беларусь за 2022 год»: [стат.бюл.] /Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск: [б.и.], 2023. — 20 с.
3. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2021г.) [Электронный ресурс] / Код доступа: cricuwr.by/gvkinfo/.
4. Перечень арендаторов (пользователей) рыболовных угодий, предоставленных для осуществления платного любительского рыболовства по состоянию на 1 января 2023 г. / Код доступа: mshp.gov.by/documents/prod/perech_arend.pdf.
5. Статистические показатели «зеленого роста». 3 Природные активы 3.4. Рыболовство и рыбоводство. Республика Беларусь [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-ststistika-i-okruzhayushaya-sreda/pokazateli-zelenogo-rosta/prirodnye-aktivy/P_A_3_4_220802.xlsx?.
6. Жуков, П.И. Динамика вылова рыбы из водоемов Белоруссии за 1945-1995 годы / П.И. Жуков // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси В.15, Минск, 1997. — С. 105–118.
7. Полетаев, А.С. Натурализация карася серебряного (*Carassius auratus s. lato)* на территории Беларуси/ А.С. Полетаев, В.К. Ризевский // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси, — В.35., Минск, 2019 — С. 146–157.
8. Костоусов, В.Г. Изменение структуры рыбного населения озер в зависимости от степени их зарастания // Водные биоресурсы и аквакультура. — 2021, вып.1, Херсон: ОЛДИ-ПЛЮС. — С. 37–48.
9. Bronzi P. Sturgeon and caviar production worldwide: an update to 2015 / P. Bronzi, H. Rosenthal // Report international scientific conference “Sturgeon aquaculture: modern tends and perspectives”, Kherson, Ukraine, 18 may 2016.
10. Информация о диких животных, относящихся к объектам заготовки/закупки: длиннопалый рак [Электронный ресурс] // Кадастр животного мира Беларуси. — Режим доступа:http:belfauna.by/frontend/web/provision/index/.

Reference

1. Postanovlenie Soveta ministrov Respubliki Belarus’ ot 1 fevralya 2021g. № 59 «O Gosudarstvennoi programme «Agrarnyi biznes» na 2021–2025 gody» [Elektronnyi

resurs]: Natsional'nyi pravovoi internet-portal Respubliki Belarus', 10.02.2021, 5/48758/ Kod dostupa: https:pravo.by/document/?quid=3871&pO=C22100059.
2. Statisticheskii byulleten' «Rybokhozyaistvennaya deyatel'nost' v Respublike Belarus' za 2022 god»: [stat.byul.] / Natsional'nyi statisticheskii komitet Respubliki Belarus', Minsk: [b.i.], 2023. — 20 s.
3. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr. Vodnye resursy, ikh ispol'zovanie i kachestvo vod (za 2021g.) [Elektronnyi resurs]/ Kod dostupa: cricuwr.by/gvkinfo/.
4. Perechen' arendatorov (pol'zovatelei) rybolovnykh ugodii, predostavlennykh dlya osushchestvleniya platnogo lyubitel'skogo rybolovstva po sostoyaniyu na 1 yanvarya 2023g. / Kod dostupa: mshp.gov.by/documents/prod/perech_arend.pdf.
5. Statisticheskie pokazateli «zelenogo rosta». 3 Prirodnye aktivy 3.4. Rybolovstvo i rybovodstvo. Respublika Belarus' [Elektronnyi resurs]: Rezhim dostupa: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-ststistika-i-okruzhayushaya-sreda/pokazateli-zelenogo-rosta/prirodnye- aktivy/P_A_3_4_220802.xlsx?
6. Zhukov P.I. Dinamika vylova ryby iz vodoemov Belorussii za 1945–1995 gody / P.I. Zhukov // Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi V.15, Minsk, 1997. — S. 105–118.
7. Poletaev, A.S. Naturalizatsiya karasya serebryanogo (Carassius auratus s. lato) na territorii Belarusi / A.S. Poletaev, V.K. Rizevskii // Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi. –V.35., Minsk, 2019. — S. 146 –157.
8. Kostousov V.G. Izmenenie struktury rybnogo naseleniya ozer v zavisimosti ot stepeni ikh zarastaniya // Vodnye bioresursy i akvakul'tura. — 2021, vyp.1, Kherson : OLDI-PLYuS. — S. 37–48.
9. Bronzi P. Sturgeon and caviar production worldwide: an update to 2015 / P. Bronzi, H. Rosenthal // Report international scientific conference "Sturgeon aquaculture: modern tends and perspectives", Kherson, Ukraine, 18 may 2016.
10. Informatsiya o dikikh zhivotnykh, otnosyashchikhsya k ob"ektam zagotovki/ zakupki: dlinnopalyi rak [Elektronnyi resurs]//Kadastr zhivotnogo mira Belarusi. — Rezhim dostupa:http:belfauna.by/frontend/web/provision/index/.

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

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. ORCID: 0000–0002–3926–9432

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

Макеев Дмитрий Сергеевич — начальник управления по аквакультуре и рыболовному хозяйству ГО «Белводхоз» (ул. Коммунистическая, 11 220073, Минск, Республика Беларусь)

Information about authors

Uladzimir Yu. Aheyets — 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" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Vladimir G. Kostousov — Ph.D. (Biology), Associate Professor, Deputy Director of Science, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vkostousov@tut.by. http://orcid.org/0000-0002-3926-9432

Olga N. Martsul — Ph. D. (Agricultural), 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. Stebeneva, 22, Republic of Belarus). E-mail: martsul_v@mail.ru

Dmitry S. Makeev — Head of the Department of Aquaculture and Fisheries of the GO "Belvodhoz" (220073, Minsk, Kommunisticheskaya str., 11, Republic of Belarus)

УДК 639.2.05

Поступила в редакцию 02.05.2023
Received 02.05.2023

В.Г. Костоусов, О.Д. Апсолихова, Г.П. Прищепов, Т.И. Попиначенко

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

РЕЗУЛЬТАТЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ на водоемах БЕЛАРУСИ И СОВРЕМЕННОЕ НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЕДЕНИЯ РЫБОЛОВНОГО ХОЗЯЙСТВА

Аннотация. Дана краткая историческая справка направлений и результатов работы лаборатории рыбоводства и рыболовства по мере развития инфраструктуры рыбной отрасли Республики Беларусь. На территории Беларуси насчитывается около 20,8 тысяч рек, 10,8 тысяч озер, и более 140 водохранилищ, страна занимает ведущее место по обеспеченности водными ресурсами поверхностных водоемов на Европейском континенте. Основная задача научных исследований, проводимых лабораторией — сохранение рыбных ресурсов и среды их обитания, регулирование эксплуатации и увеличение рыбопродуктивности.

Изложены результаты научной деятельности лаборатории в зависимости от приоритетов на каждом историческом этапе. Показаны научно обоснованные возможности доведения рыболовной продукции до 30–40 кг/га и более вместо 8–10 кг/га при природной продуктивности, роста промысловой рыбопродукции до 200–300 кг/га при использовании методов пастбищного рыбоводства. Результатом научных работ по обогащению качественного состава уловов является возрастание доли ценных и хозяйственно — значимых видов рыб в суммарном промысловом улове до 87 % с устойчивым составом более 50 %, тогда как на рубеже 70–80-х годов эта цифра не превышала 35 %. Разработанная система классификации рыболовных угодий положена в основу современных принципов эксплуатации рыбных ресурсов и получила признание в виде ряда нормативных актов и положений в области рыболовного хозяйства.

Отображены перспективы работы подразделения на ближайшие пять лет направленные на экологические исследования естественных и искусственных водоемов в целях их реабилитации и дальнейшего рыбохозяйственного использования, исследования по устойчивому использованию водных биологических ресурсов ООПТ в целях разработки пла-

нов их управления, мониторинг состояния ресурсной базы рыболовства, отработку технологий искусственного воспроизводства ряда ценных аборигенных видов рыб в целях хозяйственного использования и восстановления/поддержания естественных популяций, разработку нормативно-технологической документации в сфере ведения рыболовного хозяйства, отработку технологий создания хозяйств для рекреационного рыболовства с использованием элементов рыбоводства.

Ключевые слова: рыбохозяйственная отрасль, ихтиологические исследования, водные биологические ресурсы, естественные водоемы, рыбопродукция, рыболовное хозяйство

Vladimir G. Kostousov, Olga D. Apsolikhova, Georgy P. Prishchepov, Taisia I. Popinachenko

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

THE RESULTS OF FISHERIES RESEARCH IN THE RESERVOIRS OF BELARUS AND MODERN SCIENTIFIC SUPPORT OF FISHERIES MANAGEMENT

Abstract. A brief historical background is given on the directions and results of the work of the laboratory of fish farming and fisheries as the infrastructure of the fishing industry of the Republic of Belarus develops. On the territory of Belarus there are about 20.8 thousand rivers, 10.8 thousand lakes, and more than 140 reservoirs, the country occupies a leading position in terms of provision of surface water resources on the European continent. The main task of scientific research conducted by the laboratory is the conservation of fish resources and their habitat, regulation of exploitation and increase in fish productivity.

The results of the scientific activity of the laboratory are presented depending on the priorities at each historical stage. Scientifically substantiated possibilities of bringing fishery products up to 30–40 kg/ha and more instead of 8–10 kg/ha with natural productivity, growth of commercial fish products up to 200–300 kg/ha using methods of pasture fish farming are shown. The result of scientific work on the enrichment of the qualitative composition of catches is an increase in the share of valuable and economically important fish species in the total commercial catch up to 87 % with a stable composition of more than 50 %, while at the turn of the 70–80s this figure did not exceed 35 %. The developed system of classification of fishing grounds is the basis of modern principles of exploitation of fish resources and has been recognized in the form of a number of regulations and regulations in the field of fishing.

The prospects for the work of the unit for the next five years are displayed, aimed at ecological research of natural and artificial reservoirs for the purpose of their rehabilitation and further fisheries use, research on the sustainable use of aquatic biological resources of protected areas in order to develop plans for their management, monitoring the state of the fishing resource base, testing technologies for the artificial reproduction of a number of valuable native fish species for the purpose of economic use and restoration/maintenance of natural populations, development of regulatory and technological documentation in the field of fishing, testing technologies for creating farms for recreational fishing using elements of fish farming.

Keywords: fishery industry, ichthyological research, aquatic biological resources, natural reservoirs, fish products, fishing industry

По обеспеченности водными ресурсами поверхностных водоемов Республика Беларусь занимает одно из ведущих мест на Европейском континенте. Согласно справочным данным на территории Беларуси насчитывается около 20,8 тысяч рек, 10,8 тысяч озер, и более 140 водохранилищ [1, 2]. На протяжении длительного периода значительная часть поверхностных водных объектов использовалась для целей рыболовства и традиционно являлась поставщиком пресноводной рыбопродукции на внутренний рынок, а рыболовство в естественных водоемах является самой древней формой ведения рыбного хозяйства на территории Беларуси. В последнее время промысловое значение угодий постепенно сокращается по ряду, прежде всего экономических, причин, тогда как существенное значение приобретает развитие рекреационного рыболовства, поскольку водные ресурсы являются наиболее перспективной частью природно-рекреационного потенциала страны. Независимо от направления дальнейшего использования водоемов, сохранение рыбных ресурсов и среды их обитания, регулирование эксплуатации и увеличение рыбопродуктивности являются основной задачей научных исследований, проводимых лабораторией рыбоводства и рыболовства в естественных водоемах РУП «Институт рыбного хозяйства». Рыбохозяйственная отрасль в целом, и рыболовство в частности, служат важной составной частью социально-экономического развития, направленного на обеспечение продовольственной безопасности и устойчивое природопользование. По этой причине, научное сопровождение отрасли остается актуальным независимо от складывающейся социально-экономической ситуации [3].

Начало научным рыбохозяйственным исследованиям на естественных водоемах Беларуси положено экспедицией Отдела ихтиологии Рус-

ского общества акклиматизации животных и растений, которая в 1904 г. обследовала и дала описание 95 озер и ряда рек (главным образом, в бассейне р. Неман) в пределах бывших Ковенской, Виленской и Гродненской губерний. Более основательное рыбохозяйственное обследование водоемов Беларуси проведено Витебской рыбохозяйственной экспедицией, организованной по инициативе Витебского губернского земства в 1914–1916 гг. Анкетным и, частично, экспедиционным методами было проведено обследование около 700 озер региона. Очерк организации и основные результаты экспедиции опубликованы И.Н. Арнольдом в 1924 г [4, 5].

Новый этап в изучении ресурсов водоемов начался в 20-е годы XX столетия. С 1924 по 1928 гг. работала Белорусская рыбохозяйственная экспедиция, организованная Наркоземом БССР. Экспедицией обследовано более 100 прудов и ряд наиболее важных рыбопромысловых озер (Червонное, Лукомльское, Освейское, Нещердо, Лисно и др.), собраны анкетные данные по 915 озерам Полоцкого, Витебского, Оршанского, Мозырского округов. Некоторые результаты работы экспедиции были опубликованы П.А. Тарасовым в 1928 г.

Для систематического и более полного ведения научно-исследовательских работ в области рыбного хозяйства, в 1928 г. на базе Белорусской рыбохозяйственной экспедиции была организована Белорусская научно-исследовательская станция рыбного хозяйства, которая вначале располагалась на оз. Лукомльское, а в дальнейшем была переведена в г. Минск [6, 7]. В задачи станции входила интенсификация не только озерно-речного рыболовства, но и прудового рыбоводства, которое к этому времени начало новый этап развития. Данных по структуре станции не сохранилось, документы и архив были уничтожены во время Второй мировой войны, однако известно, что работы велись тематическими группами по основным направлениям исследований. В частности, в предвоенные годы сотрудниками станции проведена большая работа по обследованию рыбопромысловых озер и разработке схем ведения рационального рыбного хозяйства.

Научные исследования на озерах и реках Беларуси (включая западные области) были продолжены в 1945 г., когда возобновила свою деятельность Научно-исследовательская станция Главрыбпрома при СМ БССР (с 1950 г. — Белорусское отделение ВНИОРХ), в структуре которой было создано соответствующее подразделение (лаборатория озерно-речного рыбоводства). Уже в 1948–1949 гг. сотрудники лаборатории

под руководством В.А. Чесалина обследовали озера Браславской группы, в 1951 г. — Полоцкие и Витебские озера, в 1952 г. — озера Нарочанской группы и оз. Лукомльское, а также некоторые озера Полесья. За неполные 7 лет проведена рыбохозяйственная оценка и типизация озер площадью более 70 тыс. га, дано описание промысловой ихтиофауны, разработаны мероприятия по улучшению состава ихтиофауны и увеличению уловов.

Результаты ихтиологических исследований, посвященных, главным образом, первоначальному описанию биологических ресурсов, были доложены на первом в Беларуси совещании по вопросам рыбного хозяйства (май 1952 г.) и опубликованы в специальном выпуске Ученых записок Белгосуниверситета (В.17, сер. биол., 1954).

В ходе дальнейших исследований сотрудников лаборатории озерно-речного рыбоводства (зав. лаборатории, к.б.н. Н.О. Савина) были получены исходные данные для реконструкции ихтиофауны естественных водоемов, разработаны планы организации рыболовного хозяйства на озерах Краснополесского, Нарочанского и Витебского рыбзаводов, изучена биология и промысел речных раков и выданы рекомендации по использованию их ресурсов, разработаны рекомендации по рыбохозяйственному использованию ряда готовых и строящихся водохранилищ. Результаты рыбохозяйственного изучения естественных водоемов были подведены на расширенной выездной сессии ВНИОРХ, состоявшейся в апреле 1955 г. в г. Минск, опубликованы в I томе трудов Белорусского отделения ВНИОРХ (1957) [8].

Новый этап работ начался после преобразования отделения в Белорусский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (1958). Утвержденная Постановлением СМ БССР (октябрь 1958 г.) структура института предусматривала создание специализированной лаборатории рыбоводства (руководитель, к.б.н. Штейнфельд А.Л.), преобразованной в 1963 г. в лабораторию озерного хозяйства. В 1968 г. на базе лаборатории озерного хозяйства были организованы две новые: лаборатория запасов и промысла (озерно-речного рыболовства), в задачу которой входили изучение и разработка рекомендаций по увеличению рыбопродуктивности озер и рек и рациональной эксплуатации запасов (зав. лаборатории, к.б.н. Штейнфельд А.Л.); лаборатория интенсификации озерного хозяйства в задачи которой входили разработка рекомендаций по организации нагульных озерных хозяйств, реконструкция их ихтиофауны, введение в культуру новых объектов с целью

увеличения рыбопродуктивности озер (зав. лаборатории, к.б.н. А.А. Костюченко).

К этому моменту уже было доказано, что ведение рыбного хозяйства на внутренних водоемах подразумевает не только рациональное рыболовство на базе существующих ресурсов, но и существенное их увеличение за счет методов рыбоводства. Работы по зарыблению озер ценными видами рыб проводили в довоенный и послевоенный периоды [9], но наибольший размах они получили со второй половины 50-х годов XX столетия. По рекомендациям ученых начали работы по акклиматизации серебряного карася, амурского сазана, чудского сига, ладожского рипуса, угря, пеляди и других рыб. К середине 70-х гг. было зарыблено более 300 озер и водохранилищ общей площадью около 100 тыс. га, многие из них зарыбляли от 2 до 10 раз. По ряду видов получен биологический и экономический эффект, позволивший перевести рыболовство на некоторых водоемах из разряда экстенсивного в интенсивное [10].

Со второй половины 60-х годов в теории и практике ведения озерного рыбоводства и рыболовства в СССР получило развитие такое направление как озерное товарное рыбное хозяйство (ОТРХ). С конца 60-х гг. начата теоретическая и организационная проработка вопросов ведения ОТРХ и в Беларуси. Это направление укрепилось с приходом на должность директора БелНИИРХ, известного ученого-ихтиолога, д.б.н. П.И. Жукова (1968 г.). С начала 70-х гг. лаборатория приступила к непосредственной разработке научной тематики по организации и ведению ОТРХ, осуществляемой по заданию МРХ СССР в рамках специализированной комплексной программы (КЦП «Озеро»).

В целях совершенствования структуры института и усиления работ по обозначенному направлению существовавшие ранее лаборатории (руководители к.б.н. А.Л. Штейнфельд и к.б.н. А.А. Костюченко) были преобразованы в отдел озерно-речного рыболовства (с 1976 г. отдел озерно-речного рыбного хозяйства, с 1980 г. — отдел рыбоводства и рыболовства в естественных водоемах), во главе с к.т.н. В.А. Федоровым.

В разное время в отделе работали такие известные специалисты в области ихтиологии и рыболовства, как д.б.н. П.И. Жуков, к.т.н. В.А. Федоров, кандидаты биологических наук Н.О. Савина, А.Л. Штейнфельд, А.А. Костюченко, Н.И. Куликова, Л.В. Волкова, Л.В. Кириленко, Т.В. Копылова, И.И. Десятик, сотрудники В.И. Сокровина, Г.П. Прищепов, В.Г. Синица, И.И. Оношко, Г.И. Полякова и др. В этот период в отделе

проведены работы и получены результаты по теории и практике организации ОТРХ, взаимодействию рыбного стада и орудий лова, отработке методов выращивания в озерах ценных видов рыб (угорь, судак, пелядь, карп, растительноядные), научному ведению форелеводства, садковому и нагульному рыбоводству на озерах и водохранилищах, совершенствованию методов и орудий промыслового рыболовства. С целью ознакомления и обмена опытом работ ряд сотрудников отдела принимали участие во всесоюзных совещаниях по товарному рыбоводству на естественных водоемах, проходивших в гг. Москва, Ленинград, Киев, Пржевальск.

Научные наработки легли в основу подготовки рыбоводно-биологических обоснований, которые были разработаны на многочисленные естественные водоемы, планируемые УРХ БССР к переводу в нагульные товарные хозяйства.

В результате внедрения разработок лаборатории среднегодовая рыбопродуктивность естественных водоемов в режиме ОТРХ увеличилась в несколько раз (30–40 кг/га вместо 5–7 кг/га) [11–13]. Основные результаты разработок изложены в соответствующих отчетах о НИР (Федоров В.А., 1974, Давыдов А.П., Костюченко А.А., 1978, Федоров В.А., 1978) и опубликованных рекомендациях по организации озерных товарных рыбных хозяйств в Белоруссии [14, 15].

Дальнейшее развитие товарных хозяйств столкнулось с проблемой неразрешенности вопросов изъятия выращенной продукции, что потребовало разработки новых технологий промысла, более совершенных орудий лова и плавсредств, что нашло отражение в ряде выполненных исследований под руководством ведущих специалистов лаборатории (Федоров В.А., 1979, Федоров В.А., 1980, Синица В.Г., 1988). Параллельно, с 1977 г. начаты работы по садковому рыбоводству на естественных водоемах. Началом этого направления послужило всесоюзное совещание по садковому рыбоводству. Отработка элементов садковой технологии была начата на экспериментальной базе «Чересово» в рамках проводимой тематики по ОТРХ, и продолжена после начала финансирования самостоятельной тематики на садковых линиях в рыбокомбинате «Нарочь» и Витебском рыбзаводе. Итоги данных исследований изложены в форме нормативно-технологических актов (Федоров В.А., Копылова Т.В., Полякова Г.И., Оношко И.И. Инструкция по технологии выращивания товарного карпа в садках озерных товарных хозяйств, 1986) и обобщены головной организацией направления (ВНИ-

ИПРХ). Дальнейшее развитие ОТРХ получили в форме товарных хозяйств с интенсивной формой рыбоводства. Данная форма ведения рыбного хозяйства предусматривала вытеснение аборигенной ихтиофауны ценными вселенцами, использование всех экологических ниш и выращивание рыбы с частичным кормлением (по типу неспускных прудов). Организация по подобной схеме товарного хозяйства на оз. Свирь позволила рыбокомбинату «Нарочь» достигнуть рыбопродуктивности 72,6 кг/га в основном за счет ценных вселенцев [16, 17].

Одним из основных направлений работы лаборатории являлась разработка способов и методов увеличения численности ценных видов рыб. Так с начала 60-х годов отрабатывалась биотехника выращивание пеляди и карпа в малых озерах с использованием ихтиоцидов [18, 19]. В результате собственных исследований предложена методика подготовки озер с использованием в качестве ихтиоцида аммиака (Костюченко А.А., 1983). Методика прошла апробацию на водоемах Полоцкого и Витебского рыбхозов, где были достигнуты хорошие результаты (до 240 кг/га пеляди по двухлетнему циклу) и высокий экономический эффект [20, 21]. В результате данной разработки в республике впервые было сформировано промышленное маточное стадо пеляди и начата массовая заготовка рыбоводной икры. Данные разработки, в дальнейшем, легли в основу технологий по увеличению запасов ценных видов рыб в озерах Беларуси.

В ходе дальнейших структурных перестроек и в связи с необходимостью оптимизации научного процесса и внедрения НТП в практику, отдел рыбоводства и рыболовства в естественных водоемах в 1989г. был реформирован в лабораторию рыбоводства и рыболовства в естественных водоемах (заведующий, к.т.н. Федоров В.А., с 1992 по 2022 гг. — к. б.н., Костоусов В.Г.). К сожалению, на этот период пришлись годы, связанные не только со структурной перестройкой института, но и отрасли в целом. Это имело негативные последствия, выразившиеся в снижении объемов целевого финансирования исследований, трудностями с заключением договоров с предприятиями, неустановленностью правовых отношений. Тем не менее, подразделение продолжало научную работу, обеспечивая высокий уровень исследований. Так был осуществлен комплекс работ по рационализации ведения рыбного хозяйства на озерах республики (разработчики Федоров В.А, Кончиц В.В., Оношко М.Г., 1994), разработаны режимы ведения рыбного хозяйства на ряде крупных рыбопромысловых озер (авторы В.А. Федоров, В.Г. Кос-

тоусов, Т.В. Копылова, Л.В. Кириленко, Г.И. Полякова, И.И. Оношко), технологии увеличения промысловых запасов сиговых рыб и судака в озерах (авторы Л.В. Кириленко и В.Г. Костоусов, 1989), разработана конструкторская документация по совершенствованию орудий лова и условий ведения промысла (авторы В.А. Федоров, В.Г. Синица), изучено состояние популяций некоторых ценных аборигенных видов рыб в целях их дальнейшего рыбоводного освоения (судак, сом, сиг, ряпушка). Так, в настоящее время свыше 40 % получаемых уловов судака приходится на угодья, где он ранее не встречался. Изучение биологии и состояния запасов сома европейского позволило начать работы по его расселению, формированию в прудовых рыбоводных хозяйствах ремонтно-маточных стад и отработке искусственного воспроизводства. Молодь данного вида, выращенная в прудовых условиях, наряду со щукой и некоторыми прудовыми карповыми рыбами широко используется в зарыблении рыболовных угодий как арендаторов/пользователей, так и фонда запаса. Для решения узких вопросов, на основе двусторонних договоров проведены работы по проектированию и постройке опытных образцов орудий лова (специализированные невода для нетравматического отлова молоди рыб, удлиненные невода для ОТРХ, невода для промысла на отдельных специфических водоемах и т.п.) Так, в 1992–1993 гг. для р/х «Красная Зорька» был разработан опытный образец закидного невода, позволяющий без снижения уловистости увеличить производительность труда на 30 % и снизить материалоемкость на 50 %. Кроме вопросов рыбного хозяйства ученые лаборатории принимали участие в природоохранной тематике (отработка вопросов методики определения и расчета ущербов при строительстве и земляных работах, проводили исследования по разработке обоснований строительства рыбозащитных сооружений водозаборов предприятий), оказывали практическую помощь промышленности в экстренных случаях.

После проведения республиканского совещания по озерам и принятия соответствующего постановления (постановление СМ БССР № 316 от 12.12.1989 г.), лаборатория приступила к систематизации и классификации водоемов с целью выработки унифицированных методических подходов к рациональному использованию рыболовных угодий с учетом оптимизации эксплуатации ресурсной базы со стороны промыслового и любительского рыболовства. В рамках подпрограммы «Рыба» Республиканской научно-технической программы «Агрокомп-

лекс» на 1991–1995 гг., были проведены работы по изучению современного состояния запасов ценных видов рыб (лещ, судак) и их рационального использования, а также теоретическая проработка вопросов регулирования промысла по показателям прироста рыбного стада (1995).

Переход института в подчинение сначала Аграрной Академии Наук Беларуси (1992 г.), а затем Национальной Академии Наук Беларуси (2002 г.) способствовал стабилизации научного процесса в целом, и коллектива лаборатории в частности. Реорганизация форм природопользования, появление в числе пользователей арендаторов рыболовных угодий и форм частной собственности, выдвинуло на первый план научных исследований оценку состояния рыбных ресурсов и разработку режимов оптимизации их использования. В соответствии с этим были разработаны теоретические основы биологического обоснования допустимых режимов эксплуатации и норм вылова и разработаны принципы рыбохозяйственной классификации водоемов Беларуси, получившие продолжение в Системе рационального рыбохозяйственного использования водоемов Республики Беларусь (1996) [22, 23]. Анализ результатов предыдущих исследований в совокупности с новыми научными данными позволил выработать новые предложения по совершенствованию принципов и подходов в эксплуатации возобновляемых рыбных ресурсов. Это нашло отражение в разработке методики определения запасов рыб во внутренних водоемах и определения норм допустимого вылова рыбы на основе промыслового запаса многовидового рыбного стада в виде конкретной величины (Федоров В.А., 1995, 1996) [24, 25]. Последнее существенно упростило вопросы регулирования рыболовной нагрузки и позволило выработать унифицированные подходы в оценке экономической значимости водных биологических ресурсов [26].

В 2000–2010 гг. основной сферой деятельности лаборатории стала разработка режимов рационального ведения рыболовного хозяйства на естественных водоемах, оценка состояния ресурсной базы рыболовства и разработка способов и методов ее увеличения, разработка технологий искусственного воспроизводства некоторых хозяйственно ценных промысловых рыб, выполнение работ по ведению Государственного мониторинга животного мира (в части рыб).

Разработанные методические подходы в оценке рыбных ресурсов и режиме их эксплуатации легли в основу определения норм оплаты арендуемых рыболовных угодий (2003, 2006), Правил ведения рыболов-

ного хозяйства и рыболовства (2005), Системы ведения рыбного хозяйства на наиболее крупных озерах Беларуси (2003), методик и норм расчета ущерба рыбному хозяйству (2004). Эти же принципы были использованы при проведении широкомасштабной работы по определению состояния запасов рыб в водоемах и водотоках Беларуси и разработке рекомендаций их рационального использования (2005), а также при составлении «Комплексной схемы размещения рыболовных угодий Республики Беларусь» (2007, 2010) и ее дальнейших переработках в виде «Республиканского перечня рыболовных угодий» (2022).

Результаты многолетних исследований были изложены в виде справочного пособия [23], а также приняты органами государственного управления и природоохранными структурами в качестве основополагающих положений в определении экономической оценки рыболовных угодий, установлении ставок арендной платы за рыболовные угодья, определении норм допустимого вылова по категориям угодий, вошли составной частью в методические рекомендации по зарыблению рыболовных угодий фонда запаса (2022) и были учтены в «Правилах ведения рыболовного хозяйства и рыболовства» (2005) и более поздних «Правилах ведения рыболовного хозяйства» (2021). Установление зависимостей прироста рыбного стада и интенсивности рыболовства позволило заложить дополнительные принципы в охране и использовании рыбных ресурсов через определение норматива допустимого вылова, предложенного наряду с промысловой мерой и минимальным шагом ячеи в орудиях рыболовства в качестве механизма регулирования рыболовной нагрузки.

Поскольку рыбные ресурсы являются неотъемлемой частью водных экосистем, сфера приложения исследований лаборатории расширилась и приобрела дополнительную природоохранную направленность. В частности, проведены исследования, позволившие оценить возможность и эффективность реабилитации эвтрофированных водоемов методами биоманипуляций, изучены закономерности формирования устойчивых промысловых рыбных запасов с учетом пространственно-временной структуры прибрежных сообществ молоди рыб (Костоусов, 2013).

Дальнейшее развитие исследования получили в разработке математических моделей формирования рыбопродуктивности водоемов в зависимости от их лимнических (морфометрических и продукционных) показателей, а также расчетов прироста ихтиомассы и промыслового

запаса рыбного стада на основании количественно выраженных показателей трофического состояния [27, 28].

В практике оценки эффективности аренды рыболовных угодий и ведения рыболовного хозяйства, со стороны органов госуправления и арендодателей (исполкомов) постоянно возникали вопросы методического плана. На основании поручения НАН Беларуси (п. 2.3. протокола заседания Президиума Совета министров Республики Беларусь от 27.08.2020 г. № 16) совместно со специалистами Минприроды разработана Методика оценки эффективности ведения рыболовного хозяйства арендаторами рыболовных угодий [29].

В настоящее время научная работа лаборатории направлена на разработку и внедрение мероприятий по устойчивому управлению рыбными ресурсами хозяйственно значимых водных объектов на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), выявление механизмов летального воздействия экстремальных условий окружающей среды на ихтиофауну водоемов Беларуси и разработку комплекса мероприятий по его минимизации, изучение условий формирования и выявление наличия зимовальных ям в рыболовных угодьях, включая видовую специфику рыб, залегающих на зимовку и взаимодействие абиотических факторов с сезонными потребностями рыб. Сотрудники лаборатории приняли участие в организации в Беларуси мониторинга животного мира (в части рыб) и в настоящее время осуществляют мониторинг ихтиофауны и среды ее обитания р. Днепр (на трансграничном с РФ участке) и р. Вилия в пределах 30-км зоны Белорусской АЭС в целях получения репрезентативных данных о возможности воздействия работы станции на численность и запасы различных видов рыб, условия воспроизводства и нагула молоди особо охраняемых видов рыб (балтийский лосось, кумжа, форель ручьевая), фоновых уровнях содержания радиоактивных веществ в рыбе [30, 31].

На основании многолетнего опыта работы лаборатории и анализа текущей ситуации в использовании водных биологических ресурсов, на перспективу дальнейшего развития, были выделены приоритетные направления научно-исследовательской деятельности, включая:

- экологические исследования естественных и искусственных водоемов в целях их реабилитации и дальнейшего рыбохозяйственного использования;
- исследования по устойчивому использованию водных биологических ресурсов ООПТ в целях разработки планов их управления;

- мониторинг (оценка) состояния ресурсной базы рыболовства;
- отработка технологий искусственного воспроизводства ряда ценных аборигенных видов рыб в целях хозяйственного использования и восстановления/поддержания естественных популяций;
- разработка нормативно-технологической документации в сфере ведения рыболовного хозяйства, направленной на оптимизацию эксплуатации на принципах «предосторожного рыболовства»;
- отработка технологий создания хозяйств для любительского (рекреационного) рыболовства с использованием элементов рыбоводства.
- выполнение работ по ведению мониторинга животного мира в части рыб.

Заключение

Рыбохозяйственые исследования в Беларуси развивались от изучения наличия и перечня водных угодий в целях экстенсивного использования ресурсов рыб (промысловое рыболовство) до научно обоснованных методов рационального природопользования на принципах устойчивого (неистощимого) рыболовства. В зависимости от приоритетов на каждом историческом этапе, программы научных исследований были направлены на решение актуальных задач отрасли с конкретными предложениями и технологическими решениями по поставленным вопросам. Была научно обоснована и показана на практике возможность существенного увеличения промысловой рыбопродуктивности рыболовных угодий за счет комплекса мер по формированию оптимальных ихтиоценозов с доведением рыболовной продукции до 30–40 кг/га и более вместо 8–10 кг/га при природной продуктивности. Теоретически обоснована и показана на практике возможность роста промысловой рыбопродукции до 200–300 кг/га при направленной реконструкции ихтиофауны водоемов и использования методов пастбищного рыбоводства. Работы по обогащению качественного состава уловов способствовали формированию промысловых запасов ряда ценных и хозяйственно-значимых видов рыб (угорь, судак, сиг, сазан, карась серебряный и др.), позволившие на протяжении достаточно долгого времени осуществлять их промысловый вылов, тем самым повышая эффективность ведения рыболовного хозяйства. К настоящему времени доля ценных и хозяйственно — значимых видов рыб в суммарном промысловом улове достигла 87 % и устойчиво составляет более 50 %,

тогда как на рубеже 70–80-х годов эта цифра не превышала 35 %. С развитием арендных отношений в области рыболовства были разработаны и предложены основные принципы рационального природопользования в виде разработки индивидуальных (применительно конкретных рыболовных угодий) режимов рациональной эксплуатации ресурсной базы. Разработка системы классификации рыболовных угодий по качественным параметрам, включая трофологические, морфометрические и ихтиологические параметры, а также изучение текущего состояния запасов рыб применительно классифицируемых групп водоемов и водотоков, были положены в основу современных принципов эксплуатации рыбных ресурсов и получила признание в виде ряда нормативных актов и положений в области рыболовного хозяйства, включая установление ставок арендной платы, лимитов и норм допустимого вылова, объемов и реализации промысловых квот.

Список использованных источников

1. Ресурсы поверхностных вод СССР, описание рек и озер и расчеты основных характеристик их режима. Т. 5., Белоруссия и Верхнее Поднепровье: Ч.1 / под общ. ред. К.А. Клюева, Л. : Гидрометиздат, 1971. — С.15–16, 911.
2. Калинин, М.Ю. Водохранилища Беларуси: справочник / М.Ю. Калинин [и др.], под общ. ред. д.т.н. М.Ю. Калинина. — Минск, ОАО «Полиграфкомбинат им. Я. Коласа», 2005 — 182 с.
3. О государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 1 февраля 2021 г № 59.
4. Жуков, П.И. Рыбы Белоруссии / П.И. Жуков // Минск, «Наука и техника», 1965. — 414 с.
5. Очерк развития рыбохозяйственной науки в Беларуси / под редакцией М.М. Радько, В.В. Кончица // Минск, РУП «Институт рыбного хозяйства». — С. 59–66.
6. Брагин, И.М. Рыболовство Беларуси: историко-этнографический очерк. Минск, Навука и тэхніка, 1979.
7. Традыцыі жывелагадоулі Беларусі / Г.І. Каспяровіч [і інш.] навук. рэд. Г.І. Каспяровіч. — Мінск : Беларускае навука, 2019. — С. 313–324.
8. Савина, Н.О. Рыбные ресурсы озер Белорусской ССР и перспективы их изучения // Тр. Белорусского отд. ВНИОРХ, 1957, Т.1. — С. 71–103.
9. Штейнфельд, А.Л. Акклиматизация сиговых рыб в озере Лукомль /А.Л. Штейндфельд // Тр. БелНИИРХ, 1958, Т. 2. — С. 26–56.
10. Костюченко, А.А. Акклиматизация рыб в водоемах Белоруссии / А.А. Костюченко // Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии, Минск, 1970, Т. 7. — С. 147–180.

11. Жуков, П.И. Биологические основы рыболовства / П.И. Жуков // Минск, «Наука и техника», 1968. — 112 с.
12. Жуков, П.И. Рыбное хозяйство Белоруссии за 50 лет Советской власти / П.И. Жуков, В.К. Домбровский, В.П. Ляхнович // Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии, 1970, Т. 7. — С. 3–19.
13. Жуков, П.И. Итоги научно-исследовательской деятельности БЕЛНИИРХа за 1966-1970 гг. и перспектива повышения рыбопродуктивности внутренних водоемов Белоруссии / П.И. Жуков, В.К. Домбровский // Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии, 1972, Т. 8. — С. 3–16.
14. Жуков, П.И. Биологические основы рыболовства / П.И. Жуков // Минск, «Наука и техніка», 1968. — 112 с.
15. Федоров, В.А. Организация озерных товарных рыбных хозяйств в Беларуси / В.А. Федоров, А.А. Костюченко. — Минск, Полымя, 1979. — 34 с.
16. Копылова, Т.В. Экологическое состояние озера Свирь, эксплуатируемого в режиме нагульного товарного хозяйства / Т.В. Копылова [и др.]. Матер. 23 научн. конф. по изучению водоемов Прибалтики, Петрозаводск, 1991. — С. 76–77.
17. Копылова, Т.В. Влияние интенсификации рыбоводства на экосистему озера Свирь / Т.В. Копылова [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии, 1995, В. 13. — С. 58–71.
18. Савина, Н.О. Опыт подготовки малых озер Белоруссии к рыбохозяйственному использованию / О.Н. Савина [и др.]. Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии, 1967, Т. 6. — С. 109–116.
19. Савина, Н.О. Выращивание пеляди и карпа в малых озерах Витебской области, подготовленных химическим методом / О.Н. Савина, В.А. Федоров // Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии, 1970, Т. 7. — С. 205–222.
20. Костюченко, А.А. Результаты преобразования озера Белое-Доброплес в питомник для пеляди с применением аммиака // А.А. Костюченко, Э. Г. Хабибулин, В.Г. Костоусов, В.В. Пасечник // Рыбное хозяйство, 1983, № 5. — С. 28–29.
21. Костюченко, А.А. Опыт преобразования малого лесного озера в рыбопитомник по выращиванию ценных видов рыб // А.А. Костюченко, В.Г. Костоусов: Инф. -листок БелНИИНТИ, 1983, № 226.
22. Костоусов, В.Г. Система рациональной классификации озер Беларуси // В.Г. Костоусов [и др.]. В сб. «Материалы I конгресса ихтиологов России», Астрахань, сентябрь, 1997. — М. : 1997. — 116 с.
23. Система рационального рыбохозяйственного использования водоемов Беларуси, предусматривающая оптимальное промышленное и любительское рыболовство: Справочное пособие. / Под общей редакцией к.б.н. В.Г. Костоусова. ГП «БелНИИрыбпроект». — Мн., 1997.
24. Федоров, В.А. Методы и способы определения промыслового запаса рыбы в водоемах Беларуси / В.А. Федоров // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси, 1995, В.13. — С. 17–47.
25. Федоров, В.А. Методика оценки рыбных запасов озер Беларуси и определение оптимального коэффициента их промыслового использования на

основе прироста рыбного стада / В.А. Федоров // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси, 1996, В. 14. — С. 179–195.
26. Костоусов, В.Г. Опыт эксплуатации и экологической оценки рыболовных угодий Беларуси / В.Г. Костоусов // Экологическая оценка водных ресурсов (ВБР): Матер. научно-практ. конф., ВНИРО, 12-13 сентября 2004 г. — М.: ВНИРО, 2004. — С. 72–75.
27. Костоусов, В.Г. Зависимость ихтиомассы озер Беларуси от некоторых биолимнологических показателей / В.Г. Костоусов // Водные биоресурсы и аквакультура: научный журнал. — 2017, Вып. 1. — С. 40–59.
28. Костоусов, В.Г. Об определении допустимого изъятия рыбной продукции в зависимости от продукционных характеристик водоема / В.Г. Костоусов [и др.] // Вестник рыбохозяйственной науки, 2019, Т.6, №4 (24). — С. 51–62.
29. Костоусов, В.Г. Об оценке эффективности рыболовного хозяйства / В.Г. Костоусов, А.С. Гиряев // Перспективные технологии аквакультуры. Матер. всерос. научно-практ.конф. с международн. участием, Москва, 18-19 мая 2021 г. — М.: Перо, 2021. — С. 107–115.
30. Никитенко, А.И. Современное состояние водных биоресурсов трансграничного участка реки Днепр в пределах Смоленской области, Российской Федерации и Республики Беларусь / А.Н. Никитенко [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство, 2012, № 7. — С .8–21.
31. Костоусов, В.Г. Мониторинг промысловой ихтиофауны реки Вилия в зоне строительства Белорусской АЭС / В.Г. Костоусов, Г.П. Прищепов // Совр. проблемы рац. использования водных биоресурсов II научно-практ. конф., Киев, 27-29 октября 2020 г: сборник материалов, Киев, 20220. — С. 65–67.

Reference

1. USSR surface water resources, description of rivers and lakes and calculations of the main characteristics of their regime. *T. 5., Belorussiya i Verhnee Podneprov'e: CH.1/ pod obshch. red. K.A.Klyueva. L.: Gidrometizdat*, 1971. — S. 15–16, 911.
2. Kalinin M.Yu. Reservoirs of Belarus: a guide / M.Yu. Kalinin [et al.], *under the general editor M.Yu. Kalinin — Minsk, OJSC Ya. Kolas Polygraphkombinat*, 2005. 182 s.
3. On the state program "Agricultural Business" for 2021-2025. *Postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus' ot 1 fevralya* 2021 g № 59.
4. Zhukov P.I. Pisces of Belarus / P.I. Zhukov // *Minsk, "Science and Technology,"* 1965. — 414 s.
5. Essay on the development of fisheries science in Belarus / *edited by M.M. Radko, V.V. Konchitsa // Minsk, RUE " Nauka i tekhnika,"* S. 59–66.
6. Bragin I.M. Rybolovstvo Belarusi: istoriko-etnograficheskij ocherk [Fishing of Belarus: historical and ethnographic essay] *Minsk, Navuka and tehnika*, 1979.
7. Tradycyi zhyvelagadouli Belarusi / G.I. Kaspyarov [i insh.] navuk. red. G.I. Kaspyarov. — *Minsk: Belaruskae navuka*, 2019. — S. 313–324.

8. Savina N.O. Rybnye resursy ozer Belorusskoj SSR i perspektivy ih izucheniya [Fish resources of lakes of the Byelorussian SSR and prospects for their study] // *Tr. Belorusskogo otd. VNIORH*, 1957, T.1. — S. 71–103.9.
9. SHtejnfel'd A.L. Akklimatizaciya sigovyh ryb v ozere Lukoml' [Acclimatization of whitefish in Lake Lukoml] /*AL Steindfeld // Tr. BelNIIRH*, 1958, T. 2. — S. 26–56.
10. Kostyuchenko A.A. Acclimatization of fish in water bodies of Belarus /A.A. Kostyuchenko // *Belarus fish industry problems, Minsk,* 1970, T. 7 — S. 147–180.
11. Zhukov P.I. Biological foundations of fishing / P.I. Zhukov // Minsk, *Nauka i tekhnika = "Science and Technology"* 1968. — 112 s.
12. Zhukov P.I. Fishery of Belarus for 50 years of Soviet power / P.I. Zhukov, V.K. Dombrovsky, V.P. Lyakhnovich // *Nauka i tekhnika = Science and technology,* 1970, T. 7. — S. 3–19.
13. Zhukov P.I. The results of the research activities of BELNIIRKH for 1966-1970. and the prospect of increasing the fish production of the internal reservoirs of Belarus/P.I. Zhukov, V.K. Dombrovsky // *Nauka i tekhnika = Science and technology*, 1972, T. 8. — S. 3–16.
14. Zhukov P.I. Biological foundations of fishing / P.I. Zhukov // Minsk, *Nauka i tekhnika =Science and Technology.* — 1968. — 112 s.
15. Fyodorov V.A. Organization of lake commercial fish farms in Belarus / V.A. Fyodorov, A.A. Kostyuchenko. — *Minsk, Polymya*, 1979. — 34 s.
16. Kopylova T.V. Ecological condition of Svir Lake operated in feeding commercial economy mode / T.V. Kopylova [et al.]. *Mater. 23 nauchn. konf. po izucheniyu vodoemov Pribaltiki = Mater. 23 scientific conf. on the study of the reservoirs of the Baltic States, Petrozavodsk*, 1991. — S. 76–77.
17. Kopylova T.V. Impact of intensification of fish farming on the ecosystem of Lake Svir / T.V. Kopylova [et al.] // *Belarus fish industry problems*, 1995, V. 13. — S. 58–71.
18. Savina N.O. Experience in Preparing Small Lakes of Belarus for Fishery Use / O.N. Savina [et al.]. — *Belarus fish industry problems*, 1967, T. 6. — S. 109–116.
19. Savina N.O. Growing Peladas and Carps in Small Lakes of the Vitebsk Region, Prepared by the Chemical Method / O.N. Savina, V.A. Fedorov // *Belarus fish industry problems,* 1970, T. 7. — S. 205–222.
20. Kostyuchenko A.A. The results of the transformation of Lake Beloe-Dobroples into a nursery for pelades using ammonia // A.A. Kostyuchenko, E.G. Khabibulin, V.G. Kostousov, V.V. Pasechnik // *Rybnoe hozyajstvo = Fishery*, 1983, No. 5. — S. 28–29.
21. Kostyuchenko A.A. Experience in transforming a small forest lake into a fish nursery for growing valuable fish species /A.A. Kostyuchenko, V.G. Kostousov // *Informacionnyj listok BelNIINTI =Inf.-leaf BelNIINTI*, 1983, No. 226.
22. Kostousov V.G. System of rational classification of lakes of Belarus // V.G. Kostousov [et al.]. *V sbornike «Materialy I kongressa ihtiologov Rossii»=In Sat. "Materials of the 1st Congress of Ichthyologists of Russia," Astrakhan*, September, 1997. — M.:1997. — p. 116.

23. System of rational fishery management of water bodies of Belarus, which provides for optimal industrial and amateur fishing: Reference manual / *Pod obshchej redakciej k.b.n. V.G. Kostousova GP «BelNIIrybproekt»=Under the general editorship of Ph.D. V.G. Kostousova. GP "BelNIIrybproekt"* — Mn., 1997.
24. Fyodorov V.A. Methods and methods of determining the commercial stock of fish in water bodies of Belarus / V.A. Fyodorov // *Belarus fish industry problems*, 1995, V.13. — S. 17–47.
25. Fyodorov V.A. Methodology for assessing the fish reserves of lakes in Belarus and determining the optimal coefficient of their commercial use based on the growth of the fish herd/V.A. Fyodorov// *Belarus fish industry problems.* — 1996, V. 14. — S. 179–195.
26. Kostousov V.G. Experience in the operation and environmental assessment of fishing grounds in Belarus / V.G. Kostousov // *Ekologicheskaya ocenka vodnyh resursov (VBR): Mater. nauchno-prakt. konf., VNIRO=Environmental assessment of water resources (WBR): Mater. scientific prakt. conf., VNIRO,* September 12-13, 2004. — M.: VNIRO, 2004. — S. 72–75.
27. Kostousov V.G. Dependence of ichthyomass of lakes of Belarus on some biolimnological indicators / V.G. Kostousov // *Vodnye bioresursy i akvakul'tura: nauchnyj zhurnal=Aquatic biological resources and aquaculture: scientific journal*. — 2017, Issue 1. — S. 40–59.
28. Kostousov V.G. On the determination of the permissible withdrawal of fish products depending on the production characteristics of the reservoir / V.G. Kostousov [et al.] // *Bulletin of Fisheries Science*, 2019, T.6, No. 4 (24). — S. 51–62.
29. Kostousov V.G. On evaluation of fishing efficiency / V.G. Kostousov, A.S. Giryaev // Perspektivnye tekhnologii akvakul'tury. *Mater. vseros. nauchno-prakt.konf. s mezhdunarodn. uchastiem Promising aquaculture technologies=Mater. vseros. scientific and practical config. since international participation*, Moscow, May 18-19, 2021. — M. : Pen, 2021. — S. 107–115.
30. Nikitenko A.I. The current state of aquatic biological resources of the transboundary section of the Dnieper River within the Smolensk region, the Russian Federation and the Republic of Belarus / A.N. Nikitenko [et al.] // *Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo=Fish farming and fisheries*, 2012, No. 7. — S. 8–21.
31. Kostousov V.G. Monitoring of the commercial ichthyofauna of the Vilia River in the construction zone of the Belarusian NPP / V.G. Kostousov, G.P. Prishchepov // *Covr. problemy rac. ispol'zovaniya vodnyh bioresursov II nauchno-prakt. konf =Modern rat problems. use of aquatic biological resources II scientific-prakt. conf.*, Kyiv, October 27-29, 2020: collection of materials, Kyiv, 20220. — S. 65–67.

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. ORCID: 0000–0002–3926–9432

Апсолихова Ольга Дмитриевна — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией 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

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: lablakeirh@gmail.com

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

Vladimir G. Kostousov — Ph.D. (Biology), Associate Professor, Deputy Director of Science, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vkostousov@tut.by. http://orcid.org/0000-0002-3926-9432

Olga D. Apsolikhova — Ph.D. (Biology), Head of Laboratory of Fish Breeding and Fishing in Natural Water Bodies, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Georgy P. Prishchepov — Senior Researcher, Laboratory of Fish Breeding and Fishing in Natural Water Bodies, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lablakeirh@gmail.com

Taisia I. Popinachenko — Researcher, Laboratory of Fish Breeding and Fishing in Natural Water Bodies, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lablakeirh@gmail.com

УДК 574.5

Поступила в редакцию 20.05.2023
Received 20.05.2023

В.Ю. Агеец, Г.П. Воронова, А.Г. Литвинова, В.К. Дашкевич

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

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЫБОВОДСТВЕ

Аннотация. В статье даны направления исследований лаборатории гидробиологии и гидрохимии в рыбоводстве в исторической перспективе и в настоящее время. Представлены основные результаты научных исследований и достижения лаборатории. Обозначены перспективные направления исследований, представляющие научный интерес в ближайшем будущем.

Ключевые слова: научные исследования, гидробиология, гидрохимия, перспективные направления исследований

Uladzimir Yu. Aheyets, Galina P. Voronova, Anastasiya G. Litvinava, Viktor K. Dashkevich

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

THE MAIN DIRECTIONS AND PROSPECTS OF HYDROBIOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL RESEARCH IN FISH FARMING

Abstract. The article describes the directions of research of the laboratory of hydrobiology and hydrochemistry in the historical perspective and at the present time. The main results of scientific research and achievements of the laboratory are represented. Promising areas of research that are of scientific interest in the near future are outlined.

Keywords: scientific research, hydrobiology, hydrochemistry, promising areas of research

Исследования развития водных организмов, служащих естественной кормовой базой для объектов аквакультуры, а также качества среды

обитания гидробионтов в прудах и естественных водоемах, проводились на протяжении всего периода существования белорусской ихтиологической науки.

В Беларуси целенаправленный характер они приобрели в 50–60-х гг. XX века усилиями группы гидробиологов и гидрохимиков Белорусского отделения ВНИОРХ: В.П. Ляхновичем, Н.А. Дунке, К.А. Черемисовой, И.В. Цыганковым.

Лаборатории гидробиологии и гидрохимии как структурные подразделения Института рыбного хозяйства были основаны в 1958 г. В 90-х годах после их объединения была образована «Лаборатория радиационной экологии и качества среды», в 2007 г. — переименована в «Лабораторию гидробиологии и качества среды», с 2019 г. — в «Лабораторию гидробиологии и гидрохимии». Несмотря на изменение названия лаборатории, основное ее назначение — изучение продукционных процессов, повышение естественной кормовой базы и улучшение качества среды в рыбоводных прудах.

В становлении лаборатории, выборе направления исследований ведущая роль принадлежала к.б.н. В.П. Ляхновичу, который внес значительный вклад в развитие прудового рыбоводства, теорию и практику удобрения прудов [1].

Ученые лаборатории разработали способы применения твердых и жидких азотно-фосфорных удобрений в рыбоводных прудах, позволяющие увеличить естественную рыбопродуктивность прудов в 1,5–2,0 раза.

Высокая степень интенсификации прудового рыбоводства приводит к органическому загрязнению среды и возможности гибели рыбы, в связи с чем сотрудниками лаборатории разработаны и внедрены «Способ определения предзаморной ситуации в рыбоводных водоемах», позволяющий в кратчайшие сроки оценить сложившуюся ситуацию в прудах и принять меры по предотвращению заморов, а также «Способ регулирования pH водной среды в рыбоводных водоемах», который вошел в союзные «Инструкции по регулированию pH среды прудов и определению предзаморного состояния и токсикозов рыб в рыбоводных прудах» [2, 3]. Огромная работа проведена сотрудниками лаборатории во главе с И.В. Цыганковым по картированию грунтов всего прудового фонда республики. Эти исследования позволили рекомендовать производству научно обоснованные дозы внесения извести в пруды.

В 80-х годах разработана высокоинтенсивная технология выращивания рыбы, обеспечивающая получение 30 ц рыбопродукции с 1 га. В технологии определены оптимальные плотности зарыбления прудов при 2-х и 3-хлетних оборотах выращивания рыбы в поликультуре, а также комплекс интенсификационных мероприятий, включающий биологические, химические и технические (способы аэрации) [4].

С переходом экономики республики на рыночные отношения актуальной стала разработка ресурсосберегающих технологий выращивания рыбы, позволяющих за счет применения новых технологических приемов снизить ее себестоимость. Сотрудниками лаборатории разработаны технологии пастбищного выращивания посадочного материала и товарной рыбы, позволяющие без использования концентрированных кормов, за счет применения эффективных средств стимуляции естественной кормовой базы получать в условиях Беларуси рыбопродуктивность до 5,0–6,0 ц/га, при этом себестоимость товарной рыбы была снижена на 39 %, [5, 6] также разработана технология получения более крупной товарной рыбы (до 1 кг) при двухлетнем обороте и снижении себестоимости рыбы до 15–30 % [7].

Значительная работа проведена по оценке содержания микроэлементов в воде и грунтах прудовых хозяйств. Выявлена их потребность в микроудобрениях. Разработан способ стимулирования естественной кормовой базы прудов за счет применения комплекса микроэлементов (Mo+Mn) [8].

Одним из направлений работы лаборатории является изучение влияния на развитие естественной кормовой базы органических веществ, которые в больших количествах образуются при переработке продукции сельскохозяйственного производства в виде отходов.

В связи с ростом цен на минеральные удобрения возникла необходимость в их частичной замене на дешевые формы органических удобрений в виде отходов перерабатывающей промышленности. Проведены исследования и разработаны способы использования отходов сахарного, спиртового, пивоваренного и крахмального производства, применение которых уменьшило потребность в минеральных удобрениях на 1 га рыбоводных площадей в 2 раза, позволило увеличить рыбопродуктивность за счет естественных кормов на 50–90 %, снизить затраты комбикормов на 15–19 % [9, 10].

В настоящее время проводятся исследования по изучению влияния на развитие естественной кормовой базы и повышение продуктивнос-

ти производства рыбы компостов, созданных на основе местного сырья рыбхозов с применением биологических активаторов созревания, а также влиянию фугата (вторичный отход спиртового производства) на развитие естественной кормовой базы. На постоянной основе проводятся исследования биологического разнообразия гидробионтов в составе фито-, зоопланктона и зообентоса, которые позволяют определить тенденции развития организмов, составляющих основу естественной кормовой базы.

Не менее важным направлением исследований лаборатории является мониторинг гидрохимического режима водотоков республики и рыбоводных прудов. Проведены комплексные экологические исследования малых, средних и главных водотоков республики. Исследовано более 50 рек Беларуси. Дана их экологическая характеристика, предложены мероприятия по защите водотоков от загрязнения и рыбохозяйственному использованию.

Учеными лаборатории за последние 20 лет разработано 15 научно-технологических нормативных документов (инструкций, технологических регламентов, методических рекомендаций и др.), которые внедрены в производство.

Большой вклад в исследования лаборатории и во внедрение разработок внесли кандидаты биологических наук Игорь Терентьевич Астапович, Эдуард Тухватулович Хабибулин, Галина Петровна Воронова, которые в отдельные годы возглавляли лабораторию, а также доктора наук Камлюк Лилия Васильевна и Галковская Галина Афанасьевна.

Следует также отметить многолетнюю работу ведущих специалистов Просянник Лидии Васильевны, Куцко Людмилы Александровны, кандидатов биологических наук Копыловой Тамары Васильевны и Десятика Ивана Ивановича.

Работы по определению гидрохимического режима рыбоводных прудов проводятся постоянно, что позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы с содержанием в водной среде биогенов, растворенного кислорода и изменение pH водной среды, чтобы не допустить возникновения заморов.

Новым направлением исследований лаборатории является изучение влияния микробиальных препаратов для стимуляции развития естественной кормовой базы прудов. Эти исследования проводятся совместно с Институтом микробиологии НАН Беларуси и ГНПО «Химический синтез и биотехнологии». Созданные микробные препараты на основе

прошедших апробацию в лабораторных условиях бактериальных штаммов обладают азотфиксирующей и фосфатмобилизирующей активностями, позволяющими применять их в рыбоводном производстве для повышения содержания биогенов в прудовой воде и, как следствие, улучшения развития естественной кормовой базы. На основе этих исследований разработаны биологические препараты «Бактофиш», «Биовир» и «Биопруд» и соответствующие технологии их применения в рыбоводных прудах. Последний препарат способствует выходу в водную среду биогенов, депонированных в грунте водоемов, делая их доступными для потребления растительными гидробионтами и, тем самым, развитию естественной кормовой базы.

Это направление исследований являются наиболее перспективным в деятельности лаборатории. Созданные и апробированные в рыбоводстве биологические препараты могут стать основой стратегии улучшения качества природной среды обитания рыб, повышения уровня развития естественной кормовой базы и снижения пресса патогенных организмов на рыбу, получению экологически чистой рыбной продукции.

Сотрудники лаборатории выполняют гидрохимические и гидробиологический исследования для сторонних организаций на основе хозяйственных договоров. Среди организаций, для которых выполнялись исследования, ОАО «Гродненская табачная фабрика «Неман», государственное учреждение «Главное управление по обслуживанию дипломатического корпуса и официальных делегаций «Дипсервис», ОАО «Красносельскстройматериалы», ЗАО «Агрокомбинат Несвижский». Заказчикам представлены результаты анализов качества воды, позволяющие дать оценку экологическому состоянию водоемов. Даны рекомендации по поддержанию оптимального состояния гидрохимических показателей, препятствующих возможным заморным явлениям и гибели рыбы.

Важнейшие результаты научных исследований лаборатории гидробиологии и гидрохимии:

Учеными лаборатории разработаны:

- инструкция о порядке известкования прудов рыбоводческих организаций;
- инструкция по применению минеральных удобрений в прудах рыбоводческих организаций;
- рекомендации по применению жидких комплексных удобрений в рыбоводных прудах;

- инструкция по регулированию pH водной среды.
- инструкция по определению предзаморного состояния в рыбоводных прудах;
- инструкция по совместному применению химической обработки ложа и минеральных удобрений по воде с целью повышения рыбопродуктивности прудов;
- технологическая инструкция по использованию калийных удобрений в рыбоводных прудах;
- технологическая инструкция по удобрению рыбоводных прудов дефекационными осадками сахарного производства и ТУ на их применение;
- технологические инструкции по использованию отходов пищевой промышленности в прудах и ТУ на их применение (пивная дробина, спиртовая барда, свекловичный жом, мезга картофельная);
- технологическая инструкция по удобрению рыбоводных прудов пивными дрожжами и техническим альбумином;
- технологические регламенты пастбищного выращивания рыбопосадочного материала и товарной рыбы в прудах;
- технологический регламент производства посадочного материала растительноядных рыб в рыбоводных прудах;
- технологический регламент выращивания товарной рыбы (карпа) массой свыше 500 г при двухлетнем обороте;
- рекомендации по применению препарата биологического «Биовир» в прудах;
- технологическая инструкция по применению микробного удобрения «Бактофиш» в рыбоводных прудах.

Исследования экологической направленности в рыбоводстве в настоящее время становятся все более востребованными. Перспективными являются исследования по изучению влияния сбросных вод с рыбоводных прудов на открытые водотоки и водоемы республики.

Список использованных источников

1. Винберг, Г.Г. Удобрение прудов / Г.Г. Винберг, В.П. Ляхнович. — М: Пищевая промышленность, 1965. — 270 с.
2. Способ определения предзаморного состояния в рыбоводных прудах: пат. SU 961624 / И.Г. Астапович, Г.П. Воронова. — Опубл. 30.09.1982.

3. Способ регулирования pH водной среды в рыбоводных водоемах : a.c. SU 1717033 / Э.Т. Хабибулин, И.С. Шестерин, З.Ф. Лемеза, Г.П. Воронова, В.А. Лебедева, Т.М. Лукина, Т.Н. Краснова. — Опубл. 07.03.92.
4. Количественные закономерности изменения гидрохимического и гидробиологического режима рыбоводных прудов при высокоинтенсивном выращивании рыбы : Биологические ресурсы водоемов бассейна Балтийского моря: Тез. докл. XXIII Науч. конф. по изуч. водоемов Прибалтики / [Редкол.: А.М. Кутузов [и др.]. — Петрозаводск. 1991. — С. 115–116.
5. Воронова, Г.П. Технологический регламент пастбищного выращивания прудовой товарной рыбы. / Г.П. Воронова, Т.В. Копылова, Л.А. Куско и др. // Сб. науч.-технол. и методической документации по аквакультуре в Беларуси. — Минск : Тонпик. — 2006. — С. 94–109.
6. Воронова, Г.П. Технология пастбищного выращивания рыбопосадочного материала прудовых рыб. / Г.П. Воронова, И.Т. Астапович, Л.Н. Куцко и др. // Сб. науч.-технол. и методической документации по аквакультуре в Беларуси. — Минск : Тонпик. — 2006. — С. 109–127.
7. Агеец, В.Ю. Технологический регламент выращивания товарной рыбы массой свыше 500 г при двухлетнем обороте. // В.Ю. Агеец, Г.П. Воронова, Н.И. Гадлевская и др. // Сб. научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси за период с 2006 по 2018 годы. — Минск. РУП «Институт рыбного хозяйства». — 2018. — С. 44–73.
8. Астапович, И.Т. Технологическая инструкция по применению микроудобрений в рыбоводных прудах / И.Т. Астапович, Г.П. Воронова, Л.А. Куцко и др. // Сб. науч.-технол. и методической документации по аквакультуре в Беларуси. — Минск : Тонпик. — Минск : Тонпик. — 2006. — С. 232–238.
9. Воронова, Г.П. Технологическая инструкция по удобрению рыбоводных прудов дефекационными осадками сахарного производства. / Г.П. Воронова, Л.А. Куцко, Г.Г. Адамчик. // Сб. науч.-технол. и методической документации по аквакультуре в Беларуси. — Минск : Тонпик. — 2006. — С. 223–229.
10. Воронова, Г.П. Технологическая инструкция по использованию отходов пищевой промышленности в рыбоводных прудах. / Г.П. Воронова, Л.А. Куцко, Г.Г. Адамчик, С.Н. Пантелей, Б.В. Адамович // Сб. научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси за период с 2006 по 2018 годы. — Минск. РУП «Институт рыбного хозяйства». — 2018. — С. 37–43.

Reference

1. Vinberg G.G. Fertilizer ponds. M: Food Industry, 1965. — 270 p.
2. Method for determining the premorbid condition in fish ponds: Pat. SU 961624 / I. G. Astapovich, G.P. Voronova. — Published 09/30/1982.
3. A method for regulating the pH of the aquatic environment in fish ponds: a.s. SU 1717033 / E.T. Khabibulin, I.S. Shesterin, Z.F. Lemeza, G.P. Voronova, V.A. Lebedeva, T.M. Lukina, T.N. Krasnova. — Published 03/07/92.

4. Quantitative patterns of changes in the hydrochemical and hydrobiological regime of fish ponds during high-intensity fish farming: Biological resources of the reservoirs of the Baltic Sea basin: Tez. report XXIII Scientific. conf. according to the study reservoirs of the Baltic / [Ed.: A.M. Kutuzov [et al.]. — Petrozavodsk. 1991. — P. 115–116.
5. Voronova G.P. Technological regulations for pasture cultivation of pond marketable fish. / G.P. Voronova, T.V. Kopylova, L.A. Cusco and others // Sat. scientific-technological and methodological documentation on aquaculture in Belarus. — Minsk: Tonpik. — 2006. — P. 94–109.
6. Voronova G.P. Technology of pasture cultivation of fish stock of pond fish. / G.P. Voronova, I.T. Astapovich, L.N. Kutsko and others // Sat. scientific-technological and methodological documentation on aquaculture in Belarus. — Minsk: Tonpik. — 2006. — P. 109–127.
7. Ageets V.Yu. Technological regulations for growing commercial fish weighing more than 500 g with a two-year turnover. // V.Yu. Ageets, G.P. Voronova, N.I. Gadlevskaya et al. // Sat. scientific, technological and methodological documentation on aquaculture in Belarus for the period from 2006 to 2018. — Minsk. RUE "Institute of Fisheries". — 2018. — P. 44–73.
8. Astapovich I.T. Technological instruction for the use of microfertilizers in fish ponds / I.T. Astapovich, G.P. Voronova, L.A. Kutsko and others // Sat. scientific-technological and methodological documentation on aquaculture in Belarus. — Minsk: Tonpik. — Minsk: Tonpik. — 2006. — P. 232–238.
9. Voronova G.P. Technological instruction for the fertilization of fish ponds with defecation sludge from sugar production. / G.P. Voronova, L.A. Kutsko, G.G. Adamchik. // Sat. scientific-technological and methodological documentation on aquaculture in Belarus. — Minsk: Tonpik. — 2006. — P. 223–229.
10. Voronova G.P. Technological instruction for the use of food industry waste in fish ponds. / G.P. Voronova, L.A. Kutsko, G.G. Adamchik, S.N. Panteley, B.V. Adamovich // Sat. scientific, technological and methodological documentation on aquaculture in Belarus for the period from 2006 to 2018. — Minsk. RUE "Institute of Fisheries". — 2018. — P. 37–43.

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@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@mail.ru

Литвинова Анастасия Геннадьевна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лабораторией гидробиологии и гидрохимии, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной акаде-

мии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nastya_litvinova_1986@mail.ru

Дашкевич Виктор Карлович — кандидат химических наук, заведующий 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: v.dashkevich@gmail.com

Information about authors

Uladzimir Yu. Aheyets — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.ru

Galina P. Voronova — PhD (Biology), Leading Researcher of Lab. Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.ru

Anastasiya G. Litvinava — PhD. (Biology), assistant professor, Leading Researcher of Lab. Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nastya_litvinova_1986@mail.ru

Viktor K. Dashkevich — PhD (Chemical), Heard of Laboratory Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v.dashkevich@gmail.com

УДК 57.04:639.2/.3

Поступила в редакцию 20.05.2023
Received 20.05.2023

В.Ю. Агеец, С.М. Дегтярик, С.В. Полоз, Г.В. Слободницкая, Е.В. Максимьюк, А.В. Беспалый, Т.А. Говор

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

ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХТИОПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. В работе приводятся направления и результаты ихтиопатологических исследований в рыбоводных хозяйствах и естественных водоемах, проводимых сотрудниками лаборатории болезней рыб на современном этапе. Интенсификация рыбоводства предполагает соблюдение превентивных мер по предупреждению и контролю в отношении заболеваний гидробионтов и их возбудителей, а также последствий их негативного влияния. Важным при этом является использование научно обоснованного подхода, включающего проведение мониторинговых исследований, актуальных диагностических исследований, анализ их результатов и прогноз сложившейся ситуации в рамках управления рисками в рыбоводной и рыболовной отрасли, а также принятие при необходимости адекватных действий, включающих применение общехозяйственных мер и специальных средств.

Ключевые слова: направления исследований, рыбы, зараженность, бактерии, паразиты, устойчивость, стресс, препараты, лечение, профилактика, научно обоснованный комплекс мероприятий

Uladzimir Yu. Aheyets, Sviatlana M. Dziahtsiaryk, Sviatlana V. Polaz, Halina U. Slabodnitskaya, Yauheniya U. Maksimyuk, Aliaksei V. Biaspaly, Tatsiana A. Hovar

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

HISTORY AND MODERN DIRECTIONS OF ICHTHYOPATHOLOGICAL RESEARCH IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. The paper presents the results of the directions of ichthyopathological research in fish farms and natural reservoirs, which are carried out by researchers

of the Laboratory of Fish Diseases at the present stage. The intensification of fish farming implies compliance with preventive measures to prevent and control diseases of hydrobionts and their pathogens, as well as the consequences of their negative impact. It is important to use a science-based approach, including monitoring studies, current diagnostic studies, their analysis and forecast of the current situation in the framework of risk management in the fish farming and fishing industry, as well as taking, if necessary, adequate actions, including the application of general economic measures and special funds.

Keywords: areas of research, fish, infestation, bacteria, parasites, resistance, stress, drugs, treatment, prevention, evidence-based set of measures

Исследования по болезням рыб проводились в институте и до существования специального подразделения. При отделе прудового рыбоводства работала группа специалистов-ихтиопатологов: кандидаты биологических наук Чечина А.С. и Масленникова Е.И., Леоненко Е.П., а также старший научный сотрудник Екельчик Р.З. Исследования ученых-паразитологов позволили изучить паразитофауну прудовых и озерных видов рыб, уточнить многие вопросы по разработке и внедрению эффективных способов профилактики и лечения инвазионных заболеваний, что способствовало в будущем предотвращению массовых отходов рыб. Однако, с ростом интенсификации прудового рыбоводства, проблема болезней рыб приобрела первостепенное значение, что привело к созданию специализированной лаборатории болезней рыб.

В существующем виде лаборатория болезней рыб в институте рыбного хозяйства была сформирована в 1975 г. При этом были определены основные направления исследований: паразитология, бактериология и вирусология рыб, влияние среды обитания рыб на развитие эпизоотий. В 1986 г. при лаборатории был создан сектор радиологических исследований. Под данные исследования сформирована инфраструктура (оборудованы аквариальная, боксы, лаборатория и др.)

Для проведения исследований Минрыбхозом СССР выделялись средства, в том числе и валютные, для приобретения необходимого оборудования, высококачественных сред, реактивов (пр-во Японии, США). Все специалисты лаборатории проходили стажировку в ведущих научных учреждениях страны (ВНИИПРХ, ВИЭВ, ГосНИОРХ), а также за границей (Германия, Венгрия). Большую помощь лаборатории в организации и проведении исследований оказывали доктора биологических наук профессор В.А. Мусселиус и профессор О.Н. Бауэр. С мо-

мента образования лаборатории ее руководителем был кандидат ветеринарных наук Л.Н. Головнев, а с 1982 по 2013 г. — кандидат биологических наук Э.К. Скурат. Значительный вклад в разработку тематик лаборатории внесли А.А. Флоринская, Э.Т. Хабибулин, В.Н. Столович, А.Н. Куликова, М.Л. Смирнова, В.А. Сиволоцкая, Е.И. Гребнева, В.В. Ус. Лабораторией постоянно оказывается методическая и практическая помощь субъектам хозяйствования, занимающимся рыбоводством, по диагностике и борьбе с болезнями рыб.

Учеными лаборатории было изучено (1975–1980 гг.) одно из наиболее широко распространенных и опасных заболеваний карпа — бранхионекроз. Острое течение бранхионекроза регистрировалось практически во всех хозяйствах и сопровождалось массовыми отходами двух- и трехлетка карпа (до 80 %). Совместно с сотрудниками лаборатории ихтиопатологии ВНИИПРХа изучена этиология заболевания, разработаны способы профилактики.

К наиболее опасным болезням молоди карпа относится воспаление плавательного пузыря (ВПП). Заболевание регистрировалось в республике с начала шестидесятых годов, в основном протекало в острой форме и сопровождалось массовыми (до 90 %) отходами молоди карпа. Изучением воспаления плавательного пузыря ученые лаборатории занимались с 1979 г. Изучена эпизоотология этого заболевания, этиология, разработаны меры борьбы с ВПП карпов. Установлено, что причиной возникновения заболевания являются паразитические простейшие *Spaerosphora renicola* и бактерии в качестве секундарной инфекции. Сотрудниками лаборатории (Флоринская А.А., Скурат Э.К., Гребнева Е.И.) разработаны и утверждены «Методические рекомендации по диагностике ВПП» и «Наставление по применению биофузола и МИКС-10 для лечения ВПП». Указанные разработки успешно прошли производственные испытания и нашли широкое применение, как в Беларуси, так и в других республиках СССР. Вследствие принятых мер в настоящее время ВПП регистрируется в единичных хозяйствах, в основном, в хронической форме и не сопровождается отходами рыбы.

Благодаря достаточно высокой культуре рыбоводства, Республика Беларусь до 1977 г. была единственным регионом интенсивного карповодства, где не регистрировались опасные инфекционные заболевания, такие как весенняя вирусная болезнь (ВВБ), аэромоноз и псевдомоноз, объединенные общим синдромом «краснуха». В 1977 г. в республику из Украины были завезены производители амурского сазана, буфало, из

России — растительноядные рыбы (РЯР). Вместе с завезенной рыбой проникли патогенные штаммы возбудителей болезней, в результате чего указанные заболевания вирусной и бактериальной этиологии приобрели широкий размах и были зарегистрированы в 75 % хозяйств республики. При этом наблюдалось острое и подострое течение заболевания, сопровождаемое массовыми отходами карпа и РЯР. Кроме того, аэромоноз был зарегистрирован у карпа и угря в ряде естественных водоемов, куда производили посадки рыбы на нагул. Исследования по бактериальным и вирусным заболеваниям рыб в лаборатории проводились кандидатами биологических наук Скурат Э.К., Куликовой А.Н., научными сотрудниками Асадчей Р.Л., Сиволоцкой В.А., Говор Т.А. Учеными лаборатории разработаны экспресс-метод диагностики заболеваний, а также меры профилактики и лечения бактериальных инфекций. Профилактика бактериальных инфекций в настоящее время является обязательной составной частью технологического процесса выращивания рыбы.

В 90-х годах прошлого столетия в республике сложилась напряженная ситуация с обеспечением рыбоводной отрасли средствами защиты рыб от заболеваний в связи с тем, что ранее лечебные препараты поступали к нам в основном из других республик и стран (Украина, Россия, Югославия, Польша, Индия, Китай и др.). Кроме того, многие препараты были сняты с производства либо утратили свою актуальность. Усугубляли ситуацию попытки завезти в республику препараты с истекшим сроком годности или низкого качества. В этот период на помощь рыбоводству пришли предприятия медицинского профиля. Для профилактики и лечения эктопаразитарных заболеваний рыб оказались эффективны препараты на основе йода, бриллиантовой зелени; также высокую эффективность при эктопаразитарных обработках рыбы показали настойка чемерицы и фитопрепарат «Хеледум», разработанный сотрудниками лаборатории болезней рыб на основе багульника и чистотела. Перед наукой были поставлены задачи по разработке и внедрению в производство эффективных и доступных отечественных препаратов для профилактики и лечения заболеваний животных, в т.ч. и рыб. В результате совместных исследований лаборатории болезней рыб РУП «Институт рыбного хозяйства» и отдела паразитологии РНИУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского» были разработаны препараты для лечения и профилактики гельминтозов и эктопаразитарных болезней рыб. Производство большинс-

тва препаратов было организовано в то время на ООО «ТМ» в г. Минске.

Сотрудники лаборатории были задействованы в выполнении совместных международных проектов. Так, лабораторией по гранту БРФФИ проведены совместные с Украиной исследования по заданию «Изучить эпизоотическую ситуацию по лигулезу в основных рыбохозяйственных водоемах Беларуси и Украины и разработать способы защиты рыб от заболевания». Работа выполнялась с белорусской стороны силами двух институтов: РУП «Институт рыбного хозяйства НАН Беларуси» и РНИУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.И. Вышелесского НАН Беларуси», с украинской стороны — Институтом рыбного хозяйства УААН. В результате проведенных исследований изучена эпизоотическая ситуация по лигулезу рыб в озерах Белорусского Поозерья, Гродненской и Брестской области, а также водохранилищах и рыбоводных хозяйствах республики. Для борьбы с лигулезом в естественных водоемах (озера, водохранилища) и прудовых хозяйствах разработан, испытан и внедрен комплекс рыбоводно-биологических мероприятий и химиотерапевтических средств. Для профилактики и лечения лигулеза у прудовых рыб предложен отечественный препарат антигельминтного действия «Альбендатим-100» и утверждено наставление по его применению. Разработанная научно-техническая документация передана пользователям водоемов для внедрения комплекса мер по защите рыб от лигулеза.

Также по гранту БРФФИ проведены совместные исследования с Арменией (Ереванский государственный университет) по заданию «Сравнительный анализ бактериофлоры форели при выращивании в условиях Армении и Беларуси для разработки быстрых методов их идентификации». В результате исследований изучен видовой состав патогенной и условно-патогенной микрофлоры радужной форели, разводимой в условиях аквакультуры в Беларуси и Армении, установлены факторы сходства и различий. Установлена роль выделенных бактерий в развитии патологического процесса у рыб данного вида, а также взаимосвязь между уровнем загрязнения среды обитания потенциальными возбудителями бактериозов форели и их количественным содержанием в тканях и органах здоровой и больной рыбы. Установлены наиболее часто встречаемые морфологические группы из родов *Aeromonas и Pseudomonas*. Определен уровень чувствительности и устойчивости штаммов патогенных бактерий, выделенных от форели в рыбоводческих хозяйствах

Беларуси, к ряду антибиотиков и пробиотиков. Подготовлено в соответствии с международными требованиями методическое пособие по отбору и микробиологическому анализу рыбы, разработан экспресс-метод идентификации возбудителей инфекционных заболеваний форели, составлено руководство по идентификации бактерий, относящихся к группе грамотрицательных и оксидазоположительных возбудителей распространенных бактериозов форели (бактерии рр. Aeromonas, Pseudomonas и др.), методом иммуно-ферментной диагностики (ИФА) подтвержден их видовой состав (2016 г.).

На базе лаборатории болезней рыб сотрудниками было подготовлено и защищено 4 диссертационные работы: Гребнева Е.И. на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук (руководитель — академик Ковалев Н.А.); Ус В.В. — на соискание ученой степени кандидата биологических наук (руководитель — профессор Васильков Г.В.); Дегтярик С.М. — на соискание ученой степени кандидата биологических наук (руководители — профессор Линник В.Я., академик Андросик Н.Н.); Асадчая Р.Л. — на соискание ученой степени кандидата биологических наук (руководители — доктор сельскохозяйственных наук Кончиц В.В., академик Андросик Н.Н.).

С 2013 года по н. вр. лабораторию болезней рыб возглавляет кандидат биологических наук, доцент Светлана Михайловна Дегтярик. На современном этапе изучение особенностей зараженности рыб, разводимых в рыбоводных хозяйствах и обитающих в естественных водоемах, патогенами и паразитами, относящимися к различным экологическим группам, является важным направлением в области выращивания и рационального использования гидробионтов. В Беларуси имеется большое количество водных объектов (озера, реки, водохранилища), многие из которых имеют рыбохозяйственное значение — служат местами нереста и нагула рыб различных видов, водоисточниками прудовых хозяйств, угодьями для промыслового лова.

Современные интенсивные формы ведения прудового рыбоводства предусматривают уплотненные посадки рыбы разных видов, кормление концентрированными кормами, внесение в пруды минеральных и органических удобрений. Использование в рыбоводстве интенсивных технологий создает благоприятные условия для распространения инфекционных и инвазионных болезней, способствует накоплению в прудах гидробионтов, многие из которых являются промежуточными хозяевами возбудителей опасных инвазий рыб.

Водная среда сложнее воздушной, а болезни рыб в большинстве своем тесно сопряжены с ее изменениями: перепадами температуры и pH, перенасыщением воды газами, загрязнением промышленными и сельскохозяйственными стоками, бурным «цветением» воды и т.д. Стрессы во время обловов и пересадок также являются немаловажным фактором, способствующим заболеванию рыб. Применение комбикормов, минеральных и органических удобрений, увеличение плотностей посадок приводит к резкому ухудшению гидрохимического режима водоемов, снижению резистентности организма рыбы и возникновению ряда инфекционных и инвазионных болезней. Неконтролируемые перевозки рыбы, вследствие которых может произойти перенос возбудителей болезней между хозяйствами и регионами, также способствуют возникновению эпизоотий.

Выяснение причин возникновения и распространения заболеваний, разработка способов их предотвращения в условиях все возрастающей интенсификации имеют большое значение в повышении рыбопродуктивности. Следовательно, можно констатировать, что защита выращиваемых рыб от болезней является важнейшим экономическим фактором рыбоводства, резервом повышения продуктивности как отдельных рыбоводных организаций, так и рыбоводной отрасли в целом.

Болезни рыб наносят значительный экономический ущерб рыбоводной отрасли, вызывая гибель, снижение массы, ухудшение качества рыбы (как товарной, так и предназначенной для дальнейшего выращивания и разведения) и рыбной продукции. Больная рыба, как правило, истощена; потребляя много корма, она практически не прибавляет в весе. Наличие гельминтов под чешуей или в полости тела, кровянистый или гнойный экссудат в брюшной полости, язвы или шрамы на поверхности тела, взъерошенная чешуя, белесые или «рваные» жабры отнюдь не прибавляют товарной рыбе привлекательности в глазах покупателей. Некоторые болезни, чаще всего бактериальной или вирусной природы, могут за небольшой промежуток времени уничтожить всё или почти всё поголовье рыб.

Загрязнение воды органикой (эвтрофикация прудов) приводит к ухудшению условий выращивания и, как следствие, снижению устойчивости рыбы к болезням самой различной природы. Таким образом, положительные тенденции имеют и свою обратную сторону, при этом дальнейшая интенсификация рыбоводства в данных условиях может привести к еще большим потерям. Из этого следует, что изучение при-

чин возникновения и распространения заболеваний, разработка способов предотвращения их в условиях все возрастающей интенсификации имеют большое значение в повышении рыбопродуктивности.

Поэтому основными научными направлениями исследований лаборатории болезней рыб на современном этапе являются:

1. Изучение формирования паразитозов и паразитоценозов рыб.

2. Установление видового состава условно-патогенных бактерий и их роли в заболеваемости рыб.

3. Изучение физиологического статуса рыб под воздействием стрессоров различного генезиса.

4. Влияние среды обитания на развитие эпизоотий в естественных водоемах.

5. Разработка комплексной диагностики инфекционных и инвазионных заболеваний рыб.

6. Токсиколого-рыбохозяйственная оценка пестицидов.

7. Создание инновационных препаратов и адаптация существующих для лечения и профилактики болезней рыб.

8. Разработка научно обоснованного комплекса практических мероприятий, направленных на повышение устойчивости ресурсных видов рыб.

Гельминты и простейшие, являющиеся возбудителями паразитарных заболеваний рыб, широко распространены в естественных водоемах и рыбоводных хозяйствах республики. Известно, что на формирование паразитофауны рыб в водоемах оказывают влияние как естественные, так и антропогенные факторы, поэтому свободная от паразитов рыба встречается крайне редко [1, 2]. Паразиты способны наносить значительный экономический ущерб рыбоводным хозяйствам, вызывая гибель, снижение массы и ухудшение качества продукции. Например, при зараженности 10–20 % рыб кишечными цестодами и игнорировании профилактики через год зараженность увеличивается до 50–70, а то и до 100 %. Носительство эктопаразитов, таких как ихтиофтириус или хилодонелл при наличии благоприятных для их развития условий может стать болезнью, сопровождающейся гибелью рыбы, в считанные дни. Поэтому предупреждение и лечение заболеваний паразитарной природы является одной из приоритетных задач ихтиопатологии.

Для профилактики и лечения гельминтов рыб (кавиоз, ботриоцефалез, лигулез, филометроидоз, диплостомоз, смешанные инвазии) сотрудниками лаборатории болезней рыб адаптированы следующие ан-

тигельминтные ветеринарные препараты: Альбендатим-100, Тимбендазол-22, Тимтетразол — 20, а также разработаны новые препараты.

Совместно с РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им.С.Н.Вышелесского» разработан и внедрен в рыбоводную практику Празифен — высокоэффективный антигельминтный комплексный препарат с иммуностимулирующим действием [3]. Его производство и внедрение на предприятиях рыбоводной отрасли позволяет повысить иммунитет рыб на 20–25 % и снизить ущерб, наносимый гельминтами за период выращивания рыбы на 85–95 %, исключить импорт аналогичных препаратов, снизить затраты на проведение противоэпизоотических мероприятий на 40–60 %, повысить рыбопродуктивность на 10–15 %, получить качественную товарную продукцию и посадочный материал. Потребность в лечебно-профилактических препаратах-антигельминтиках в рыбоводной отрасли республики, исходя из статистики прошлых лет и изучения эпизоотической ситуации по инвазионным заболеваниям карповых рыб, составляет около 4–4,5 т в год. Учитывая стоимость препарата, коэффициент эффективности разработки составляет более 5 рублей на рубль затрат.

Диплостомоз, вызываемый личинками гельминтов р. Diplostomum, может вызывать гибель до 70 % посаженной в пруд младшевозрастной рыбы; у рыб старших возрастных групп вызывает отставание в росте и истощение (в среднем на 20 %). Разработанный нами антигельминтный препарат Диплоцид имеет высокую (85–92 %) лечебную и профилактическую эффективность при диплостомозе, позволяет не допустить массовой гибели от острого церкариоза личинки и сеголетка карповых рыб, посаженных в пруды. Экономическая эффективность его применения в рыбоводной отрасли составляет также около 5 рублей на 1 рубль затрат.

Для контроля над возбудителями эктопаразитарных болезней (триходиниоз, хилодонеллез, ихтиофтириоз, апиозомоз) нами созданы препараты Дисоль — Na, Дисоль — K, фитопрепараты Хеледум (для карповых рыб) и Леоледум (для осетровых рыб). Обработка препаратом Леоледум вызывает гибель 96–97 % (до 100 %) инфузорий р. *Trichodina*, паразитирующих на поверхности тела и жабрах осетровых рыб, а Хеледум при применении согласно инструкции вызывает гибель 88–92 % инфузорий всех видов на поверхности тела карпа. Дисоль-Na применяется, кроме того, для борьбы против сапролегниоза — грибкового заболевания, вызываемого грибами р. *Saprolegnia* и др. (ватообразные разрастания на поверхности тела и жабрах рыбы).

В водной среде находится множество бактерий, при этом вызывать заболевания рыб могут представители более чем 70 видов. Несмотря на то, что состав микробиоты варьирует в значительной степени в различных водоемах, для рыбоводных прудов характерен относительно стабильный спектр микроорганизмов, где доминирует сапротрофная микробиота, в частности, бактерии рода *Aeromonas* [4]. Данные, полученные нами при изучении эпизоотической ситуации по инфекционным болезням рыб в рыбоводческих хозяйствах и естественных водоемах Беларуси с начала XXI века по настоящее время, свидетельствуют о том, что наиболее распространенным видом является *Aeromonas hydrophila*. От общего количества штаммов грамотрицательных палочек, изолированных от рыб, свыше 70 % приходится именно на *A. hydrophila*. Среди других видов аэромонад, вызывающих заболевания рыб, в наших хозяйствах встречаются *A. caviae, A. salmonicida, A. sobria, A. veronii* и др. [5]. Возбудители псевдомонозов (бактерии р. Pseudononas, а именно *P. fluorescens, P. japonica, P. protegens*) встречаются гораздо реже, однако, несмотря на распространенное мнение о том, что они — холодолюбивые микроорганизмы, во все времена года. Кроме перечисленных выше «классических» возбудителей бактериальных инфекций, у рыб из рыбоводных организаций и рыболовных угодий республики встречаются такие потенциальные патогены, как представители рр. *Flavobacterium, Vibrio, Edwardsiella, Proteus* и др.

Нельзя обойти особым вниманием бактерию *Shewanella putrefaciens*, теплолюбивый вид, появившийся на территории Беларуси менее 10 лет назад. В настоящее время он встречается редко, но в различных регионах республики. Указанный вид является близкородственным таким опасным возбудителям болезней, как псевдомонады, его представители изолированы от карповых (карп, белый амур) и осетровых (ленский осетр) рыб с клиническими признаками бактериальных инфекций [5]. У инфицированных этим микроорганизмом рыб возникают повреждения кожных покровов в виде гнойно-некротических очагов, могут поражаться мягкие ткани, брюшина, кровь. Обычно рыбы заражаются в условиях экологического стресса, и тогда все внутренние органы могут быть инфицированы, что наносит большой урон аквакультуре. Поэтому изучение биологических свойств и распространенности *Sh. putrefaciens*, разработка основанных на этих данных мер борьбы являются насущной проблемой настоящего времени.

В настоящее время для лечения бактериальных инфекций (при обязательном определении чувствительности к ним микрофлоры рыб) сотрудниками лаборатории адаптированы для нужд рыбоводной отрасли следующие антибактериальные препараты: Леволокс, Энротим-10 %, Ципрофлокс, Неомицин-фарм, Анзамицин, Рифацин-био (применяются в составе лечебных кормов), Рифампицин (инъекции производителям и рыбам из группы ремонта). Леволокс рекомендован к использованию также методом лечебных ванн.

Разработка инновационных препаратов для лечения и профилактики болезней рыб ведется в нескольких направлениях. С учетом мировых тенденций экологизации производства сельскохозяйственной продукции следует использовать биологические препараты (пробиотики, фитонциды растений, организмы-антагонисты, вакцины и др.). В настоящее время РУП «Институт рыбного хозяйства» ведется активная работа по поиску и созданию подобных препаратов [6]. Однако актуальным остается поиск эффективных и экономически целесообразных препаратов, используемых в животноводстве и птицеводстве, для расширения их сферы применения в рыбоводной отрасли. В данном направлении ведется поиск антибактериальных и антигельминтных препаратов, дающих быстрый эффект и обладающих широким спектром действия.

Все более широкое применение в мировой аквакультуре находят пробиотические препараты. Эти биопрепараты предназначены для профилактики и комплексного лечения заболеваний бактериальной этиологии, а также нормализации кишечной микрофлоры при дисбактериозах различной природы. Их важной особенностью является способность смягчать стрессы, повышать противоинфекционную устойчивость организма, оказывать в ряде случаев противоаллергенное действие, регулировать и стимулировать пищеварение. Совместно с ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» нами разработаны пробиотические препараты Эмилин (для карповых рыб) и Бакто-хелс (для осетровых и лососевых рыб), пользующиеся спросом в рыбоводных организациях различной формы собственности. Пробиотические микроорганизмы, кроме антагонистического действия на условно-патогенные для рыб микроорганизмы, обладают иммуностимулирующим действием, повышая естественную резистентность организма рыб. Они заменяют антибиотики там, где нет острой необходимости купирования вспышки заболевания и применяются, в основном с профилакти-

ческой целью, а также для повышения жизнестойкости рыб перед либо после зимовки.

В лаборатории ведется активная работа по поиску новых, нетрадиционных для рыбоводства субстанций для создания в перспективе антибактериальных и антипаразитарных препаратов. Продолжается работа с растительными экстрактами; испытаны или проходят испытания такие вещества, как гуанидиновые соединения, гуминовые кислоты, соединения нольвалентного серебра, производные модифицированного лигнина (продукт переработки древесины). По результатам испытаний комплекса растительных масел «Микс-ойл» совместно с лабораторией кормов института разработан Микс-корм — лечебно-профилактический корм для карповых рыб, обладающий антибактериальным действием на возбудителей инфекционных болезней рыб и повышающий естественную резистентность их организма. В настоящее время он, наряду с пробиотиками, широко применяется в рыбоводных организациях, заменяя антибиотики. По результатам испытаний гуминовых соединений, также совместно с лабораторией кормов, разработан лечебно-профилактический корм Гумокорм, применяемый при функциональных расстройствах печени осетровых рыб. Гумокорм успешно прошел производственные испытания, показав, что его применение значительно улучшает состояние печени осетровых рыб, кормленных до этого несбалансированными или даже недоброкачественными кормами.

Однако применение самых эффективных препаратов и самого полного и сбалансированного комплекса лечебно-профилактических мероприятий будет сведено к нулю, если неправильно поставлен диагноз. Вследствие этого разработка и освоение быстрых, современных методов диагностических исследований с использованием современных методик и приборов позволит в кратчайшие сроки ставить точный диагноз и назначить оптимальное лечение, избегая серьезного материального ущерба.

Диагностика этиологических агентов болезней у рыб практически невозможна на основании только клинических признаков (существует всего несколько болезней, которые можно определить «на глаз»: сапролегниоз, ихтиофтириоз, постодиплостомоз, иерсиниоз). Например, наличие язв на теле рыбы может быть связано с развитием патологического процесса бактериальной этиологии, поражением рыбы эктопаразитами, выходом на поверхность самок филометры, травматизаци-

ей. Скопление прозрачной жидкости в полости тела может быть признаком как вирусного, так и бактериального заболевания; гиперемия и мажущаяся консистенция внутренних органов считаются признаками бактериальной инфекции. Однако установлено, что перечисленные изменения могут быть вызваны токсикозом или некачественными кормами. В связи с этим, в каждом конкретном случае необходимо проводить комплекс лабораторных диагностических исследований, нацеленных на идентификацию возбудителя. Учитывая, что некоторые бактериальные штаммы могут вызывать гибель заболевших рыб буквально за 2–3 дня, а то и за сутки, точность и своевременность постановки диагноза — важная составляющая в борьбе с болезнями. Эффективность лечения зависит от скорости постановки диагноза и правильности выбора препарата и метода лечения.

Нами широко применяются фенотипические методы идентификации с помощью тест-систем API20E, APIStrep, APIStaph (bioMerieux) параллельно с традиционным выделением микроорганизмов из биологического материала рыб при росте на питательных средах с последующим определением их биологических свойств. Наряду с этим, специалистами лаборатории «коллекция микроорганизмов» ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» в рамках совместных исследований проводится их генетическая идентификация методом MALDI-TOF масс-спектрометрии. Это позволяет наиболее точно определить видовую принадлежность бактерии и исследовать ее антибиотикорезистентность, что имеет решающее значение в контроле над возбудителями болезней [7, 8]. На основании полученных данных и освоенных методик будет разработан способ комплексной диагностики возбудителей бактериозов рыб (методические рекомендации), со специфичностью диагностики не менее 95%, что соответствует лучшим зарубежным аналогам (например, «Bacteria Hemorrhagic Septicemia», Techne™, Великобритания). Быстрая и точная диагностика условно-патогенных бактерий, включая их выявление в рыбопосадочном материале, водной среде, рыбе, позволит для каждого хозяйства разработать индивидуальный комплекс профилактических мероприятий, нацеленных на снижение заболеваемости рыб бактериальными болезнями, будет способствовать повышению качества получаемой рыбной продукции и ее сохранности (не менее 250 т в год). Планируется, что экономическая эффективность ее реализации составит не менее 8 рублей на 1 рубль затрат.

Наличие возбудителя болезни в среде обитания — один из основных, но не самый главный фактор, влияющий на развитие болезни: паразиты чаще всего встречаются в виде носительства, возбудители бактериальных инфекций, присутствующие в наших водоемах, относятся к группе условно-патогенных. Для возникновения и развития эпизоотии нужен толчок: неблагоприятные изменения условий окружающей среды и (или) снижение резистентности организма рыб. Качеством среды обитания рыб занимаются специалисты несколько иного профиля, в лаборатории болезней уделяется большое внимание определению физиологического статуса организма рыб (гематологические показатели, уровень естественной резистентности и гормона стресса — кортизола) и влиянию на него различных факторов, от кормовых добавок и лечебных препаратов до токсикантов.

Состояние стресса возникает как следствие воздействия на организм любых сильных повреждающих факторов и раздражителей. Стресс — это способ установления резистентности организма при действии на него повреждающего фактора. Организм стремится перейти в новое устойчивое состояние при воздействии на него возмущающего фактора, изменяя при этом характер сложившихся внутренних связей (нейроэндокринных, эндокринно-метаболических и др.) [9–12]. В качестве показателей для определения устойчивости рыб к стрессу можно использовать кортизол и белок сыворотки крови [13]. Нами проведен ряд экспериментов по определению влияния различных факторов на указанные показатели. На основании проведенных исследований сотрудниками нашей лаборатории совместно с сотрудниками БГУ в 2022 г. были разработаны и внедрены в учебный процесс Методические рекомендации по определению устойчивости пойкилотермных животных к стрессовым факторам на модельном виде (*Cyprinus carpio*).

Эпизоотическое благополучие рыбоводных хозяйств зависит и от устойчивости рыб к воздействию неблагоприятных факторов. Формирование устойчивости находится в непосредственной зависимости от ряда факторов (абиотических и биотических). Понимание механизмов развития ответной реакции организма на их воздействие явилось важным при формулировании принципов повышения устойчивости рыб и их практической реализации при планировании мероприятий по управлению сообществами гидробионтов. На основании многолетнего опыта проведения научно-практических исследований ведущим научным сотрудником, к.в.н. Полоз С. В. были сформулированы основные

принципы повышения устойчивости пойкилотермных животных, в том числе рыб: 1) снижение антигенной нагрузки; 2) повышение неспецифической резистентности и толерантности; 3) повышение специфической резистентности. Принципы повышения устойчивости рыб обоснованы для включения в комплекс практических мероприятий, направленный на повышение устойчивости ресурсных видов рыб. Его реализация позволит контролировать возникновение и распространение паразитов и патогенов, оздоравливать рыбные сообщества с высокой эффективностью и экономической целесообразностью [14–16].

Рыбоводные (в первую очередь, прудовые) хозяйства занимают в стране лидирующее положение в производстве рыбы, однако нельзя сбрасывать со счетов рыбоводство и рыболовство в естественных водоемах и водохранилищах. Для контроля над распространением возбудителей болезней рыб в естественных водоемах сложно использовать методы, активно применяемые в условиях промышленного рыбоводства, в т.ч. лечебно-профилактические средства. Несмотря на то, что проведение терапевтических мероприятий, дающих сиюминутный эффект, на естественных водоемах невозможно, знание эпизоотической ситуации позволит избежать ряда проблем, чреватых серьезными экономическими потерями, и даст возможность разработать ряд превентивных мер, предотвращающих развитие болезней. Так, в рамках сотрудничества с ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» в 2021 г. были подготовлены Рекомендации по минимизации экономического ущерба, наносимого рыбоводной отрасли чужеродными видами возбудителей болезней рыб; а в настоящее время совместно с лабораторией рыбоводства и рыболовства в естественных водоемов нашего института идет работа по изучению механизмов летального воздействия комплекса экстремальных условий окружающей среды на ихтиофауну водоемов Беларуси, по результатам которой готовятся к изданию Методические рекомендации по снижению летального воздействия окружающей среды на ихтиофауну. Внедрение этих разработок на водоемах республики позволит держать под контролем эпизоотическую ситуацию, определять для каждого конкретного водоема оптимальный комплекс мероприятий по недопущению возникновения заболеваний и проникновения их возбудителей в прудовые хозяйства и, тем самым, минимизировать экономический ущерб, наносимый рыбной отрасли болезнями.

Так, внедрение Методических рекомендаций по диагностике, профилактике и лечению лигулеза рыб, разработанных еще в 2006 г., поз-

волило значительно снизить (от 100 % до единичных случаев) поражение рыб лигулезом в водоемах (в первую очередь, водохранилищах) республики. Теперь т.н. «солитер» встречается гораздо реже, и далеко не в таких массовых количествах, как ранее.

При паразитологическом обследовании рыбы, выловленной в рыбоводных угодьях, в первую очередь внимание следует обращать на наличие гельминтов, вызывающих зоонозы, например, трематод *Opisthorchis felineus* и цестод *Diphyllobothrium latum,* личинки которых (метацеркарии и плероцеркоиды соответственно) паразитируют в мышечной ткани и внутренних органах рыб и представляют опасность для человека и теплокровных животных [17]. Нами изучена зараженность рыб указанными паразитами в крупных реках республики, на которых ведется промысловый лов, выявлены очаги описторхоза и дифиллоботриоза, разработаны Методические рекомендации по диагностике и профилактике гельминтозоонозов (описторхоз, дифиллоботриоз) у рыб. Осуществление мероприятий, изложенных в указанном документе, позволяет минимизировать экономический и социальный ущерб, наносимый гельминтозоонозами.

Относительно новое направление работы лаборатории болезней рыб — проведение токсиколого-рыбохозяйственной оценки пестицидов: химических веществ, уничтожающих сорняки *(гербицидов)*, насекомых *(инсектицидов)* и возбудителей болезней растений грибковой природы *(фунгицидов)*. Спектр пестицидных препаратов постоянно изменяется, в связи с чем существует реальная опасность токсического воздействия как самих веществ, так и вредных продуктов их распада на водоемы рыбохозяйственного значения, особенно на те, которые расположены в областях интенсивного сельского хозяйства. В лаборатории болезней рыб осуществляется определение параметров острой токсичности пестицидов для водных организмов (рыб). Ведет данное направление кандидат сельскохозяйственных наук Слободницкая Г.В. На основании экспериментальных данных устанавливается класс опасности и класс токсичности препаратов для водных организмов. Такие исследования являются необходимыми для регистрации пестицидов на территории Республики Беларусь. Данное направление исследований имеет практический интерес у зарубежных организаций (такие страны как Россия, Украина, Турция, Мексика, Болгария) и позволяет заключать международные договора с привлечением валютных средств.

Результаты научных исследований и практические рекомендации по их реализации в отраслях хозяйствования легли в основу диссертационных работ сотрудников лаборатории болезней рыб: Беспалого А.В. на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук «Оценка уровня заболеваемости диплостомозами рыб — объектов аквакультуры и приемы ее снижения в условиях промышленного выращивания»; Максимьюк Е.В. на соискание ученой степени кандидата биологических наук «Бактериальные болезни радужной форели, стерляди и сибирского осетра в рыбоводных организациях Республики Беларусь и меры борьбы с ними»; Полоз С.В. на соискание ученой степени доктора биологических наук на тему «Паразитарные и экологические аспекты формирования устойчивости гомойотермных и пойкилотермных животных в популяциях ресурсных и редких видов фауны».

Выполнение научных исследований на современном этапе невозможно без консолидации с учеными и исследователями других стран, организаций и ведомств. Кроме вышеупомянутых организаций, научное сотрудничество реализуется в рамках договоров и соглашений с ВНИИПРХ (Россия), РНИУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н.Вышелесского», ГУ «Белгосветцентр», УО «Витебская ордена «Знак почета» академия ветеринарной медицины», учреждением «Межведомственный центр проблем национальных парков и заповедников» Белорусского государственного университета, факультетом ветеринарии Гродненского аграрного университета. В 2022 г. начаты совместные с НИИ рыбоводства при Государственном комитете ветеринарии и развитии животноводства Республики Узбекистан исследования по выявлению зависимости распространения этиологических агентов бактериофлоры и паразитофауны рыб-объектов аквакультуры Беларуси и Узбекистана от экологических факторов и приемов выращивания рыбы.

Заключение. Работа лаборатории болезней рыб много лет велась и ведется по различным направлениям, основными из которых являются: паразитологические и бактериологические исследования; изучение влияния стресса, среды обитания и иных факторов на физиологический статус организма рыб; исследования токсичности средств защиты растений для рыб; мониторинг эпизоотической ситуации в рыболовных угодьях. Однако самым главным направлением является борьба против заболеваний рыб, нацеленная на недопущение возникновения

и развития эпизоотий и минимизации, а в оптимальных случаях — сведению до нуля экономического ущерба, наносимого болезнями предприятиям рыбоводной отрасли страны. Это, во-первых, адаптация для нужд рыбоводной отрасли существующих эффективных ветеринарных препаратов — антибиотиков и антигельминтиков, без которых, несмотря на общую тенденцию экологизации производства рыбной продукции, на современном этапе не обойтись. Это создание принципиально новых антигельминтных и антипротозойных препаратов, разработка пробиотиков и лечебно-профилактических кормов для борьбы против бактериальных инфекций. Активно ведется поиск новых субстанций — потенциальных антибактериальных и антипаразитарных препаратов нового поколения, эффективных, доступных и экологически безопасных.

Важнейший принцип работы лаборатории: лечение — это уже крайняя мера, важнее не допустить возникновения и развития болезни. Для этого осваиваются и разрабатываются новые, современные и эффективные методы диагностики болезней, позволяющие своевременно и точно поставить диагноз и, тем самым, направить дальнейший процесс в правильное русло. При разработке мероприятий по предотвращению заболеваний основное внимание уделяется на профилактике.

В настоящее время, благодаря, не в последнюю очередь, многолетней работе лаборатории болезней рыб, в республике не регистрируются вспышки заболеваний, сопровождающиеся массовой гибелью (десятки тонн) рыбы, которые в 80-х — начале девяностых годов прошлого века регистрировались во многих хозяйствах. Случаи заболевания рыб в настоящее время довольно редки и быстро купируются, как правило, не вызывая гибели рыбы.

Таким образом, требования современной ихтиопатологии предполагают соблюдение превентивных мер по предупреждению и контролю в отношении заболеваний рыб и их возбудителей, а также последствий их негативного влияния. Важным при этом, является использование научно обоснованного подхода, включающего мониторинг, анализ и прогноз ситуации в рамках управления рисков в рыбоводной и рыболовной отрасли и принятие при необходимости адекватных действий. В данном направлении предполагается дальнейшее развитие научных направлений лаборатории болезней рыб.

Список использованных источников

1. Бычкова, Е.И. Чужеродные виды гельминтов рыб Беларуси / Е.И. Бычкова, М.М. Якович, С.М. Дегтярик // Российский журнал биологических инвазий. — 2021. — Т. 14. — № 4. — С. 20–29. — DOI 10.35885/1996-1499-2021-14-4-20-29.
2. Костоусов, В.Г. О возможных причинах гибели карася серебряного в водоемах Беларуси / В.Г. Костоусов, О.Д. Апсолихова, С.М. Дегтярик // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование: Материалы III Международной научно-практической конференции, Керчь, 13–18 сентября 2022 года. — Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2022. — С. 154–162.
3. Дегтярик С.М., Полоз С.В., Беспалый А.В., Слободницкая Г.В. Способ повышения устойчивости и оздоровления рыб от гельминтов. — Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. РУП «Институт рыбного хозяйства НАН Беларуси». — 2022. — №37. — С. 295–304.
4. Казарникова, А.В., Шестаковская, Е.В. Основные заболевания осетровых рыб в аквакультуре. — Москва, 2005: Издательство ВНИРО. — 103 с.
5. Максимьюк, Е.В. Возбудители бактериальных болезней рыб в условиях рыбоводных организаций Беларуси — Ученые записки РИО РГГМУ №47. — Санкт-Петербург, 2017. — С. 140–144.
6. 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. — Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. РУП «Институт рыбного хозяйства НАН Беларуси». — 2022. — №37. — С 158–177.
7. Басанкина, В.М. Идентификация бактерий рода Aeromonas / В.М. Басанкина, С.В. Пруцаков Н.Н. Кружнов, В.В. Меньшенин // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. — №7 (1), 2018. С. 164–169.
8. Максимьюк Е.В., Дегтярик С.М., Полоз С.В., Говор Т.А., Слободницкая Г.В., Стрельченя И.И. Видовой состав бактерий — потенциальных возбудителей эпизоотий у рыб в рыбохозяйственных и рекреационных водоемах / Современные достижения в решении актуальных проблем агропромышленного комплекса: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Института экспериментальной ветеринарии им.С.Н. Вышелесского (Минск, 15-16 сентября 2022 г.) / Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского; сост. В.В. Жалдыбин ; редкол.: В.В. Жалдыбин [гл. ред. и др.]. — Минск: Беларускаянавука, 2022. — С. 21–26.
9. Поленов, А.Л. Эволюция гипоталамо-гипофизарного нейроэндокринного комплекса / А.Л. Поленов // В кн.: Эволюционная физиология. Ч. 2. — Л. : Наука, 1983. — С. 53–110.

10. Шкурко, Д.С. Влияние стресса на дикую кумжу из эстуария реки Варзина / Д. С. Шкурко, Н.М. Белковский // Экол. Воспроизводство и охрана биоресурсов морей сев. Европы: Тез. докл. 3 Всес. конф., Мурманск, 25–29 июня, 1990. — Мурманск, 1990. — С. 160–162.
11. Белок общий в сыворотке // Лабораторная служба Хеликс [Электронный ресурс]. — 2019. — Режим доступа: https://helix.ru/kb/item/06-035. — Дата доступа: 10.10.2019.
12. Charmandari, E. Endocrinology of the stress respons / E. Charmandari, C. Tsigos, G. Chrousos // Annu. Rev. Physiol., 2005. — V.67. — P.259–284.
13. Кубасов, Р.В. Гормональные изменения в ответ на экстремальные факторы внешней среды / Р.В. Кубасов // Вестник Российской академии медицинских наук. №№ 9–10, 2014. — С.102 — 109.
14. Меерсон, Ф.З. О «цене» адаптации / Ф.З. Меерсон // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 1986. — № 3. — С. 9–19.
15. Полоз С.В., Дегтярик С.М. Слободницкая Г.В. Максимьюк Е.В., Адамович Б.В. Методические рекомендации по определению устойчивости пойкилотермных животных к стрессовым факторам (на модельном виде Cyprinus carpio). — Минск: ИВЦ Минфина, 2022. — 55 с.
16. Colditz, I.G. Resilience in farm animals: biology, management, breeding and implications for animal welfare / I. G. Colditz, B. C. Hine // Animal Production Science. — 2015. — № 56(12). — P. 1961–1983.
17. Ожередова, Н.А. Ветеринарно-санитарная экспертиза рыб при зоонозах / Н.А. Ожередова // Актуальные проблемы ветеринарии: Материалы международной конференции, Барнаул, 26–30 июня 1995 года / Редактор: Жуков В.М. — Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 1995. — С. 133.

Reference

1. Bychkova, Ye.I. Chuzherodnyye vidy gel'mintov ryb Belarusi / Ye.I. Bychkova, M.M. Yakovich, S.M. Degtyarik // *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy = Russian Journal of Biological Invasions.* — 2021. — T. 14. — № 4. — S. 20–29. — DOI 10.35885/1996-1499-2021-14-4-20-29. (in Russian).
2. Kostousov V.G. O vozmozhnykh prichinakh gibeli karasya serebryanogo v vodoyemakh Belarusi / V.G. Kostousov, O.D. Apsolikhova, S.M. Degtyarik // *Biologicheskoyeraznoobraziye: izucheniye, sokhraneniye, vosstanovleniye, ratsional' noyeispol'zovaniye: Materialy III Mezhdunarodnoynauchno-prakticheskoykonferen tsii, Kerch', 13–18 sentyabrya 2022 goda.* [Biological diversity: study, conservation, restoration, rational use: Materials III International Scientific and Practical Conference, Kerch, 13–18 september, 2022] — Simferopol': Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu «Izdatel'stvo Tipografiya «Arial», 2022. — S. 154–162 (in Russian).
3. Degtyarik S.M., Poloz S.V., Bespalyy A.V., Slobodnitskaya G.V. Sposob povysheniya ustoychivosti I ozdorovleniya ryb ot gel'mintov. — *Voprosy rybnogo khozyaystva*

Belarusi: sb. nauch. tr. RUP «Institut rybnogo khozyaystva NAN Belarusi= Issues of fisheries in Belarus: Sat. scientific tr. RUE «Institute of Fisheries of the National Academy of Sciences of Belarus». — 2022. — №37. — S. 295–304 (in Russian).

4. Kazarnikova A.V., Shestakovskaya Ye.V. Osnovnyye zabolevaniya osetrovykh ryb v akvakul'ture. — Moskva, 2005: Izdatel'stvo VNIRO. — 103 s. (in Russian).
5. Maksim'yuk Ye.V. Vozbuditeli bakterial'nykh bolezney ryb v usloviyakh rybovodnykh organizatsiy Belarusi — *Uchenyye zapiski RIO RGGMU №47. — Sankt-Peterburg* [Scientific notes of RIO RSHU No. 47. — St. Petersburg] 2017. — S. 140–144 (in Russian).
6. Ageyets V.YU., Poloz S.V., Shutova A.G., Degtyarik S.M., Maksim'yuk Ye.V., Govor T.A., Slobodnitskaya G.V., Martsul' O.N. Ispol'zovaniye efirnykh masel i ikh kompozitsiy kak vazhnyy aspect ekologizatsii tekhnologii vyrashchivaniy aob"yektov akvakul'tury. — *Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi: sb. nauch. tr. RUP «Institut rybnogo khozyaystva NAN Belarusi = Issues of fisheries in Belarus: Sat. scientific tr. RUE "Institute of Fisheries of the National Academy of Sciences of Belarus". —* 2022. — №37. — S. 158–177 (in Russian).
7. Basankina, V.M. Identifikatsiya bakteriy roda Aeromonas / Basankina V.M., Prutsakov S.V., Kruzhnov N.N., Men'shenin V.V. — *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo tsentra po zootekhni I iveterinarii 7 (1) = Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine 7 (1)*, 2018. S. 164–169 (in Russian).
8. Maksim'yuk Ye.V., Degtyarik S.M., Poloz S.V., Govor T.A., Slobodnitskaya G.V., Strel'chenya I.I. Vidovoy sostav bakteriy — potentsial'nykh vozbuditeley epizootiy u ryb v rybokhozyaystvennykh i rekreatsionnykh vodoyemakh / *Sovremennyye dostizheniya v reshenii aktual'nykh problem agropromyshlennogo kompleksa: materially mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu Instituta eksperimental'noy veterinariiim. S.N. Vyshelesskogo (Minsk, 15-16 sentyabrya 2022 g.)* [Modern achievements in solving urgent problems of the agro-industrial complex: materials of the international. scientific-practical. conf., dedicated 100th Anniversary of the Institute of Experimental Veterinary Medicine named after S. N. Vyshelessky, Minsk, 15-16 september, 2022] / Institut eksperimental'noy veterinarii im. S.N. Vyshelesskogo; sost. V.V. Zhaldybin; redkol.: V. V. Zhaldybin [gl. red. i dr.]. — Minsk: Belaruskaya navuka, 2022. — S. 21–26 (in Russian).
9. Karpyuk, M.I. Ekologo-fiziologicheskiye aspekty rybovodstva / M.I. Karpyuki V.M. Kychanov // Astrakhan': Izd-vo KaspNIRKH, 2006. — 186 s. (in Russian).
10. Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu gematologicheskogo obsledovaniya ryb / Ministerstvo sel'skogo khozyaystva i prodovol'stviya. — M., 1999. — 15 s. (in Russian).
11. Polenov, A.L. Evolyutsiya gipotalamo-gipofizarnogo neyroendokrinnogo kompleksa / A. L. Polenov // *V kn.: Evolyutsionnaya fiziologiya. CH. 2. = In the book: Evolutionary Physiology. Part 2*-L.: Nauka, 1983. — S. 53–110 (in Russian).
12. Shkurko, D.S. Vliyaniye stressa na dikuyu kumzhu iz estuariya reki Varzina / D. S. Shkurko, N. M. Belkovskiy // *Ekol. Vosproizvodstvo I okhrana bioresursov morey*

sev. Yevropy: Tez. dokl. 3 Vses. konf., Murmansk, 25-29 iyunya, 1990. [Reproduction and protection of bioresources of the northern seas. Europe: abstract. report 3 All. Conf. Murmansk, 25-29 june, 1990. — Murmansk, 1990. — S. 160–162 (in Russian).

13. Poloz S.V., Degtyarik S.M. Slobodnitskaya G.V. Maksim'yukYe.V., Adamovich B.V. Metodicheskiye rekomendatsii po opredeleniyu ustoychivosti poykilotermnykh zhivotnykh k stressovym faktoram (na model'nom vide Cyprinus carpio). — Minsk: IVTS Minfina, 2022. — 55 s. (in Russian).
14. Colditz, I.G. Resilience in farm animals: biology, management, breeding and implications for animal welfare / I. G. Colditz, B. C. Hine // Animal Production Science. — 2015. — № 56(12). — P. 1961–1983.
15. Ozheredova, N.A. Veterinarno-sanitarnaya ekspertiza ryb pri zoonozakh / N.A. Ozheredova // *Aktual'nyye problemy veterinarii: Materialy mezhdunarodnoy konferentsii, Barnaul, 26–30 iyunya 1995 goda* [Actual problems of veterinary medicine: Proceedings of the international conference, Barnaul, June 26–30, 1995] / Redaktor: Zhukov V.M. — Barnaul: Altayskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. 1995. — S. 133. (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

Дегтярик Светлана Михайловна — кандидат биологических наук, доцент, заведующий 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: slobodnickaja.g.v@gmail.com

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: jenya_maksimjuk@mail.ru

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

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

Information about the authors

Uladzimir Yu. Aheyets — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Sviatlana M. Dziahtsiaryk — Ph.D. (Biological), Associate professor, Head of the Laboratory of Fish Diseases, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lavrushnek@mail.ru

Sviatlana V. Polaz — Ph.D. (Veterinary), RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lana.poloz@gmail.com

Halina U. Slabodnitskaya — Ph.D. (Agricultural), RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: slobodnickaja.g.v@gmail.com

Yauheniya U. Maksimyuk — Researcher, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: jenya_maksimjuk@mail.ru

Aliaksei V. Biaspaly — Researcher, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: salmotmf@gmail.com

Tatsiana A. Hovar — Researcher, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: govorta@tut.by

УДК 639.3.043

Поступила в редакцию 20.05.2023
Received 20.05.2023

В.Ю. Агеец, Ж.В. Кошак, Н.Н. Гадлевская

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

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ ДЛЯ РЫБ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований института в области кормопроизводства за последние 30 лет и направления, по каким проводятся эти исследования. Основным направлением исследований служат исследования по снижению стоимости комбикормов за счет поиска новых отечественных нетрадиционных источников сырья для их производства. Второе направление исследований направлено на снижение удельных затрат при кормлении рыбы. Все проводимые научные исследования направлены на то, чтобы сделать комбикорма высокоэффективными, снизить их цену, и получить рыбопродукцию по доступной для потребителя цене.

Ключевые слова: рыбоводство, комбикорма, ресурсосбережение, комбикормовое сырье, эффективность

Uladzimir Yu. Aheyets, Zhanna V. Koshak, Natalya N. Hadlevskaya

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

CURRENT TRENDS IN THE PRODUCTION OF FEED FOR FISH

Abstract. The article presents the results of the Institute's research in the field of feed production over the past 30 years and the directions in which these studies are conducted. The main direction of research is research on reducing the cost of compound feeds by searching for new domestic non-traditional sources of raw materials for their production. The second area of research is aimed at reducing the unit costs of feeding fish. All conducted scientific research

is aimed at making compound feeds highly effective, reducing their price, and obtaining fish products at an affordable price for the consumer.

Keywords: fish breeding, compound feed, resource saving, feed raw materials, efficiency

Введение. Прудовым разведением рыб занимаются 11 хозяйств в системе Министерства сельского хозяйства, 5 — коммунальной формы собственности, а также фермерские и индивидуальные предприниматели. Девяносто процентов товарной рыбы в Республике Беларусь выращивается в прудовых рыбоводных хозяйствах. Базовым видом является карп. Живой карп является ценным диетическим продуктом. По данным национального статистического комитета в 2022 г. рыбохозяйственные организации выловили 7600 т рыбы, в том числе 4990,7 т карпа, 951 т толстолобика, 266,4 т амура, 254,8 тонны лососевых, 53,1 т осетровых и 18,9 т сомовых. Хотя доля карпа за последние годы снизилась до 71 %, этот вид по-прежнему определяет структуру и валовые показатели производства [1].

Рыбу в прудах выращивают в уплотненных посадках, а в индустриальных условиях полностью отсутствуют естественные корма, поэтому обязательным элементом технологии выращивания рыбы является кормление. Выращивание рыбы сопряжено с использованием специальных комбикормов с высоким содержанием белка. Цена на такие корма растет с каждым годом. Так, если в 2022 г. средняя цена комбикорма для карпа составляла 900 руб./т, то в текущем году уже — 1100 руб./т. Затраты на них в структуре себестоимости карпа составляют более 50 %. Стоимость комбикормов для ценных видов рыб в 2022 г. составила в среднем 4800 руб./т, а в 2023 г. — 5400 руб./т. Затраты на них в себестоимости рыбы составляют 100 %. Поэтому уменьшение затрат на корма и кормление является важнейшей задачей рыбоводства.

Степень интенсификации рыбоводства в настоящее время отличается от прежней. Во времена СССР рыбные хозяйства получали государственную дотацию на комбикорма, в результате стоимость продукционного комбикорма для карпа, содержащего 23 % протеина, была ниже стоимости зерна. Дешевой была электроэнергия, поэтому на прудах использовались аэраторы воды для поддержания оптимального гидрохимического режима. Регулярно использовались минеральные удобрения для увеличения естественной кормовой базы, а низкие цены на горюче смазочные материалы позволяли проводить дальние перевозки минеральных удобрений и комбикормов.

В настоящее время степень интенсификации рыбоводства неразрывно связана с ресурсосбережением. Это предполагает снижение затрат на материальные, энергетические и трудовые ресурсы, что невозможно без применения современных эффективных комбикормов.

Результаты исследований. Повышение эффективности кормления рыбы при снижении текущих затрат является одной из проблем. Уменьшить затраты на корма можно двумя путями: либо их удешевить, либо снизить затраты на единицу прироста. Институт рыбного хозяйства НАН Беларуси работает по обеим этим направлениям. По первому направлению одним из способов снижения себестоимости товарного карпа является уменьшение общих затрат, относимых на комбикорма. С учетом биологических особенностей роста карпа институтом были разработаны малокомпонентные комбикорма и условия их применения, которые прошли апробирование во всех рыбоводных хозяйствах республики и показали свою высокую эффективность. От традиционных они отличаются более низким содержанием белка, трудноперевариимой клетчатки и повышенным содержанием легкоусвояемых углеводов. Цена таких комбикормов на 20–30 % меньше чем традиционных. Как показали исследования, проведенные в рыбхозе «Днепробугский», переход на малокомпонентные комбикорма во второй половине сезона (конец июля-август) позволяет сохранить темп роста рыбы, получить нормативную рыбопродуктивность от 12,8 до 14 ц/га, при этом снизить себестоимость выращивания товарной рыбы в среднем на 15 %.

Несомненно, надо сокращать затраты на корма и кормление. Высокая себестоимость и, соответственно, цена реализации привели к тому, что ежегодно часть товарной рыбы (двух- и даже трехлетка) не продается и остается еще на один год, то есть в реализацию идет четырехлеток. Экономически это невыгодно, потому что темп роста карпа с возрастом падает. Так, на первом году жизни из личинки (0,002 г) выращивают сеголетка массой 20–30 г, то есть масса прирастает в 10 000 раз. На втором году при нормативной плотности посадки из него выращивают двухлетка массой 370–400 г, то есть достигается прирост в 15 раз. С такого двухлетка на третьем году получают товарного трехлетка массой 800 г, то есть рыба прирастает всего в 5 раз [2]. Суммарные затраты кормов и других материальных ресурсов при трехлетнем обороте на 25–30 % больше, чем при двухлетнем. Институтом была разработана технология выращивания крупного посадочного материала карпа сред-

нештучной массой до 40 г, а из него на следующий сезон двухлетка массой более 500 г. Эта технология используется в рыбоводном хозяйстве «Волма». Выращивание крупного двухлетка позволяет снизить себестоимость товарной рыбы на 30 %. При более редких посадках уменьшаются затраты кормов, поскольку большую долю в суточном рационе занимает имеющаяся в пруду естественная кормовая база.

Были разработаны стартовые и мальковые комбикорма, для сохранения высокого темпа роста карпа на первом году жизни, которые применялись при выращивании сеголетка.

По второму направлению — снижению удельных затрат кормов институтом был разработан витаминно-минеральный премикс для карпа, который восполняет в используемых кормах недостающее количество биологически активных веществ, повышает их усвояемость и технология обогащения рыбных комбикормов ферментными препаратами, которые внедрены в масштабах республики и используются уже в течение более 20 лет.

Дальнейшее снижение затрат кормов может быть достигнуто за счет улучшения сбалансированности их не только по основным зоотехническим показателям (белок, жир, углеводы), но и по аминокислотному и жирнокислотному составу. В этом направлении ведутся разработки по использованию новых отечественных компонентов.

Большинство белкового сырья (подсолнечный и соевый шрота, рыбная мука) используемого в кормах для карпа завозятся в республику по импорту. В составе традиционных рецептов комбикормов для карпа на долю зерна и шротов приходится до 85% от общей массы. Следовательно, можно ожидать роста цен на комбикорма с использованием традиционных компонентов. Ориентируясь на зарубежные фирмы производящие комбикорма для рыбы, следует отметить, что они производят корма с гораздо меньшей долей в них зерна. В состав кормов для карповых рыб вводят не более 20 % зерна, при этом значительная часть рецепта наполняется всевозможными добавками, получаемыми из вторичных сырьевых ресурсов, то есть из отходов переработки сельскохозяйственной продукции. В этой связи разработка рецептур комбикормов для рыбы нуждается в пересмотре в направлении минимизации уровня зерна и дорогостоящих добавок.

Проблема использования всевозможных отходов от переработки сельскохозяйственной продукции существует. Это касается отходов крахмального, спиртового, сахарного, консервного, молочного и дру-

гих производств, из которых можно производить кормовые добавки и таким образом удешевить комбикорма.

В последние годы институт ищет, какие из отходов можно использовать в кормах для рыбы. Были испытаны отходы спиртового производства — сухая послеспиртовая барда. Исследования показали, что она занимает промежуточное положение между зерновыми компонентами и типичными белковыми кормовыми добавками, такими как жмыхи и шрота. В барде больше, чем в зерне протеина, жира, сырой золы, но в то же время по сравнению со жмыхами и шротами меньше клетчатки. Она также содержит по сравнению со жмыхами и шротами меньшее количество некрахмалистых полисахаридов. Учитывая аминокислотный состав барды в комбикормах для карпа ею можно частично заменять подсолнечный шрот, что приведет к снижению стоимости корма.

Из отходов крупяного производства (мучки в различном сочетании) разработана технология получения экструдированного кормового концентрата. Его можно использовать в кормлении карпа как непосредственно, так и составе комбикормов, частично заменяя зерно пшеницы.

Возрастающие цены на зерно пшеницы, ячменя, овса и др. подталкивают производителей и потребителей на включение в рационы животных, птицы и рыб других видов зерна, которые могли бы частично заменять в комбикормах более дорогостоящие компоненты, при этом, не уступая им по биологической ценности. В этой связи заслуживают особого внимания некоторые просовидные и сорговые культуры, которые дают не только высокие урожаи зеленой массы, пригодной для приготовления сена, сенажа и силоса, но и зерно, имеющее хороший протеиновый состав, что может служить реальным источником расширения ассортимента сырьевой базы комбикормового производства. В настоящее время проводятся исследования по возможности использования зерна чумизы белорусской селекции в составе комбикормов для карпа как дешевого источника аминокислот и жирных кислот.

В последние десятилетие в некоторых рыбоводных хозяйствах построены перерабатывающие цеха. Отходы от переработки пресноводной рыбы можно использовать для выработки продукта, который в состоянии заменить рыбную муку. Рыбная мука является высококачественным источником протеина в комбикормах для рыб, мировые объемы производства которой сокращаются при постоянном росте цен. Институтом разработана технология получения рыбного гидролизата из

отходов пресноводной рыбы. Сухой рыбный гидролизат представляет собой ценный продукт с содержанием протеина не менее 61,0 %, включая свободные аминокислоты, не содержит жира и клетчатки, и способен частично заменить рыбную муку в составе комбикормов для ценных видов рыб.

В настоящее время ведется разработка растительно-рыбного гидролизата как более дешевого источника протеина в составе комбикормов для рыб по сравнению с рыбным гидролизатом и рыбной мукой. Разработана технология ферментативного совместного гидролиза растительного и рыбного сырья, проводятся испытания полученного растительно-рыбного гидролизата в составе комбикормов для карпа.

Нынешний состав комбикормов существенно изменился, и поэтому возникла необходимость в разработке нового витаминно-минерального премикса для карпа с использованием современных форм биологически активных веществ. В настоящее время новый премикс для карпа проходит производственные испытания при выращивании карпа в прудах СПУ «Изобелино». В состав этого премикса включены современные биологически активные вещества: хелатные соединения микроэлементов и термозащищенные формы витаминов. Кормовой коэффициент гранулированного комбикорма с вводом нового премикса экономного состава ниже в среднем на 6–7 %, чем в контрольном комбикорме со стандартным премиксом ПК-100.

Лаборатория кормов сотрудничает с ГНПО «Химический синтез и биотехнологии» НАН Беларуси в части разработки и использовании пробиотиков в составе комбикормов для карпа Разработана пробиотическая добавка «Аквабациллин», которая обеспечивает повышение усвояемости трудногидролизуемых ингредиентов и контроль патогенной микробиоты у карповых рыб. В настоящее время комбикорма для карпа с пробиотической добавкой «Аквабациллин» проходят производственные испытания в условиях прудов в СПУ «Изобелино».

Использование ферментных препаратов в свое время хорошо зарекомендовало себя при кормлении рыбы, но производители ферментов, которые ранее использовались для рыбы, прекратили их выпуск. Учитывая сложившиеся современные экономические условия, институтом разработаны экономичные комбикорма с расширенной зерновой группой в своем составе, а именно впервые в составе комбикормов используется нешелушеный овес, и новый отечественным мультиэнзимный комплекс «Фекорд-Аква». За 2022–2023 гг. комбикормовыми предпри-

ятиями Республики Беларусь для рыбных хозяйств республики выпущено более 7000 т данного комбикорма.

В последние годы РУП «Институт рыбного хозяйства» начал развивать новое направление по разработке лечебно-профилактических комбикормов для рыб. Направление лечебно-профилактических комбикормов для рыб новое как в нашей стране, так и в странах ближнего зарубежья и является актуальным, т.к. исключает использование антибиотиков при выращивании рыб, повышает выживаемость и улучшает обмен веществ рыб, что в целом повышает эффективность использования комбикормов.

За последние 5 лет институт разработал рецепты и Технические условия на комбикорм для профилактики и лечения бактериальных инфекций карповых рыб «Микс Корм» и лечебно-профилактический комбикорм для поддержки и восстановления функций печени осетровых рыб «ГумоКорм». Использование «Микс Корм» позволило сократить использование антибиотиков при выращивании карпа, а использование «ГумоКорм» повысило выживаемость осетровых рыб минимум на 30,0 %.

Также в рамках направления лечебно-профилактических комбикормов разработан комбикорм для карповых рыб, содержащий каротиноиды, разработаны технические условия на данный комбикорм ТУ BY 100035627.027-2020 «Комбикорма для карпа с каротинсодержащими кормовыми добавками». Использование данных комбикормов позволяет повысить выживаемость карпа до 100 %, ускорить заживление ран до 70 %, и снизить смертность при бактериальных инфекциях рыб до 30,0 %.

В рамках госпрограммы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2021–2025 гг. (подпрограмма 5 «Развитие рыбохозяйственной деятельности») на 2023 год запланировано произвести 1,0 тыс. тонн ценных видов рыб, лососевых и осетровых [3].

Обязательным условием эффективного выращивания холодолюбивых видов рыб является применение высококачественных кормов, с большим содержанием белка животного происхождения, ненасыщенных жиров, витаминов, микро- и макроэлементов. Такие комбикорма никогда не производились в Беларуси. Рыбоводным хозяйствам, выращивающих радужную форель, приходилось закупать дорогостоящие зарубежные комбикорма (в Польше, Германии, Дании). С вводом санкций, вряд ли можно успешно решить проблемы искусственного

воспроизводства и выращивания в республике осетровых и лососевых рыб только за счет заграничных кормов, необходимо выпускать собственную продукцию, соответствующую нормативам к ее составу и качеству.

В связи с этим представляет большой интерес разработка экструдированных комбикормов для лососевых и осетровых рыб на основе компонентов отечественного производства.

В рамках союзной программы «Разработка инновационных энергосберегающих технологий и оборудования для производства и эффективного использования биобезопасных комбикормов для ценных пород рыб, пушных зверей и отдельных видов животных» («КомбикормСГ») разработаны рецепты продукционных экструдированных комбикормов для лососевых и осетровых рыб, которые была ориентированы на максимальное использование местного сырья. Разработана технология производства экструдированных комбикормов для осетровых и лососевых рыб, которая внедрена на ОАО «Жабинковский комбикормовый завод», разработан технологический регламент производства комбикормов для ЗАО «БНБК» и технические условия на комбикорма ТУ BY 100035627.025-2020 «Комбикорм экструдированный для лососевых и осетровых рыб» и ТУ BY 100035627.026-2020 «Комбикорм экструдированный экономичный для лососевых и осетровых рыб». За 2022 г. выпущено более 30 т комбикормов по данным техническим условия для осетровых и лососевых рыб.

Перспективными направлениями, которые институт будет развивать в следующие пять лет будут следующие:

- использование травяной муки из зеленой массы однолетних кормовых культур при кормлении рыб;
- изучение влияния энерго-протеинового числа комбикормов на эффективность выращивания ценных видов рыб;
- разработка рецептур и технологии производства минерально-витаминного премикса и комбикормов с его применением для ценных видов рыб;
- разработка экологически безопасного способа профилактики бактериальных инфекций осетровых и лососевых рыб с применением комбикорма, содержащего фитокомпонент;
- разработка экономичных малокомпонентных комбикормов для разновозрастного карпа с использованием отечественных сырьевых компонентов.

Выводы. Таким образом, из всего вышеизложенного следует, что целью всех научных исследований института в области комбикормов и кормления рыбы направлены на то, чтобы сделать комбикорма высокоэффективными, снизить их цену, и получить рыбопродукцию по доступной для потребителя цене. Поставленные цели будут достигнуты за счет оптимизации состава комбикормов, использования новых ресурсосберегающих технологий, разработке новых нетрадиционных видов сырья, использование лечебно-профилактических комбикормов, которые позволят сократить потери рыбы от бактериальных инфекций и выращивать экологически чистую рыбную продукцию за счет исключения антибиотиков.

Список использованных источников

1. Сколько рыбы вылавливают в Беларуси [Электронный ресурс]: (база стат. данных) // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Режим доступа: https://myfin.by/stati/view/v-belstate-ozvucili-obemy-vylova-ryby-v-2022-godu. — Дата доступа: 15.08.2023.
2. Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых и садковых хозяйств Беларуси / Минск, 2008. — 119 с.
3. О государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://mshp.gov.by/documents/ab2025.pdf. — Дата доступа : 16.08.2023.

Reference

1. How many fish are caught in Belarus [Electronic resource] : (statistical database) // National Statistical Committee of the Republic of Belarus. https://myfin.by/stati/view/v-belstate-ozvucili-obemy-vylova-ryby-v-2022-godu. Accessed: 15.08.2023. (in Russian).
2. Fish breeding biological standards for the operation of pond and cage farms in Belarus/Minsk,2008. — 119 p.
3. On the state program “Agricultural Business” for 2021-2025 [Electronic resource]. http://mshp.gov.by/documents/ab2025.pdf. Accessed: 16.08.2023. (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

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 сельскохозяйственных 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

Information about the authors

Uladzimir Yu. Aheyets — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Zhanna V. Koshak — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Koshak.zn@Gmail.com

Natalya N. Hadlevskaya — Ph.D. (Agricultural sciences), RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

УДК 639.3.032:639.371.52

Поступила в редакцию 20.05.2023
Received 20.05.2023

В.Ю. Агеец, Т.А. Сергеева, М.В. Книга

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

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СЕЛЕКЦИОННО-ПЛЕМЕННОЙ РАБОТЕ С КАРПОМ

Аннотация. В статье представлен обзор многолетних исследований института в области селекции и племенной работы с карпом за весь период работы сотрудников института в этом направлении: начало создания маточных стад, селекционная работа по выведению белорусских пород карпа, создание коллекционного стада зарубежных пород, исследование эффекта гетерозиса при межпородном, внутрипородном и внутривидовом скрещиваниях.Освещены основные направления исследований лаборатории на современном этапе.Дальнейшее ведение селекционно-племенной работы предполагает выведение новых пород, отвечающих росту запросов потребителей и способствующих повышению эффективности и конкурентоспособности ведения промышленного рыбоводства.

Ключевые слова: рыбоводство, карп, селекция, породы, гетерозис, кроссы

Uladzimir Yu. Aheyets, Tatiana A. Sergeeva, Maria V. Kniga

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

THE MAIN RESULTS AND PROMISING AREAS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN BREEDING AND BREEDING WORK WITH CARP

Abstract. The article presents an overview of the Institute's long-term research in the field of breeding and breeding work with carp for the entire period of work of the Institute's staff in this direction: the beginning of the

creation of breeding herds, breeding work on the breeding of Belarusian carp breeds, the creation of a collection herd of foreign breeds, the study of the effect of heterosis in interbreed, intrabreed and intraspecific crosses. The main directions of the laboratory's research at the present stage are highlighted. Further breeding and breeding work involves the breeding of new breeds that meet the growth of consumer demands and contribute to improving the efficiency and competitiveness of industrial fish farming.

Keywords: fish farming, carp, breeding, breeds, heterosis, crosses

Аквакультура в Беларуси представлена двумя основными направлениями: прудовым и индустриальным, включающим выращивание рыбы в садках, бассейнах и в установках оборотного (замкнутого) водообеспечения [1]. Прудовое рыбоводства было и остается главным направлением, обеспечивающим основной объем товарной продукции. В 2021 г. на долю прудового рыбоводства приходилось 98 % выращенной продукции. Базовым видом в прудовой аквакультуре является карп, производство которого в 2021 г. составило 71,1 % от общего объема товарной прудовой рыбы. Селекционно-племенная работа является важной составляющей рыбного хозяйства. Она направлена на поддержание и улучшение маточного стада основных видов рыб, разводимых в прудовых хозяйствах республики, повышение его продуктивности и улучшение качества рыбопосадочного материала.

Работы по созданию и селекции продуктивного маточного стада карпа, начаты белорусским ученым-селекционером Поликсеновым Дмитрием Петровичем. Формирование исходной группы производителей было начато в 1940 г. и после Великой Отечественной войны стадо производителей пополняли из разных рыбоводных хозяйств нашей страны и Российской федерации (Владимирская область и Краснодарский край) [2].

В 1947–1953 гг. на базе рыбхоза «Слепянка» было сформировано гетерогенное маточное стадо карпа из местных производителей, завезенное из 6 рыбхозов Беларуси и адаптированных к местным климатическим условиям 2–3 зон рыбоводства. Основная цель — проведение длительной селекции с целью повышения продуктивности карпа. В 1954 г. для упорядочения селекционно-племенной работыпо постановлению Совета Министров СССР № 569 от 16 марта 1947 г. было построено специализированное хозяйство «Изобелино», в котором и продолжились основные работы по селекции карпа, выведению новой породы и организации племенной работы. Цель селекционных работ — создание

в республике собственной породы, приспособленной к местным условиям, обладающей повышенной продуктивностью, жизнеспособностью, хорошей оплатой кормов, повышенной резистентностью к заболеванию воспалением плавательного пузыря (ВПП) с хорошими пищевыми качествами и экстерьерными показателями, характеризующийся высокой общей комбинационной способностью при скрещивании с другими породами и породными группами для организации в рыбхозах республики промышленного двухлинейного разведения, обеспечивающего гетерозисный эффект и получение конкурентноспособной то-варной рыбы. Создание новой породы проходило путем сложного воспроизводительного скрещивания различных форм карпа, отдаленных между собой по происхождению. К началу 60-х годов было выращено два поколения селекционируемых карпов, которые и стали ядром породы карпа «Изобелинский»[3, 4].

С 1959 по 1968 гг. эта работа была продолжена под руководством Прохорчик Галины Александровны. Основным селекционным методом при выведении изобелинского карпа был массовый отбор по темпу роста и выживаемости на 1–2 году жизни. Наиболее напряженный отбор был проведен в первых 5-и поколениях селекции. Общая напряженность его составляла от доли процента до 3–5 %. При селекции 4–5 поколений, когда заболеваемость воспалением плавательного пузыря (ВПП) была наиболее высокой и особи с острой формой заболевания определялись по внешним признакам, проводилась выбраковка рыб, подверженных заболеванию ВПП. Напряженность отбора по ВПП составляла 20–40 %.

В 1968 г. в институте была создана лаборатория селекции и племенной работы, руководителем которой с 1968 по 1989 гг. была кандидат биологических наук Чутаева Александра Ивановна. С созданием лаборатории появилась возможность проводить более углубленные исследования, биохимико-генетические исследования по белковому полиморфизму производителей карпа, биохимии крови и состава тела молоди. В течение 1976–1983 гг. проведены работы по генетическому маркированию селекционируемых отводок карпа, выявлено их генетическое разнообразие по локусам трансферринов и эстераз [5].

В 1977–1980 гг. было начато формирование генофонда амурского сазана ханкайской популяции, завезенного из Украины. Материал представлял большую ценность для селекционных работ, так как он характеризовался высокой степенью генетического полиморфизма

и адаптировался к местным климатическим условиям. Амурский сазан использовался в селекционно-племенной работе как компонент для скрещивания и получения промышленных кроссов. С первых же лет выращивания амурского сазана и его гибридов с карпом, были достигнуты положительные результаты при зимовке посадочного материала и выращивании товарных двухлетков гибридного происхождения в промышленных условиях. Эффект гетерозиса по рыбохозяйственным показателям (выживаемость) на ранних этапах товарного выращивания достигал 70,0 % и более [6].

Построенный на базе «Изобелино» инкубационный комплекс с электроподогревом воды позволил перейти от естественного нереста к заводскому воспроизводству карпа, что способствовало профилактике инфекционных заболеваний молоди и позволяло получать посадочный материал на 2–3 недели раньше наступления нерестовых температур в естественных условиях.

К 1989 г. в результате планомерной селекции была создана породная группа 4–5 поколения селекции, состоящая из 4 отводок: 2 зеркальных и 2 чешуйчатых, различающихся по генотипу и происхождению.

С 1990 по 1995 г. лабораторией руководил кандидат биологических наук Башунов Владимир Степанович. В этот период основной фокус был направлен на расширение имеющегося генофонда карпа за счет завоза пород зарубежной селекции и формирования породных групп карпа белорусской селекции в других хозяйствах Беларуси. В 1991–1992 гг. трехсуточными личинками годах были завезены: из Казахстана — югославский карп, из России — немецкий карп, из Молдавии — румынский карп «Фресинет», из Литвы — сарбоянский карп.

Импортированные породы карпа отличались от местных карпов большей высокоспинностью и темпами массонакопления, однако хуже выживали в условиях зимовки и нагула. Основная цель — проведение селекционных работ по разведению и скрещиванию импортированных пород с белорусскими карпами для получения промышленных гибридов с улучшенными экстерьерными показателями [7].

В этот период также велись поиски новых объектов аквакультуры для применения в прудовых хозяйствах. Одним из направлений селекции стало получение и изучение гибрида первого поколения карпа с серебряным карасем. Были выявлены биологические особенности и хозяйственное значение данного гибрида при его выращивании в условиях промышленных хозяйств Беларуси. Изучены особенности формирова-

ния маточного стада, технологические приемы выращивания сеголетков, двух- и трехлетков карпокарася. Результаты научных исследований позволили характеризовать данный гибрид как ценный и перспективный объект для прудового рыбоводства [8].

С 2000 по 2014 гг. лабораторию возглавляла доктор сельскохозяйственных наук Таразевич Елена Васильевна. Параллельно с работами по селекции карпа, адаптации импортированных пород карпа, сотрудниками лаборатории проводилась племенная работа по формированию улучшенных ремонтно-маточных стад местных карпов в промышленных хозяйствах республики. В результате многолетней целенаправленной работы научных сотрудников лабораториии специалистов рыбхоза «Лахва» Савончика Василия Алексеевича и Барановского Виталия Петровича на базе отделения «Дуброва» выведена и отселекционирована порода карпа «Лахвинский чешуйчатый». Порода утверждена приказом Минсельхозпрода РБ № 420 от 24.08.2001 г. По классификации селекционных достижений лахвинского карпа можно отнести к локальной породе, хорошо приспособленной к условиям Полесской низменности (повышенному содержанию железа в воде). Основным признаком селекционного достижения является повышение устойчивости к воспалению плавательного пузыря и жизнеспособность. Предназначена эта порода для разведения в прудовых рыбных хозяйствах Беларуси (II-III зоны рыбоводства), как в «чистоте», так и в скрещиваниях с другими породами и породными группами, а также с амурским сазаном. Лахвинский карп районирован во всех областях республики, характеризуется высокими рыбоводными показателями [9, 10, 11].

В 2006 г. приказом Минсельхозпрода РБ № 76 от 13. 03. 2006 г. утверждена порода карпа «Изобелинский», прошедшая к моменту апробации 8–9 поколений комбинированного отбора. Изобелинский карп отселекционирован на повышенное массонакопление, хорошую оплату кормов и сравнительно низкую заболеваемость ВПП, обладает высокими пищевыми качествами, экстерьерными показателями и высокой комбинационной способностью. В настоящее время изобелинский карп представлен четырьмя генетически маркированными селекционными отводками — три прим (зеркальная), смесь зеркальная, смесь чешуйчатая, столин XVIII (чешуйчатая). Отводки характеризуются стабильными рыбоводными показателями и могут быть использованы как для разведения как в чистопородном виде, так и для получения гибридов с амурским сазаном, внутрипородных и межпородных кроссов.

Установлена высокая эффективность использования различных отводок изобелинского карпа в скрещиваниях с другими породами (югославский, немецкий, сарбоянский, фресинет) [12].

Под руководством Е.В. Таразевич проведены работы по отбору и селекции улучшенных производителей карпа на базе рыбхоза «Тремля». Цель селекционных работ — создание в республике породы карпа, приспособленной выращиванию в условиях Полесской низменности с чрезмерной заболоченностью и низким качеством воды, дефицитом кислорода в зимний и летний периоды, обладающей повышенной резистентностью к заболеванию ВПП, улучшенными товарными качествами, хорошей оплатой кормов. Породная группа Тремлянского карпа представлена двумя линиями: зеркальной и чешуйчатой и предназначена для выращивания в чистоте и получения высокопродуктивных межпородных кроссов [13, 14, 15].

Для повышения продуктивности карповодства структура маточных стад в хозяйствах должна обеспечивать возможность неродственного промышленного скрещивания, создания в промышленных рыбоводных хозяйствах двух-, трехлинейных маточных стад. Работы по изучению и оценке гетерозисного эффекта у межлинейных, межпородных и внутривидовых кроссов карпа и использование их для повышения эффективности рыбоводства нашли свое отражение в диссертационной работе кандидата сельскохозяйственных наук Книги М.В. По результатам многолетних исследований подготовлена и издана в 2006 г. монография доктора сельскохозяйственных наук В.В. Кончица и кандидата сельскохозяйственных наук Книги М.В., в которой предложена схема скрещиваний, позволяющих получать наибольший гетерозисный эффект при промышленном выращивании. Их применение позволяет повысить рыбопродуктивность в выростных и нагульных прудах на 20 % и увеличить выход товарной продукции на 1,5–2,0 ц/га [16].

По результатам селекционно-племенной работы с карпом, включающей генетическое маркирование по белковым локусам, в 2009 г. Е.В. Таразевич была издана монография и в последствии успешно защищена докторская диссертация, описывающая селекционно-генетические основы создания и использования белорусских пород и породных групп карпа, использование гетерозиса в товарном рыбоводстве [17].

В 2011 г. коллекционное маточное стадо пополнилось породой карпа российской селекции «Черепетский рамчатый» [18]. В настоящее время коллекционное маточное стадо карпа представлено тремя породами

белорусской селекции: лахвинским (2 отводки), изобелинским (4 отводки) и тремлянским (2 отводки) карпами, 5 импортированными породами: немецкий, югославский, сарбоянский, черепетский карпы и карп «фресинет», а также амурским сазаном ханкайской популяции.

В результате работ с использованием имеющегося коллекционного стада, гетерогенного по происхождению и рыбохозяйственным характеристикам, была разработана Перспективная схема дальнейшей селекции карпа в Беларуси, согласованная Министерством сельского хозяйства и продовольствия.

В настоящее время селекционная работа ведется в 2 направлениях:

1. Создание новых высокопродуктивных пород.

2. Создание гетерозисных кроссов для промышленного рыбоводства.

По первому направлению ведутся работы по созданию новой белорусской породы зеркального карпа, обладающей улучшенным фенотипом, повышенной общей резистентностью и не уступающей чешуйчатым породам по рыбопродуктивности. Работа по формированию исходного селекционного материала зеркального карпа начата с 1992 г. Данная породная группа состоит из двух линий, которые отличаются внешним видом и генетическими характеристиками. Обе характеризуются повышенными рыбохозяйственными показателями и устойчивостью к ВПП. Первая линия имеет чисто карповое происхождение и отличается минимальным чешуйным покровом, расположенным по рамчатому типу. Карпы этой группы обладают высокоспинным экстерьером (l/H — 2,6–2,7), округлой формой тела с характерным наплывом над головой. Рыбы второй линии характеризуются более прогонистым телосложением (l/H — 2,8–2,9) и разбросанным чешуйным покровом. В их генотипе присутствует наследственность амурского сазана (12,5 %). Это обуславливает повышенную устойчивость данной линии к заболеванию ВПП и повышенную приспособляемость к условиям среды. В настоящее время получены ремонтно-маточные группы 5 и 6 поколений селекции [19].

Начата работа по формированию маточного стада карпа, селекционируемого на улучшение воспроизводительных качеств (повышение рабочей плодовитости, отзывчивость на малые дозы гипофизарных инъекций). Сформированы ремонтные группы 1 и 2 поколения.

По второму направлению работа направлена на увеличение эффективности рыбоводства без заметного увеличения затрат на кормление. Это достигается при выращивании высокопродуктивных межпородных

кроссов карпа, обладающих высоким темпом роста за счет проявления эффекта гетерозиса, что позволяет увеличить рыбопродуктивность прудов на 15–20 %.

При этом важнейшим условием успеха промышленной гибридизации является чистота ее проведения, что невозможно без генетического маркирования и сохранения генетической разнокачественности скрещиваемых объектов. Сегодня в лаборатории проводится селекционно-племенная работа по изучению, формированию, идентификации и поддержанию в чистоте коллекционного племенного генофонда карпа белорусской и зарубежной селекции, изучению гетерозисного эффекта при межпородном и внутривидовом скрещивании, тиражированию и реализация племенного материала племенным и промышленным рыбоводным хозяйствам для создания и поддержания двухтрехлинейных маточных стад для получения промышленных гибридов. Разработаны и приняты для использования промышленными рыбоводными хозяйствами технологическая инструкция по разведению племенного карпа белорусской селекции (2005), Программа поведению селекционно-племенной работы в прудовых хозяйствах Беларуси (2006), Перспективная схема племенной работы с породами карпа зарубежной селекции (2020), отраслевые технологические инструкции по выращиванию племенных производителей карпа зарубежной селекции и товарных сеголетков белорусского зеркального карпа (2020). По предложенным разработкам ведется работа с племенными стадами, получение промышленных гибридов и выращивание товарной рыбной продукции в рыбоводных организациях Беларуси [20]. В рыбоводных хозяйствах республики в 2020–2022 гг. по разработкам лаборатории селекции и племенной работы выращено 3576 тыс. экз. сеголетков и около 700 т товарного двухлетка карпа чистых пород и промышленных помесей, полученных от скрещивания карпа белорусской и зарубежной селекции.

В современных реалиях селекционная наука невозможна без изучения генетики объектов аквакультуры, использования данных по наиболее значимым генам для улучшения и ускорения селекционного процесса. Не секрет, что со временем любая породная группа племенных животных теряет свой генетический потенциал в следствии имбридинга — близкородственного скрещивания из-за небольшого количества особей. Для улучшения генетического потенциала племенных стад проводятся работы по изучению генетического разнообразия на примере коллекционных пород карпа и амурского сазана.

Специалистами Института генетики и цитологии подобраны молекулярные маркеры и проводится изучение разных возрастных групп карпа. По результатам исследований определяется уровень генетического разнообразия каждой особи, разнородности производителей и генетическая удаленность их друг от друга. Это позволяет более четко подбирать производителей для нереста с целью снижения влияния имбридинга и повышения генетического потенциала потомства. В результате совместных исследований разработана Технология генетической сертификации белорусских пород карпа (2020). Изучается возможность использования молекулярно-генетических маркеров для оценки хозяйственно-полезных признаков у карпа и амурского сазана для селекционно-генетического совершенствования племенного материала [21].

Лаборатория активно сотрудничает с коллегами из России. В рамках программы российско-белорусского сотрудничества в области рыбного хозяйства проводится обмен генетическим материалом (половыми продуктами) карпа различных пород и амурского сазана. Для расширения генетического разнообразия и адаптационных возможностей имеющихся производителей амурского сазана, дважды (в 2016 и 2019 гг.) было произведено оплодотворение самок сазана, адаптированного в условиях Беларуси, молоками сазана, завезенными из генофондного хозяйства, созданного на базе Всероссийского Научно-исследовательского института прудового рыбного хозяйства (РФ), от которых получены группы производителей разного возраста и дана их генетическая характеристика. Оценена комбинационная способность и степень проявления эффекта гетерозиса у гибридов, полученных от производителей амурского сазана девятого поколения, выращенного в условиях Беларуси, с карпами белорусской и зарубежной селекции. По итогам данной работы подготовлены Методические рекомендации по скрещиванию амурского сазана с породами карпа белорусской и зарубежной селекции для получения промышленных гибридов (2022).

Сотрудники лаборатории принимали участие в разработке и дальнейшем совершенствовании Государственной компьютерной информационной системы ведения племенного учета в рыбоводстве АСУ «Белплемрыба», которая используется племенными рыбоводными предприятиями страны. В 2019 г.СПУ «Изобелино» вошло в перечень генофондных хозяйств Беларуси и Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь ему присвоен статус «Племенной завод по разведению карпа, генофондное хозяйство».

Для планомерного ведения племенной работы с промышленными рыбоводными хозяйствами совместно с государственными органами управления разработана схема племенной работы по обновлению ремонтно-маточных стад карпа чистыми линиями. Сотрудники лаборатории совместно с сотрудниками СПУ «Изобелино» ежегодно получают и реализуют чистопородный племенной материал карпа белорусской и зарубежной селекции.

За период 2020–2023 гг. рыбоводным организациям страны было реализовано более 41 млн личинки карпа чистых линий разной породной принадлежности, 2724 кг племенного ремонтного стада карпа и амурского сазана.

В перспективе в лаборатории будет продолжена работа по выведению новой белорусской породы зеркального карпа, изучению его комбинационной способности и генетических характеристик, проведено закрепление фенотипических и рыбоводных- биологических показателей для выхода породы на апробацию.

В процессе адаптации зарубежных пород карпа к природно-климатическим условиям Беларуси неизбежно происходят изменения характеристик пород. В процессе селекции проводится отбор на изменение и закрепление определенных качеств. Так, при селекции сарбоянского карпа были отобраны только зеркальные особи и сформирована зеркальная линия. Одним их направлений работы лаборатории определено изучение генетической и фенотипической структуры маточного стада сарбоянского карпа, проведение оценки и маркирования производителей, и формирование репродуктивного маточного стада с необходимыми характеристиками. Это позволит получить младшие ремонтные группы заводского зеркального типа в породе сарбоянского карпа, что даст возможность разнообразить предложение карпов с зеркальным чешуйным покровом и обеспечить покупательский спрос на такую рыбу в различных регионах республики. Повышенная зимостойкость и выживаемость сарбоянского карпа позволит увеличить продуктивность рыбоводных прудов до 20 %.

Также планируется продолжить сотрудничество с Институтом генетики и цитологии НАН Беларуси по изучению и применению молекулярно-генетических маркеров генов, связанных с хозяйственно-полезными признаками у карпа и амурского сазана для отбора и маркирования наиболее перспективных особей с целью увеличения выживаемости племенного материала, повышения темпов его массонакопления и резистентности к инфекционным заболеваниям.

Целенаправленная селекционно-племенная работа с карпом позволила вывести и утвердить белорусские породы карпа с высокой степенью адаптации к условиям выращивания, расширить породный состав и повысить породность маточных стад в промышленных рыбоводных организациях, обеспечить преобладающее значение в производстве товарной рыбы продуктивных межпородных кроссов, применительно условий хозяйств выращивания. Дальнейшее ведение селекционно-племенной работы предполагает выведение новых пород, отвечающих росту запросов потребителей и способствующих повышению эффективности и конкурентоспособности ведения промышленного рыбоводства.

Список использованных источников

1. Агеец, В.Ю., Костоусов, В.Г., Марцуль, О.Н. О результатах рыбохозяйственной деятельности в Республике Беларусь за 2021 год / В.Ю. Агеец, В.Г. Костоусов, О.Н. Марцуль // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. / РУП «Институт рыбного хозяйства». — Минск, 2022. — Вып. 38. — С. 7–20.
2. Поликсенов, Д.П. Создание высокопродуктивного и жизнестойкого племенного стада карпа в целях выведения новой породы его в Белоруссии / Д.П. Поликсенов // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. / РУП «Институт рыбного хозяйства». — Минск, 1962. — Вып. 4. — С. 5–62.
3. Очерк развития рыбохозяйственной науки в Беларуси / РУП «Институт рыбного хозяйства»; под. ред. М.М. Радько, В.В. Кончица. — Минск, 2008. — 122 с.
4. Институту рыбного хозяйства — 60 лет / Г.И. Корнеева [и др.]; под. ред. В.Ю. Агеева. — Минск: Беларуская навука, 2018. — 163 с.
5. Чутаева, А.И. Рыбоводно-биологические и биохимико-генетические особенности карпов, разводимых в Республике Беларусь / А.И. Чутаева, Г.А. Прохорчик, Н.Н. Башунова, Е.В. Таразевич, А.П. Семенов, М.В. Книга, И.В. Чимбур, Р.З. Екельчик, Л.С. Дударенко, Л.М. Вашкевич, А.П. Ус // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. / РУП «Институт рыбного хозяйства». — Минск, 1997. — Вып. 15. — С. 11–33.
6. Чутаева, А.И. Рыбохозяйственная характеристика внутрипородных помесей белорусского карпа и его гибридов с амурским сазаном / А.И. Чутаева, М.В. Книга // Тезисы докладов XXI научной конференции по изучению и освоению водоемов Прибалтики и Белоруссии, Псков, сентябрь 1983. — Псков, 1983. –Т. 2. — С. 164–167.
7. Башунова, Н.Н. Возможность выращивания помесей карпа в условиях Белоруссии / Н.Н. Башунова, М.В. Книга // Изв. ААН Республики Беларусь. — 1994. — № 2. — С. 93–96.
8. Кончиц, В.В. Биологические особенности и хозяйственное значение гибрида первого поколения карпа с серебряным карасем: монография / В.В. Кончиц, А. И. Чутаева. — Минск, 1996. — 75 л.

9. Таразевич, Е.В. Селекционно-генетические основы создания и использования белорусских пород и породных групп карпа: моногр. / Е.В. Таразевич. — Мн.: Тонпик, 2009. — 223 л.
10. Таразевич, Е.В. Рыбохозяйственная характеристика лахвинского карпа / Е.В. Таразевич, Ю.И. Илясов // Вопросы генетического и экологического мониторинга объектов рыбоводства: сб. науч. тр. ВНИИПРХ. — М.: ВНИИПРХ, 1992. — Вып. 68. — С. 30–39.
11. Таразевич, Е.В. Лахвинский карп в Республике Беларусь. / Е.В. Таразевич, А.И. Чутаева, В.П. Барановский // Аквакультура начала XXI века: истоки, состояние, стратегия развития: материалы международной конференции. — М., 2002. — С. 194–197.
12. Прохорчик, Г.А. Формирование породной группы изобелинского карпа. / Г.А. Прохорчик, М.В. Книга, Е.В. Таразевич // Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности. Международная научно-практическая конференция посвящённая 60-летию Московской рыбоводно-мелиоративной опытной станции и 25-летию её реорганизации в ГНУ ВНИИР, 11-13 апреля 2005 г. — М., 2005. — С. 200–206.
13. Семенов, А.П. Создание селекционной чешуйчатой отводки тремлянского карпа, маркированной по локусу трансферрина / А.П. Семенов, Е.В. Таразевич, Л.С. Дударенко // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. / РУП «Институт рыбного хозяйства». — Минск, 1994. — Вып. 12. — С. 28–35.
14. Семенов, А.П. Формирование селекционируемой зеркальной отводки тремлянского карпа / А.П. Семенов, Е.В. Таразевич, Л.С. Дударенко // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. / РУП «Институт рыбного хозяйства». — Минск, 1995. — Вып. 13. — С. 134–142.
15. Таразевич, Е.В. Рыбохозяйственная характеристика лахвинского карпа / Е.В. Таразевич, Ю.И. Илясов // Вопросы генетического и экологического мониторинга объектов рыбоводства: сб. науч. тр. ВНИИПРХ. — М. : ВНИИПРХ, 1992. — Вып. 68. — С. 30–39.
16. Кончиц, В.В. Оценка гетерозисного эффекта у межлинейных, межпородных и межвидовых кроссов карпа и использование их для повышения эффективности рыбоводства / В.В. Кончиц, М.В. Книга. — Мн. «Тонпик», 2006. — 222 с.
17. Таразевич, Е.В. Селекционно-генетические основы создания и использования белорусских пород и породных групп карпа: моногр. / Е.В. Таразевич. — Минск, 2008. — 224 л.
18. Шейко, Я.И. Рыбохозяйственные показатели ремонта черепетского рамчатого карпа первого поколения выращенного в условиях Беларуси / Я.И. Шейко, М.В. Книга, Л.М. Вашкевич, Т.Ф. Войтюк, Л.С. Тентевицкая // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. / РУП «Институт рыбного хозяйства». — Минск, 2016. — Т. 32. — С. 43–54.
19. Таразевич, Е.В. Сравнительная характеристика рыбоводно-биологических показателей исходного селекционного генофонда белорусской зеркальной

породы карпа / Е.В. Таразевич, М.В. Книга, Л.М. Вашкевич, С.В. Свенторжицкий, Я.И. Шейко, Ю.М. Рудый, С.В. Кралько // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. / РУП «Институт рыбного хозяйства». — Минск, 2016. — Т. 32. — С. 55–64.

20. 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.
21. Таразевич Е.В., Книга М.В., Сазанов В.Б. Методы селекции на различных этапах породообразовательного процесса при создании белорусских пород карпа/ Е.В. Таразевич, М.В. Книга, В.Б. Сазанов. — Минск : БГАТУ, 2017. — 105 с.

Reference

1. Ageets V.Yu., Kostousov V.G., Martsul O.N. On the results of fishery activities in the Republic of Belarus for 2021 / V.Yu. Ageets // Questions of the fisheries industry of Belarus: collection. scientific tr. / RUE “Institute of Fisheries”. — Minsk, 2022. — Issue. 38. — pp. 7–20.
2. Poliksenov D.P. Creation of a highly productive and resilient breeding stock of carp in order to breed a new breed in Belarus / D.P. Poliksenov // Issues of fisheries of Belarus: collection. scientific tr. / RUE “Institute of Fisheries”. — Minsk, 1962. — Issue. 4. — P. 5–62.
3. Essay on the development of fisheries science in Belarus / RUE «Institute of Fisheries»; under. ed. M.M. Radko, V.V. Konchitsa. — Minsk, 2008. — 122 p.
4. The Institute of Fisheries is 60 years old / G.I. Korneeva [and others]; under. ed. V. Yu. Ageets. — Minsk : Belarusian Science, 2018. — 163 p.
5. Chutaeva A.I. Fish-biological and biochemical-genetic characteristics of carp bred in the Republic of Belarus / A.I. Chutaeva, G.A. Prokhorchik, N.N. Bashunova, E.V. Tarazevich, A.P Semenov, M.V. Kniga, I.V. Chimbur, R.Z. Ekelchik, L.S. Dudarenko, L.M. Vashkevich, A.P. Us // Questions of fisheries of Belarus: collection. scientific tr. / RUE “Institute of Fisheries”. — Minsk, 1997. — Issue. 15. — pp. 11–33.
6. Chutaeva A.I., Kniga M.V. Fishery characteristics of intra-breed crosses of Belarusian carp and its hybrids with Amur carp / A.I. Chutaeva, M.V. Book // Abstracts of reports of the XXI scientific conference on the study and development of water bodies of the Baltic states and Belarus, Pskov, September 1983. — Pskov, 1983. — T. 2. — pp. 164–167
7. Bashunova N.N. Possibility of growing carp hybrids in the conditions of Belarus / N. N. Bashunova, M.V. Book // Izv. AAN of the Republic of Belarus. — 1994. — No. 2. — P. 93–96.
8. Konchits V.V. Biological features and economic significance of the first generation hybrid of carp with silver crucian carp: monograph / V.V. Konchits, A. I. Chutaeva. — Minsk, 1996. — 75 p.

9. Tarazevich E.V. Selection and genetic basis for the creation and use of Belarusian breeds and breed groups of carp: monograph. / E.V. Tarazevich. — Mn. : Tonpik, 2009. — 223 l.
10. Tarazevich E.V. Fishery characteristics of Lakhvinsky carp / E.V. Tarazevich, Yu.I. Ilyasov // Issues of genetic and environmental monitoring of fish farming objects: collection. scientific tr. VNIIPRH. — M.: VNIIPRH, 1992. — Issue. 68. — pp. 30–39.
11. Tarazevich E.V. Lakhvinsky carp in the Republic of Belarus. / E.V. Tarazevich, A.I. Chutaeva, V.P. Baranovsky // Aquaculture of the early 21st century: origins, state, development strategy: materials of the international conference. — M., 2002. — P. 194–197.
12. Prokhorchik G.A. Formation of the breed group of isobelian carp. / G.A. Prokhorchik, M.V. Kniga, E.V. Tarazevich // Aquaculture and integrated technologies: problems and opportunities. International scientific and practical conference dedicated to the 60th anniversary of the Moscow fish farming and reclamation experimental station and the 25th anniversary of its reorganization into the State Scientific Institution VNIIR, April 11-13, 2005. — M., 2005. — P. 200–206.
13. Semenov A.P. Creation of selective scaly layering of Tremlyan carp, marked by the transferrin locus / A.P. Semenov, E.V. Tarazevich, L.S. Dudarenko // Questions of fisheries of Belarus: collection. scientific tr. / RUE «Institute of Fisheries». — Minsk, 1994. — Issue. 12. — pp. 28–35.
14. Semenov A.P. Formation of selective mirror layering of Tremlyan carp / A.P. Semenov, E.V. Tarazevich, L.S. Dudarenko // Questions of fisheries of Belarus: collection. scientific tr. / RUE “Institute of Fisheries”. — Minsk, 1995. — Issue. 13. — pp. 134–142.
15. Tarazevich E.V. Fishery characteristics of Lakhvinsky carp / E.V. Tarazevich, Yu.I. Ilyasov // Issues of genetic and environmental monitoring of fish farming objects: collection. scientific tr. VNIIPRH. — M.: VNIIPRH, 1992. — Issue. 68. — pp. 30–39.
16. Konchits V.V. Evaluation of the heterosis effect in interline, interbreed and interspecific crosses of carp and their use to increase the efficiency of fish farming / V.V. Konchits, M.V. Book. — Mn. “Tonpik”, 2006. — 222 p.
17. Tarazevich E.V. Selection and genetic basis for the creation and use of Belarusian breeds and breed groups of carp: monograph. / E. V. Tarazevich. — Minsk, 2008. — 224 l.
18. Sheiko Ya. I., Kniga M.V., Vashkevich L.M., Voytyuk T.F., Tentevitskaya L.S. Fishery indicators of repair of the first generation Cherepetsky frame carp grown in Belarus // Issues of fisheries in Belarus: collection of articles. scientific tr. / RUE “Institute of Fisheries”. — Minsk, 2016. — T. 32. — P. 43–54.
19. Tarazevich E.V., Book M.V., Vashkevich L.M., Sventorzhitsky S.V., Sheiko Ya.I., Rudy Yu.M., Kralko S.V. Comparative characteristics of fish farming and biological indicators of the initial breeding gene pool of the Belarusian mirror breed of carp // Questions of fisheries of Belarus: collection. scientific tr. / RUE “Institute of Fisheries”. — Minsk, 2016. — T. 32. — P. 55–64.

20. Tarazevich E.V. Technological instructions for breeding pedigree carp of Belarusian selection / E.V. Tarazevich, M.V. Book, A.P. Semenov, V.B. Sazanov, L.S. Dudarenko, A.P Us // Collection of scientific, technological and methodological documentation on aquaculture in Belarus. — Minsk, 2006. — P. 6–20.
21. Tarazevich E.V., Kniga M.V., Sazanov V.B. Selection methods at various stages of the breeding process when creating Belarusian carp breeds / E.V. Tarazevich, M. V. Kniga, V.B. Sazanov. — Minsk: BGATU, 2017. — 105 p.

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

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

Information about authors

Uladzimir Yu. Aheyets — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Tatiana A. Sergeeva — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tasergeeva@tut.by

Maria V. Kniga — Ph.D. (Agricultural), Leading employee, Laboratory Breeding and Breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

УДК 639.3

Поступила в редакцию 02.05.2023
Received 02.05.2023

В.Ю. Агеец, С.Н. Пантелей, В.Д. Сенникова, М.Н. Исаенко, М.И. Агеенко

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

ИСТОРИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛАБОРАТОРИИ ПРУДОВОГО И ИНДУСТРИАЛЬНОГО РЫБОВОДСТВА

Аннотация. Статья представляет собой аналитический обзор деятельности лаборатории прудового рыбоводства (в дальнейшем — прудового и индустриального) с момента основания и до настоящего времени, описание решенных в ходе проведенных научно-исследовательских работ задач, оказавших заметное влияние на аквакультуру Беларуси, краткое описание выполняемых в настоящее время проектов, а также перспективные направления деятельности.

Ключевые слова: лаборатория, пруды, аквакультура, исследования, рыбоводство, карп, растительноядные рыбы, осетровые, осетрообразные, черный амур, язь

Uladzimir Yu. Aheyets, Sergey N. Panteley, Violetta D. Sennikova, Marina N. Isaenko, Maria I. Ageenko

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

HISTORY OF FUNCTIONING AND MAIN DIRECTIONS OF RESEARCH OF THE LABORATORY OF POND AND INDUSTRIAL FISH FARMING

Annotation. The article is an analytical review of the activities of the pond fish farming laboratory (hereinafter — pond and industrial) from the moment of its foundation to the present, a description of the tasks solved during the research work that had a noticeable impact on the aquaculture of Belarus, a brief description of the projects currently being carried out, as well as promising areas of activity.

Keywords: laboratory, ponds, aquaculture, researches, fish farming, carp, herbivorous fishes, sturgeons, grass carp, ide

Рыбное хозяйство в Беларуси является органичным звеном хозяйственного комплекса, имеет давние традиции и определённые достижения. Стратегия развития рыбной отрасли на каждом этапе пути формировалась под влиянием существующих экономических и социальных факторов, но только к 20-м годам XX века стало заметно влияние научных подходов. Несмотря на то, что начало прудовому рыбоводству на территории Беларуси было положено в конце XVI века на усадьбах богатых привилегированных вельмож и на монастырских землях, преимущественно на запрудах, устраиваемых на малых водотоках. К ним относится одна из самых крупных прудовых систем того периода, усадьба «Альба» князя Радзивила (вблизи г. Несвижа), где выращивались карп и форель, также ряд более мелких хозяйств (карповые хозяйства) в имениях Смоляны, Пески, Пештова и т.д. Для работы в них могли привлекаться специалисты рыбохозяйственного профиля, однако объёмы выращиваемой рыбы были весьма невелики, продукция использовалась преимущественно для собственных нужд. В период, предшествовавший империалистической и гражданской войне, в ходе которых имевшиеся на территории Беларуси хозяйства были практически разрушены, а большая их часть впоследствии отошла Польше, насчитывалось 856 га прудовых площадей, рыбопродуктивность не превышала 55 кг/га.

Новый этап рыбохозяйственных исследований пришедшийся на первые пятилетки, был обусловлен необходимостью мобилизации всех природных ресурсов для обеспечения бурного развития народного хозяйства. В это время на территории Беларуси большое влияние уделялось расширению объёмов прудового хозяйства, за счёт объединения бывших помещичьих прудов, а также строительства новых прудхозов, большинство из которых было полносистемными. К началу Великой Отечественной войны прудовые площади составили 13 тыс. на них было выращено 15,3 тыс. ц товарного карпа. Исходя из этих цифр, можно заключить, что уже на этом этапе серьёзное влияние уделялось вопросам увеличения рыбопродуктивности, возросшей более чем вдвое. Для оценки состояния ресурсной и производственной базы восточных областей Беларуси Наркомземом республики была организована Белорусская рыбохозяйственная экспедиция, в работе которой приняли участие учёные-рыбохозяйственники (Ф.А. Спичаков, А.Н. Елеонский, Н.С. Гаевская, Б.И. Чефрас и др.). Помимо работы на естественных водоёмах, было проведено обследование более 100 прудов рыбхо-

зов «Белое» и «Слепянка». Краткие результаты были опубликованы участником экспедиции П.А. Тарасовым (1926, 1928). Детальная обработка собранных материалов проводилась в лабораториях Московской сельхозакадемии им. К.А. Тимирязева. Материалы, к сожалению, утеряны [1].

В 1928 г. на базе Белорусской рыбохозяйственной экспедиции была организована Белорусская научно-исследовательская станция рыбного хозяйства, результаты которых широко использовались в практике рыбного хозяйства. Так, например, в целях интенсификации прудового рыбоводства в 1932–1935 гг. под руководством профессора И.Н. Арнольда в рыбхозах «Белое» и «Слепянка» осуществлялись первые в СССР эксперименты по использованию минеральных удобрений, в частности, суперфосфата, что позволило в отдельных случаях увеличить естественную рыбопродуктивность на 62 %. К сожалению, большинство материалов исследований также были утеряны в ходе ВОВ, нанесшей очень серьёзный урон как материальной, так и научно-технической базе прудового рыбоводства Беларуси.

Собственно прудовый фонд Беларуси пострадал не слишком значительно, однако рыбоводство велось экстенсивными методами, часть мелких прудовых площадей была передана в пользование колхозам и совхозам. К 1951 г. производство прудовой товарной рыбы составило 9,7 тыс. ц, рыбопродуктивность 150 кг/га. Как видно из этих цифр, производство велось экстенсивными методами и требовался пересмотр имевшихся подходов к ведению рыбного хозяйства.

В связи с этим сразу после войны возобновила деятельность Научно-исследовательская станция прудового и озёрного хозяйства Главрыбпрома при СНК БССР. В 1950 г. она была преобразована в Белорусское отделение ВНИОХР. Под руководством В.А. Чесалина рядом исследователей уже к началу 60-х годов были завершены основные научно-исследовательские работы по инвентаризации рыбопромыслового фонда республики, рыбных ресурсов прудовых и озёрно-речных водоёмов, изучению биологии и промысла рыб, намечены перспективы дальнейшей интенсификации прудового рыбоводства и озёрно-речного рыболовства. Актуальность выполненной работы, а также открывающиеся перспективы привели к преобразованию Белорусского отделения ВНИОХР в Белорусский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства в 1958 г. [1].

В состав института были включены четыре научных подразделения, в том числе лаборатория рыбоводства.

На начальных этапах существования основными задачами, стоящими перед сотрудниками лаборатории прудового рыбоводства, было решение проблем, наиболее остро стоявших в рыбной отрасли, в частности интенсификация производства рыбной продукции. Постепенное решение этих задач за счёт организации научно обоснованного кормления рыбы, использования средств механизации, в частности, автокормушек, снижении доли не удовлетворявших новым требованиям объектов аквакультуры в новых условиях производства, в частности, серебряного карася, и, наоборот, внедрении новых объектов (белого амура, толстолобиков), отработки норм и способов удобрения прудов, прочих мелиоративных мероприятий, а также, в период освоения Полесской низменности, строительства новых полносистемных прудовых хозяйств, позволило в период с 1964 по 1989 гг. увеличить производство прудовой рыбы 3,5 тыс. т до 17,3 тыс. т, при этом рыбопродуктивность возросла до 14,3 ц/га. Производство прудовой рыбы многократно превысило её вылов из естественных водоёмов, что на практике подтвердило конкурентоспособность этой формы рыбохозяйственной деятельности в Беларуси.

Были разработаны рыбоводные нормативы выращивания растительноядных рыб совместно с карпом в условиях республики Беларусь. Прирост рыбной продукции за счет растительноядных рыб составил 472–878 кг/га [1].

В определённый период внедрение растительноядных рыб в республике сдерживалось отсутствием собственного посадочного материала, ежегодно приходилось завозить до 5 млн личинок, на доставку которых уходили значительные средства. В связи с этим возникла необходимость в разработке собственной технологии воспроизводства растительноядных рыб. В результате проведенных исследований учеными лаборатории было получено жизнестойкое потомство от производителей растительноядных рыб при содержании их в тепловодных прудах, была отработана технология воспроизводства растительноядных рыб на базе теплых вод Березовской ГРЭС. В результате необходимость завозить посадочный материал отпала. За период с 1983 г. по 1986 г. в отделении «Белоозерск» ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» было получено 76,7 млн личинок растительноядных рыб, при непосредственном участии коллектива ученых лаборатории прудового рыбоводства (рис. 1). Огромный вклад в проведение научных исследований в этом направлении внесли Соболев Ю.А., Кончиц В.В., Мищенко Н.В., Емельянов

В.С., Федорова В.Г., Гиряев А.С., Сенникова В.Д., Шкодина Л.П., Докучаева С.И.



Рис. 1. Сотрудники лаборатории прудового рыбоводства (Муратов В.М., Докучаева С.И., Кончиц В.В., Сенникова В.Д., Алексеева А.А., Ус В.В., Федорова В.Г., Хасеневич А.И.)
Fig. 1. Pond fish culture laboratory staff (Muratov V.M., Dokuchaeva S.I., Konchits V.V., Sennikova V.D., Alekseeva A.A., Us V.V., Fedorova V.G., Khasenevich A.I)

В дальнейшем направления деятельности лаборатории периодически менялись в связи со смещением приоритетов в рыбной отрасли республики.

В двухтысячных годах (лаборатория переименована в лабораторию разведения и выращивания ценных видов) научные исследования были направлены на повышение общей рыбопродуктивности прудов и рентабельности продукции рыбоводства за счет осуществления перехода к выращиванию новых, более ценных видов рыб (осетровые, сомовые и др.), способных окупить понесенные затраты на их воспроизводство и выращивание [2].

Основным направлением исследований становится изучение биологической продуктивности новых видов рыб, в поликультуру вводятся ранее не свойственные для прудового рыбоводства Беларуси виды рыб, такие как веслонос, стерлядь, ленский осетр, сом, судак.

Одним из важных направлений являлось разведение европейского сома (*Silurus glanis*) в прудовых условиях Беларуси, формирование ремонтно-маточных стад, разработка технологии искусственного воспроизводства, выращивание в поликультуре. В 2001–2006 гг. сотрудниками лаборатории разработан и запатентован новый способ воспроизводства

европейского сома, который позволил получать личинок в промышленных масштабах с малыми затратами и технология выращивания товарного европейского сома в поликультуре, которая позволяет получать до 100 кг/га дополнительной рыбопродукции без затрат концентрированных кормов. Значительный вклад в решение данных вопросов внесли сотрудники лаборатории Кончиц В.В., Докучаева С.И., Чутаева А.И., Сенникова В.Д., Мамедов Р.А., Ус В.В., Федорова В.Г. [2].

В связи с необходимостью получения собственного более жизнестойкого посадочного материала европейского сома в лаборатории прудового рыбоводства были продолжены работы с данным видом рыб в направлении разработки технологии выращивания посадочного материала в контролируемых условиях. Окончательным итогом этой работы явился разработанный в 2019 г. и внедрённый в производство в 2020–2022 гг. «Технологический регламент выращивания сеголетков европейского сома в контролируемых условиях» [3]. Технология обеспечивает увеличение выживаемости посадочного материала массой 500 мг для зарыбления прудов в проточных и рециркуляционных системах с 0,5–1,0 до 40–45 %, а также увеличение выхода сеголетков сома из прудов, зарыбленных жизнестойким посадочным материалом, до 25 % от первоначальной численности предличинки. Также технология обеспечивает получение в условиях рециркуляционных установок посадочного материала (сеголетков) массой 20±5 г на протяжении 85 суток подращивания при выходе 35–40 % от первоначальной плотности посадки предличинки, что позволяет избежать потерь посадочного материала при выращивании в прудах. Всё это позволяет увеличить выход товарного сеголетка сома при выращивании его в прудах с 0,5–1,0% до 10,4 %, повысить производство посадочного материала европейского сома в 10 и более раз, в 3–4 раза снизить себестоимость его производства.

Получение жизнестойкого посадочного материала (сеголетков) европейского сома в большем количестве позволяет обеспечить потребности рыбоводных хозяйств Беларуси в материале для зарыбления прудов годовиками европейского сома (10–12 т в год) в качестве дополнительного объекта поликультуры (рис 2.). В результате, в ходе трёхлетнего цикла выращивания ежегодно может быть получено 30–35 т товарной продукции европейского сома без существенного увеличения затрат на производство единицы продукции, что превышает средние годовые показатели (за 2015–2019 гг.) в 3 раза. Ранее подобной технологии в Беларуси не было. В результате проведенных работ по внедрению технологии:



Рис. 2. Посадочный материал (сеголетки) сома европейского
Fig. 2. Planting material (yearlings) of European catfish

- в рыбоводческих хозяйствах Беларуси налажено устойчивое производство сеголетков на уровне 3,5 т в год, что позволяет производить ежегодно около 15 т двухлетков в качестве посадочного материала и до 50 т трёхлетков сома в качестве товарной продукции;
- стало возможным получение наиболее сложной в технологическом плане продукции — сеголетков европейского сома в требуемых количествах.

Важным направлением исследований лаборатории является поэтапное внедрение в прудовую рыбоводную культуру республики представителя осетрообразных американского веслоноса (*Polyodon spathula Walbaum*) (рис. 3) [4, 5].



Рис. 3. Американский веслонос (Polyodon spathula Walbaum)
Fig. 3. American paddlefish (Polyodon spathula Walbaum)

Годовики веслоноса были завезены в Беларусь в 2002 и 2004 гг. В процессе работы установлены высокая пластичность веслоноса по отношению к абиотическим и биотическим параметрам среды и значительный потенциал роста в условиях II зоны рыбоводства. Исследованиями доказано, что введение веслоноса в поликультуру повысит эффективность рыбоводства за счет получения 150 кг/га дополнительной высокоценной рыбной продукции без затрат концентрированных кормов. Были разработаны «Научные основы акклиматизации и введения в культуру рыбоводства веслоноса в условиях прудовых рыбных хозяйств Республики Беларусь».

В результате работ по данному направлению было сформировано собственное ремонтно-маточное стадо веслоноса в ХРУ «Вилейка» (на данный момент имеется 62 экз. девятнадцатигодовиков).

При освоении любого нового объекта рыбоводства самым сложным является выращивание на первом году жизни (сеголетков). Этот период выращивания молоди содержит много технологических моментов, отработать которые за год или два сложно.

В 2020 г. были разработаны «Биологические основы воспроизводства, подращивания молоди до жизнестойких стадий и дальнейшего выращивания в прудах веслоноса, полученного в условиях рыбоводческих хозяйств Беларуси» [6].

Одним из важных результатов деятельности лаборатории является разработка подходов к формированию маточных стад, воспроизводству и получению товарной продукции осетровых рыб, в частности, стерляди (*Acipenser ruthenus*) и ленского осетра *(Acipenser baerii)*, в условиях рыбхозов республики (рис. 4).



Рис. 4. Ленский осетр *(Acipenser baerii)*
Fig. 4. Lena sturgeon (Acipenser baerii)

В ходе проводившихся в различные годы исследований учеными лаборатории были разработаны «Методические указания по отбору зрелых производителей ленского осетра». Предложены морфометрический, морфологический и гематологический методы определения пола ленского осетра. Весьма актуальной явилась разработка технологии получения собственного посадочного материала ленского осетра, позволяющая существенно снизить себестоимость выращивания товарных осетров и повысить их конкурентоспособность на внешнем рынке. Были разработаны технологии по искусственному воспроизводству и выращиванию посадочного материала ленского осетра в условиях рыбоводных хозяйств Беларуси и комбинированного выращивания ленского осетра в бассейнах и прудах, а также разработаны методы повышения его жизнестойкости [7].

В 2011–2013 гг. был разработан «Технологический регламент (с временными нормативами) по технологии формирования и эксплуатации икорного стада стерляди для производства пищевой икры»[8], который устанавливает требования к наиболее рациональному выполнению технологических процессов и операций и содержит перечень контролируемых параметров и норм технологии формирования и эксплуатации икорного стада стерляди для производства пищевой икры. В 2016–2018 гг. были разработаны научно-обоснованные критерии корректирующего отбора в разновозрастные ремонтные группы стерляди, при бассейновом выращивании на базе теплых вод.

Проблема поиска и совершенствования технологической схемы культивирования мелких беспозвоночных, как стартового корма для подращивания личинок этих рыб, несмотря на определенные успехи, не теряет своей актуальности в связи с дальнейшим развитием рыбоводства и переходом на индустриальные методы выращивания рыбы. Подтверждением может служить тот факт, что использование имевшихся разработок по культивированию коловраток и мелких ветвистоусых в производственных масштабах оказалось малоэффективным. Высоким спросом пользуется продукция аквакультуры, относящаяся к хищным видам (судак, щука, европейский сом). В связи с чем, в лаборатории проводились исследования по поиску новых кормовых объектов для кормления личинок хищных видов рыб при подращивании. В результате проведенных работ в 2020 г. подобраны объекты (панагрелл (*Panagrellus silusioides,* гриндальский червь *Enchytraeus buchholzi,* энхитрея *(Enchytraeus albidus)* для эффективного культивирования и раз-

работаны «Методические указания по малообъёмному вермикомпостированию» [9], а также «Предварительные нормативы кормления молоди хищных видов рыб живыми кормами, получаемыми в ходе малообъемого компостирования, при подращивании».

Для повышения эффективности формирования ремонтных групп разных видов и, в дальнейшем, отбора из них элитных не заинбредированных экземпляров в маточное стадо, должна учитываться генетическая и фенотипическая изменчивость, а также физиологическое состояние растительноядных рыб. В связи с чем, в 2016–2018 гг. совместно с Институтом генетики и цитологии НАНРБ была выполнена работа по формированию информационного ресурса по морфо-биологическим характеристикам производителей растительноядных рыб и их потомства.

В 2018 г. разработана «Технологическая инструкция по применению химических источников кислорода в различных аспектах рыбоводческой практики» [10] (для стабилизации кислородного режима в прудах, во время содержания и транспортировки рыбы с высокой плотностью посадки).

Весьма важной и востребованной в рыбхозах Беларуси, как показала практика внедрения, явилась «Технология ресурсосберегающего производства товарной рыбной продукции» [11], обеспечивающая получение до 11 ц/га рыбопродукции с экономией концентрированных кормов 60 % и до 9,5 ц/га без использования концентрированных кормов, что достигается за счёт рационального использования поликультурой рыб кормовой базы прудов и кормления белого амура грубыми кормами (кормовыми травами в свежем или сухом виде).

Минеральное удобрение, а в последнее время и органическое, требуют значительных финансовых затрат на начальных этапах эксплуатации прудовых площадей (подготовка к зарыблению) в период, когда хозяйства получают недостаточную прибыль (в весенний период товарная рыба уже, как правило, реализована, необходимо покупать корма, осуществлять ремонт оборудования и техники). Поэтому зачастую от мелиоративных мероприятий отказываются или проводят их в недостаточном объёме, что приводит к снижению производственных показателей, уменьшению запасов биогенов в грунтах, уменьшает рентабельность. Одним из выходов из сложившегося положения является использование распространённых отходов и вторичных ресурсов.

В 2020 г. разработана «Технологическая инструкция по использованию гуматсодержащих остатков». Добавка гуматсодержащая для прудового рыбоводства применяется в соответствии с настоящей технологической инструкцией в условиях рыбоводных хозяйств Беларуси, относящихся ко II и III зонам рыбоводства (количество дней с температурой воздуха выше 15°С — 76–105) на выростных и нагульных прудах, где качество грунта, воды и техническое состояние прудов отвечает требованиям, предъявляемым СТБ 1943-2009. Получен патент (в соавторстве) [12].

В 2021 г. разработан «Отраслевой технологический регламент выращивания щуки с повышенными производственными показателями в поликультуре», который включает рыбоводно-биологические нормы по подготовке нагульных прудов, транспортировке рыбы и зарыблению прудов, выращиванию рыбы в летних карповых прудах, формированию кормовой базы прудов, кормлению рыбы концентрированными кормами, контролю за состоянием экосистемы и ростом рыбы, профилактике и лечению болезней рыб, облову прудов [13]. Технология обеспечивает увеличение производственных показателей по щуке с 10–15 до 25–30 кг/га и более при выращивании её в поликультуре с карповыми рыбами по действующим нормативам прудового рыбоводства для выращивания товарной рыбы в карповых прудах (рис. 5).



Рис. 5. Сеголетки щуки при пересадке в нагульные пруды
Fig. 5. Pike underyearlings when transplanted into feeding ponds

Регламент применим для рыбоводных хозяйств применительно климатических и гидрологических условий Беларуси (II-III зоны рыболовства, количество дней с температурой воздуха выше 15°С 76–105) наряду с традиционно действующими технологиями выращивания товарной прудовой рыбы.

В настоящее время лабораторию прудового и индустриального рыбоводства возглавляет кандидат сельскохозяйственных наук Пантелей С.Н. (рис. 6). В лаборатории работают старший научный сотрудник Сенникова В.Д., младшие научные сотрудники Исаенко М.Н., Агеенко М.И., Сакович Ю. И. (рис. 7).



Рис. 6. Заведующий лабораторией к.с-х.наук, Пантелей Сергей Николаевич
Fig.6. Head of the Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences n. Panteley Sergey Nikolaevich

На современном этапе исследования лаборатории прудового и индустриального рыбоводства включают комплекс вопросов, связанных с разработкой технологий формирования ремонтно-маточных стад, воспроизводства и выращивания традиционных и новых объектов рыбоводства в условиях прудовой и индустриальной аквакультуры, а также восстановлением численности аборигенных видов рыб.

Важное место в научной деятельности лаборатории занимает разработка ресурсосберегающих технологий выращивания прудовой рыбы и технологий выращивания ценных водных беспозвоночных.



Рис. 7. Сотрудники лаборатории прудового и индустриального рыбоводства: заведующий лабораторией Пантелей С.Н., старший научный сотрудник Сенникова В.Д., младшие научные сотрудники Сакович Ю.И., Исаенко М. Н.
Fig. 7. Employees of the laboratory of pond and industrial fish farming: head of the laboratory Pantelei S.N., senior researcher Sennikova V.D., junior research workers Sakovich Yu.I., Isaenko M.N.

Непосредственно в настоящий период лаборатория ведёт работу в соответствии со своей спецификацией, что позволит в дальнейшем иметь в достаточном количестве посадочный материал новых (язь (*Leuciscus idus*)) и на определённом этапе получения проблемных (черный (*Mylopharyngodon piceus*) и белый амур (*Ctenopharyngodon idella*) объектов прудовой аквакультуры республики.

Проводится изучение биологических особенностей репродуктивных процессов, развития и роста молоди черного амура на этапе раннего онтогенеза, поскольку в настоящее время этот объект является скорее «экзотическим», чем имеющим широкое распространения в рыбхозах республики, не смотря на свои очевидные позитивные свойства: питается моллюсками, являющимися переносчиками паразитарных заболеваний рыб, и сам не восприимчив к ним (рис. 8).



Рис. 8. Отбор проб икры черного амура для исследований, заведующий лабораторией, к. с.-х. н. Пантелей Сергей Николаевич
Fig. 8. Sampling of black carp caviar for research Head of the Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences n. Panteley Sergey Nikolaevich

Таким образом, помимо получения дополнительной продукции, происходит оздоровление среды обитания, что ведет к снижению затрат ресурсов на получение единицы продукции и повышению её качества. В результате исследований будут разработаны «Биологические основы воспроизводства, подращивания молоди до жизнестойких стадий и дальнейшего выращивания в прудах черного амура, полученного в условиях рыбоводческих хозяйств Беларуси». Проведенная работа позволит рационально использовать имеющееся на данный момент в республике ремонтно-маточное стадо чёрного амура, обеспечивая устойчивые результаты по его стабильному воспроизводству и стабильному получению необходимого количества посадочного материала этой рыбы в несвойственных для неё условиях — 3 зоне рыбоводства.

Полученные данные позволят планировать дальнейшую работу по широкому освоению этого объекта в производстве (возможные объёмы производства посадочного материала, периодичность его получения), основываясь на реально полученных в условиях Беларуси данных [14].

Изучается возможность получения и выращивания посадочного материала язя в условиях прудовых хозяйств Беларуси. Впервые в Беларуси будет проведена работа, направленная на доместикацию реофильного вида — язя, в условиях рыбоводческих хозяйств 2–3 зон рыбоводства, изучена возможность получения и выращивания посадочного материала язя [15]. Это позволит определить подходы к формированию ремонтно-маточных стад язя, воспроизводству, получению жизнестойкой молоди, выявить нормы и сроки получения жизнестойкого посадочного материала, определить оптимальные условия зимовки (рис. 9).



Рис. 9. Язь (производитель) перед воспроизводством
Fig. 9. Ide (producer) before reproduction

По состоянию на текущий момент дважды осуществлено воспроизводство одомашненных особей, получено жизнеспособное потомство, наиболее старшие представители, которого к концу периода исследований достигнут трёхлетнего возраста. Количество таких особей превышает 500 экз., что достаточно для начала формирования ремонтно-маточного стада, адаптированного к содержанию в условиях рыбоводных хозяйств республики.

В результате будут разработаны «Рекомендации по выращиванию посадочного материала язя в условиях прудовых хозяйств Беларуси». Завершение работ запланировано на 4 квартал 2023 г.

Находится на стадии производственных испытаний «Научно обоснованная технология выращивания посадочного материала белого амура, обеспечивающая улучшенные производственные показатели». Она позволит без увеличения производства личинки увеличить объём производства посадочного материала под полную потребность рыбоводческих предприятий республики. Высвобождение дополнительных площадей и ресурсов за счёт незначительной реструктуризации производства поз-

волит получать в достаточном количестве дефицитный посадочный материал белого амура. За счёт этого будет увеличена в 1,5–2 раза эффективность использования такого дефицитного в условиях Беларуси материала, как личинка белого амура. Это позволит эквивалентно увеличить производство товарной продукции, выращивание которой не требует дополнительных затрат дорогостоящих концентрированных кормов.

В связи с первыми успехами по воспроизводству веслоноса в Беларуси и обрисовавшимися в ходе его получения проблемами, в частности, с необходимостью полнорационного кормления молоди на этапе подращивания совместно с лабораторией кормов начато изучение и подбор состава комбикормов для молоди веслоноса с учетом его физиологических потребностей. В результате исследований будет разработан стартовый корм для веслоноса, позволяющий достигать высоких производственных показателей на самом важном этапе — получении сеголетков веслоноса.

В ближайшие годы лаборатория планирует выполнить ряд новых перспективных исследований. Среди них — изучение влияния породных свойств самок карпа белорусской селекции, используемых для гибридизации с серебряным карасём, на рыбохозяйственные качества сеголетков и двухлетков получаемых гибридов. Это позволит разработать рекомендации по получению и выращиванию гибрида серебряного карася, обладающего оптимальными рыбоводно-биологическими характеристиками. Работы по гибридизации карпа и карася проводились и в предыдущие годы, в результате чего было установлено, что получаемый гибрид обладает потенциалом для получения дополнительной рыбной продукции за счёт недоиспользуемых в товарном рыбоводстве естественных ресурсов прудов (детрит, зоопланктон). Кроме того, это оптимальный объект для зарыбления водоёмов со сложным гидрохимическим режимом, стойкий к неблагоприятному воздействию среды, в том числе в ходе зимовки. Однако изучение влияния породных свойств самок карпа на хозяйственные свойства получаемых гибридов до настоящего времени не проводилось. Вполне вероятно, что определённая порода карпа позволит получать гибрид с карасём, обладающий более высокими хозяйственными свойствами по сравнению с другими, так что исследование вполне актуально.

Также планируется провести изучение биологических особенностей онто- и гаметогенеза язя на этапе формирования репродуктивной системы у потомства (3–5-летков) одомашненных в условиях рыбоводческих хозяйств 2 рыбоводной зоны производителей. Как уже говори-

лось, в ходе предыдущих исследований достигнуты определённые успехи в доместикации язя из естественных популяций, получено потомство, которое в настоящее время, с учётом биологических особенностей язя, достигло возраста младшего ремонта (трёхлетки). В то же время наблюдаются определённые различия у особей того же возраста из естественных водоёмов по сравнению с выращенными в рыбхозах, в частности, некоторое отставание в росте, формировании гонад. Таким образом, для уверенной работы с этим видом необходимо накопление массива данных, позволяющих определить оптимальные условия для выращивания будущих производителей. В результате будут разработаны рекомендации по формированию оптимальных условий содержания старших ремонтных групп язя в условиях прудовых хозяйств Беларуси.

Также запланировано проведение исследований с выраженным практическим уклоном — разработка научно обоснованной технологии выращивания посадочного материала пёстрого толстолобика, обеспечивающей улучшенные производственные показатели. Не смотря на то, что товарная продукция пёстрого толстолобика прочно заняла свою нишу в прудовом товарном рыбоводстве республики, как в качестве непосредственного товара, так и сырья для переработки в деликатесные пищевые продукты, себестоимость его производства не так существенно отличается от аналогичного показателя для карпа, как это можно было бы ожидать, учитывая характер его питания (в рацион входит зоопланктон, крупные планктонные водоросли, в целом органический сестон прудов, при этом комбикорм не потребляется). Это обусловлено, в первую очередь, слабой адаптированностью существующей технологии получения посадочного материала к климатическим условиям Беларуси. Поэтому конечные результаты выращивания посадочного материала (годовиков) не вполне удовлетворительны. Это обуславливает высокие затраты ресурсов на единицу товарной продукции, а также создаёт необходимость содержания значительного ремонтно-маточного стада пёстрого толстолобика в единственном в республике хозяйстве (отделение «Белоозёрск» рыбхоза «Селец»), что также имеет существенное отражение на конечной стоимости товарной продукции вида и положительные моменты включения его в товарную поликультуру в значительной степени стираются. В связи с этим разработка актуальна.

Исходя из вышеперечисленного, лаборатория прудового и индустриального рыбоводства в ходе своего существования наряду с другими подразделениями института внесла и продолжает вносить заметный вклад в развитие аквакультуры Беларуси.

Список использованных источников

1. Каспяровіч, Г.І. Традыцыі жывёлагадоулі Беларусі / Г.І. Каспяровіч [і інш.]; навук. рэд. Г.І. Каспяровіч — Мінск : Беларуская навука, 2019. — С. 313–324.
2. Очерк развития рыбохозяйственной науки в Беларуси / Под редакцией М.М. Радько, В.В. Кончица // Минск, РУП «Институт рыбного хозяйства», 2008. — С. 49–57.
3. Технологический регламент выращивания сеголетков европейского сома в контролируемых условиях / разраб.: С.Н. Пантелей [и др.] // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси // Минск, 2019. — 15 с.
4. Васильева, Л.М. Аналитический обзор интеграции американского веслоноса в аквакультуру России / Л.М. Васильева [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания. — 2020. — № 2. — С. 100–107. –DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10048.
5. Васильева, Л.М. Основные направления развития осетроводства / Л.М. Васильева // Рибогосподарська наука України. — 2008. — № 1. — С. 14–21.
6. Биологические основы воспроизводства, подращивания молоди до жизнестойких стадий и дальнейшего выращивания в прудах веслоноса, полученного в условиях рыбоводческих хозяйств Беларуси / разраб.: С.Н. Пантелей [и др.] // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси // Минск, 2020 — 12 с.
7. Отраслевой технологический регламент выращивания жизнестойкого посадочного материала Ленского осетра комбинированным способом в условиях рыбоводных хозяйств Беларуси / разраб.: С.Н. Пантелей [и др.] // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси // Минск, 2016. — 16 с.
8. Технологический регламент (с временными нормативами) по технологии формирования и эксплуатации икорного стада стерляди для производства пищевой икры / разраб.: С.Н. Пантелей [и др.] // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси // Минск, 2013. — 25 с.
9. Методические указания по малообъёмному вермикомпостированию / разраб.: А.В. Сергеев [и др.] // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси // Минск, 2020. — 8 с.
10. Технологическая инструкция по применению химических источников кислорода в различных аспектах рыбоводческой практики / разраб.: С.Н. Пантелей [и др.] // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси // Минск, 2018. — 11 с.
11. Технологический регламент ресурсосберегающего производства товарной рыбной продукции /разраб.: С.Н. Пантелей [и др.] // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси // Минск, 2018. — 15 с.

12. Способ стимулирования развития естественной кормовой базы рыб в рыбоводческих прудах: пат. BY 23522 / Г.В. Наумова, С.Н. Пантелей, А.А. Макеенко, Н.А. Жмакова, Т.Ф. Овчинникова, Л. Н. Макарова, А.А. Шабанов. — Опубл. 30.07.2021 г.
13. Отраслевой технологический регламент выращивания щуки с повышенными производственными показателями в поликультуре / разраб.: С.Н. Пантелей [и др.] // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси // Минск, 2021, 13 с.
14. Пантелей, С.Н. Экстерьерные показатели производителей черного амура, выращенного в климатических условиях Беларуси / С.Н. Пантелей, В.Д. Сенникова, О.Н. Марцуль, М.Н. Исаенко// Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. РУП «Институт рыбного хозяйства НАН Беларуси» — №38. — Минск, 2022. — С. 56–68.
15. Пантелей, С.Н. Результаты экспериментов по определению возможности воспроизводства язя (*Leuciscus idus*), получения посадочного материала в условиях прудовых хозяйств Беларуси/ С.Н. Пантелей, В.Д. Сенникова, А.С. Хомич, Ю.И. Кравцова, М.Н. Исаенко // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. РУП «Институт рыбного хозяйства НАН Беларуси». — №37. — Минск, 2022. — С. 95–115.

References

1. Kaspyarovich G.I. Livestock breeding traditions of Belarus. *Belaruskaya navuka* [Belarusian science], Minsk, 2019, pp. 313–324 (in Russian).
2. *Outline of the development of fisheries science in Belarus.* Minsk, Fish Industry Institute, 2008. pp. 49–57 (in Russian).
3. *Technological regulations for rearing European catfish underyearlings under controlled conditions.* Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture v Belarusi [Collection of scientific-technological and methodical documentation on aquaculture in Belarus]. Minsk, 2019, 15p. (in Russian).
4. Vasil'eva L.M. Analytical review of the integration of the American paddlefish into Russian aquaculture. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK — produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex — healthy food products], 2020, no.2, pp. 100–107 (in Russian).
5. Vasil'eva L.M. The main directions of development of sturgeon breeding. *Rybogospodars'ka nauka Ukrai'ny* [Fisheries science of Ukraine], 2008, no.1, pp. 14–21 (in Russian).
6. *Biological bases of reproduction, rearing of juveniles to viable stages and further rearing in ponds of paddlefish obtained in the conditions of fish farms in Belarus.* Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture v Belarusi [Collection of scientific-technological and methodical documentation on aquaculture in Belarus]. Minsk, 2020, 12 p. (in Russian).

7. *Industry technological regulations for growing viable planting material of the Lena sturgeon in a combined way in the conditions of fish farms in Belarus.* Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture v Belarusi [Collection of scientific-technological and methodical documentation on aquaculture in Belarus]. Minsk, 2016, 16 p. (in Russian).
8. *Technological regulations (with temporary standards) for the technology of formation and operation of the caviar herd of sterlet for the production of food caviar.* Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture v Belarusi [Collection of scientific-technological and methodical documentation on aquaculture in Belarus]. Minsk, 2013, 25 p. (in Russian).
9. *Guidelines for low-volume vermicomposting.* Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture v Belarusi [Collection of scientific-technological and methodical documentation on aquaculture in Belarus]. Minsk, 2020, 8 p. (in Russian).
10. *Technological instruction for the use of chemical oxygen sources in various aspects of fish farming practice.* Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture v Belarusi [Collection of scientific-technological and methodical documentation on aquaculture in Belarus]. Minsk, 2018, 11p. (in Russian).
11. *Technological regulations for resource-saving production of marketable fish products.* Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture v Belarusi [Collection of scientific-technological and methodical documentation on aquaculture in Belarus]. Minsk, 2018, 15 p. (in Russian).
12. Naumova G.V. *Sposob stimulirovanija razvitija estestvennoj kormovoj bazy ryb v rybovodcheskih prudah* [The method of stimulating the development of the natural food base of fish in fish ponds]. Patent BY, no. 23522, 2021 (in Russian).
13. *Industry technological regulations for growing pike with increased production indicators in polyculture.* Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture v Belarusi [Collection of scientific-technological and methodical documentation on aquaculture in Belarus]. Minsk, 2021, 13 p. (in Russian).
14. Pantelej S.N. Exterior indicators of producers of black carp grown in the climatic conditions of Belarus *Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi: sb. nauch. tr. RUP «Institut rybnogo khozyaystva NAN Belarusi = Issues of fisheries in Belarus: Sat. scientific tr. RUE "Institute of Fisheries of the National Academy of Sciences of Belarus»* — 2022. — №38, pp. 56–68 (in Russian).
15. Pantelej S.N. The results of experiments to determine the possibility of reproduction of the ide (Leuciscus idus), obtaining planting material in the conditions of pond farms in Belarus. *Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi: sb. nauch. tr. RUP «Institut rybnogo khozyaystva NAN Belarusi = Issues of fisheries in Belarus: Sat. scientific tr. RUE "Institute of Fisheries of the National Academy of Sciences of Belarus»*. — 2022. — №37, pp. 95–115 (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@mail.ru

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@mail.ru

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@mail.ru

Агеенко Мария 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@mail.ru

Information about the authors

Uladzimir Yu. Aheyets — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.ru

Sergey N. Panteley — Ph.D. (Agriculture), Head 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pantsialei@yandex.ru

Violetta D. Sennikova — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.ru

Marina N. Isaenko — Junior researcher at 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.ru

Maria I. Ageenko — Junior researcher at the Laboratory of Pond and Industrial Fish Farming, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of BelarusNational Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.ru

ВОПРОСЫ СЕЛЕКЦИИ И ГЕНЕТИКИ

УДК 639.215.3.032

Поступила в редакцию 20.05.2023
Received 20.05.2023

В.Ю. Агеец, Т.А. Сергеева

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ДВУХЛЕТКОВ РЕЦИПРОКНЫХ КРОССОВ АМУРСКОГО САЗАНА С КАРПОМ РАЗНОЙ ПОРОДНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ИЗ БЕЛОРУССКОГО КОЛЛЕКЦИОННОГО СТАДА

Аннотация. В результате анализа рыбоводных показателей выращивания двухлетков кроссов, полученных от скрещивания амурского сазана с коллекционными линиями карпа разной породной принадлежности, выявлены отдельные комбинации скрещиваний, характеризующихся эффектом гетерозиса и повышенной специфической комбинационной способностью. У всех комбинаций отмечено преимущество по тем или иным рыбоводным показателям. При использовании трех методов оценки проявления эффекта гетерозиса, установлены кроссы, проявляющие тенденцию к увеличению их продуктивности: лахвинский чешуйчатый х амурский сазан; реципрокные комбинации амурского сазана с немецким и югославским карпом.

Ключевые слова: сазан, карп, порода, кросс, гетерозис, двухлеток, прирост массы тела, выживаемость

Uladzimir Yu. Aheyets, Tatiana A. Sergeeva

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

THE RESULTS OF GROWING TWO-YEAR-OLD RECIPROCAL CROSSES OF THE AMUR CARP WITH CARP OF DIFFERENT BREEDS FROM THE BELARUSIAN COLLECTION HERD

Abstract. As a result of the analysis of fish-breeding indicators of the cultivation of two-year-old crosses obtained from crossing the Amur carp with collection lines of carp of different breed affiliation, separate combinations of

crosses characterized by the effect of heterosis and increased specific combinational ability were identified. All combinations have an advantage in one or another fish-breeding indicators. When using three methods for assessing the manifestation of the heterosis effect, crosses showing a tendency to increase their productivity were established: Lakhvin scaly x Amur carp; reciprocal combinations of Amur carp with German and Yugoslav carp.

Keywords: carp, carp, breed, cross, heterosis, two-year-old, body weight gain, survival

Введение. В животноводстве установлено, что разведение в родстве, особенно тесном, приводит к снижению продуктивности по основным хозяйственно-ценным признакам [1, 2, 3]. При близкородственном разведении карпа также обнаружено значительное снижение темпа роста, слабая сопротивляемость неблагоприятным факторам среды, а также более частая встречаемость различных уродств среди потомков [4]. Неблагоприятного влияния близкородственного разведения избегают, подбирая для спаривания неродственных родителей. При определенных комбинациях неродственных родителей (спаривании организмов, принадлежащих к различным линиям и породам, а иногда и видам) можно получить потомство, обладающее большей продуктивностью, чем родительские формы.

Гетерозис — это общебиологическое явление, свойственное всем видам живых существ: растениям и животным. Обычно под термином «гетерозис» обозначают увеличение жизнеспособности, мощности развития гибридов первого поколения по сравнению с родительскими формами. Сведения об использовании эффекта гетерозиса в сельском хозяйстве весьма многообразны. Практически все объекты сельскохозяйственного производства в той или иной степени изучались с точки зрения выявления у них эффекта гетерозиса, который широко используется как в селекционной работе, так и в получении гетерозисных кроссов [5]. Практика показала, что у многих видов сельскохозяйственных животных затраты на получение гетерозисных кроссов вполне оправданы и окупаются. Правильно подобранные компоненты скрещиваний дают потомство с высокой степенью гетерозиса, которая обеспечивает увеличение выхода рыбной продукции на 25–30 %, а по некоторым кроссам до 50 % [6, 7]. Наиболее продуктивные комбинации скрещиваний удается выявить, главным образом, при испытании потомства, то есть, проявление эффекта гетерозиса находится в непосредственной зависимости от выбора родительских форм. Пригодность исходного материала для использования в качестве родителей в гибридных комбинациях скрещиваний определяется не только хозяйственно-

ценными признаками, но также их способностью давать высокий гетерозисный эффект (комбинационной способностью) [8]. Работы по изучению проявления гетерозисного эффекта у рыб, в частности карпа, широко известны со второй половины XIX века. Особенно много внимания уделено изучению гетерозисного эффекта у гибридов карпа с амурским сазаном [7, 9].

В настоящее время успехи отечественной селекции по созданию новых пород и линий, формирование коллекции пород карпа зарубежной селекции, способствуют широкомасштабным работам по получению гетерозисных кроссов и изучению комбинационной способности исходных родительских форм [10].

Материал и методика. Работы по изучению гетерозисного эффекта у карпа проводили на базе СПУ «Изобелино» Молодечненского района, Минской области.

Объектами исследований служили кроссы между амурским сазаном девятого поколения с линиями карпа белорусской и зарубежной селекции из коллекционного генофонда.

Оценку гетерозисного эффекта у двухлетков полученных кроссов проводили при совместном выращивании рыбы разного происхождения. Всего исследовано 11 комбинаций скрещиваний и 6 исходных родительских форм, показатели которых сравнивали с опытными кроссами. Выращивание разных по происхождению экспериментальных групп в одном пруду позволило при оценке их рыбохозяйственных особенностей не учитывать влияние окружающей среды [11].

Весной и осенью по общепринятым методикам на основе инвентаризации и бонитировки проводили оценку двухлетков кроссов по комплексу рыбохозяйственных признаков [12]. Для объективного представления о степени гетерозисного эффекта был использован относительный показатель — индекс гетерозиса (ИГ) [13]. С целью определения лучших комбинаций скрещиваний проводили ранжирование кроссов по рыбохозяйственным показателям [14].

При испытании кроссов, полученных от скрещивания амурского сазана с коллекционными линиями карпа, выявлено варьирование величины гетерозиса по отдельным комбинациям скрещиваний. Поэтому комбинационная ценность одной и той же формы может быть выражена двумя способами: средней величиной гетерозиса, наблюдающейся по всем гибридным комбинациям (общая комбинационная способность — далее ОКС) и отклонением от этой величины у той или

иной конкретной комбинации (специфическая комбинационная способность — далее СКС) [8]. О комбинационной ценности родительских форм судят, как правило, по результатам испытания кроссов первого поколения полученных при скрещиваниях этих родительских форм. Главная задача анализа — установить наличие или отсутствие различий между кроссами, а также их родительскими формами. Для определения разницы между средними арифметическими значениями выраженности признака использован показатель нормированного отклонения по Стьюденту (t). Статистические показатели рассчитывали по общепринятым методикам [15]. Двухлетки кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности из белорусского коллекционного стада и их родительские формы после серийного механического мечения выращивались совместно в одном пруду, следовательно, подвергались влиянию одинаковых условий среды.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Средняя масса кроссов амурского сазана с белорусскими коллекционными линиями, у которых сазан использован в качестве отцовского компонента скрещиваний составила 556,0 г, прирост массы тела 515,8 г, кратность увеличения массы тела 14,2 раз, выживаемость 90,5 %, табл. 1. Повышенными рыбоводными показателями в данной группе отличался кросс лахвинский чешуйчатый х сазан, с массой тела 590,2 г, приростом 554,9 г, кратностью увеличения массы тела 19,7 раз и выживаемостью 100,0 %.

В группе реципрокных сочетаний (сазан х белорусские линии) средняя масса тела составила 579,1 г, прирост массы тела 531,4 г, кратность увеличения массы тела 12,1 раз, выживаемость 85,7 %. Повышенными показателями, характеризующими массу тела рыбы, отличался кросс сазан х три прим карп (масса тела 656,7 г, прирост 531,4 г), а по кратности увеличения массы тела и выживаемости за вегетационный период кросс сазан х тремлянский чешуйчатый карп (кратность 17,2 раз, выживаемость 100,0 %).

В группе кроссов, полученных от скрещивания коллекционных пород зарубежной селекции пятого поколения с амурским сазаном из белорусской популяции средняя масса тела составила 553,8 г, прирост 505,8 г, кратность увеличения массы тела 11,5 раз, выживаемость 76,5 %. Повышенными показателями, характеризующими массу тела, отличался кросс немецкий карп х сазан (масса тела 582,4 г, прирост 531,4 г, а повышенной выживаемостью в этой группе отличался кросс югославский карп х сазан (86,3 %). Величины кратности увеличения массы тела у указанных кроссов отклонялись не значительно (11,4 и 11,8 раз).

Таблица 1. **Рыбохозяйственные показатели реципрокных кроссов амурского сазана с карпом белорусской и зарубежной селекции и их родительских форм**

Table 1. **Fishery indicators of reciprocal crosses of the Amur carp and Belarusian and foreign collection breeds carp and their parental forms**

Кросс, линия	Посажено		Выловлено		Прирост, г	Кратность увеличения массы, раз	Выход %
	экз.	масса средняя, г	экз.	масса средняя, г			
Кроссы:							
Лахв.чеш. х сазан	51	35,3±1,14	51	590,2±10,59	554,9	19,7	100,0±0,00
Тремл.чеш. х сазан	52	32,7±1,06	47	557,4±9,67	524,7	17,0	90,4±4,30
Три прим х сазан	45	51,1±1,53	36	505,5±10,68	453,9	9,9	80,0±6,67
$\bar{x}$ белорусские линии х сазан	**148**	**39,2**±0,71	**134**	**556,0**±7,97	**516,8**	**14,2**	**90,5**±2,53
Сазан х лахв.чеш.	51	64,7±2,62	48	558,3±13,81	493,6	8,6	94,1±3,40
Сазан х тремл.чеш.	32	31,2±1,33	32	537,5±14,01	506,3	17,2	100,0±0,00
Сазан х три прим	45	40,0±1,13	30	656,7±8,32	616,7	16,4	66,7±8,60
$\bar{x}$ сазан х белорусские линии	**128**	**47,7**±1,01	**110**	**579,1**±8,04	**531,4**	**12,1**	**85,9**±3,32
Нем. х сазан	51	51,0±1,19	34	582,4±11,98	531,4	11,4	66,7±8,08
Юг. х сазан	51	45,1±1,26	44	531,8±12,15	486,7	11,8	86,3±5,18
$\bar{x}$ зарубежные породы х сазан	**102**	**48,0**±0,79	**78**	**553,8**±8,71	**505,8**	**11,5**	**76,5**±4,80
Сазан х нем.	51	43,1±1,38	41	595,1±11,42	552,0	13,8	80,4±6,20
Сазан х юг.	51	35,3±1,06	42	495,2±6,48	459,9	14,0	82,4±5,88
Сазан х фрес.	86	52,3±1,25	42	800,0±22,47	747,7	15,3	48,8±7,71
$\bar{x}$ сазан х зарубежные породы	**188**	**45,2**±0,73	**125**	**630,4**±9,68	**585,2**	**13,9**	**66,4**±4,22

Всего кроссы:	***566***	***44,7***±0,41	***447***	***582,1***±4,81	***537,4***	***13,0***	***79,0***±1,93
Родительские формы:							
Сазан	**160**	**21,2**±0,33	**137**	**420,4**±4,84	**399,2**	**19,8**	**85,6**±3,00
Тремл.чеш.	89	32,6±0,75	37	591,9±26,16	559,3	18,2	41,6±8,20
Лахв.чеш.	125	16,8±0,26	49	342,9±8,42	326,1	20,4	39,2±6,97
Три прим	155	13,6±0,21	68	540,6±7,18	527,0	39,8	43,9±6,02
$\bar{X}$ **белорусские линии**	**369**	**19,2**±0,20	**154**	**493,5**±7,29	**474,3**	**25,7**	**41,7**±3,97
Нем.	240	48,3±0,55	96	466,7±6,30	418,4	9,7	40,0±5,00
Юг.	180	37,8±0,70	123	368,3±5,74	330,5	9,7	68,3±4,19
Фрес.	50	24,0±0,74	21	375,2±18,41	351,2	15,6	42,0±10,77
$\bar{X}$ **зарубежные породы**	**470**	**40,4**±0,40	**240**	**406,7**±6,07	**366,3**	**10,1**	**51,1**±3,23

Примечание: здесь и далее в таблицах приняты сокращения сазан — амурский сазан из коллекционного стада, лахв. чеш. — чешуйчатая линия лахвинской породы карпа, тремл. чеш. — чешуйчатая линия тремлянской породы карпа, три прим — зеркальная отводка изобелинской породы карпа, нем. — немецкий карп, юг. — югославский карп, фрес. — карп породы фресинет, бел. линии — коллекционные линии белорусской селекции, зарубежные породы — коллекционные породы зарубежной селекции.

В группе реципрокных комбинаций сазан х коллекционные породы зарубежной селекции средняя масса тела составила 630,4 г, прирост массы тела 585,2 г, кратность увеличения массы тела 13,9 раз, выживаемость 66,4 %. В данной группе кроссов повышенным показателями, характеризующими массонакопление двухлетков, отличался кросс сазан х фресинет (масса тела 800,0 г, прирост 747,7 г, кратность увеличения массы тела 15,3 раз), а повышенной выживаемостью кросса сазан х югославский карп (82,4 %).

Средняя масса двухлетков всех опытных кроссов составила 582,1 г, прирост массы тела 537,4 г, кратность увеличения массы тела 13,0 раз, выживаемость 79,0 %. То есть рыбоводные показатели, в целом у кроссов, соответствуют нормативным требованиям.

Статистически значимые отклонения массы тела в сторону увеличения данного показателя у кроссов, по сравнению со средним уровнем всех рассмотренных комбинаций, установлены для сочетаний сазан х три прим и сазан х фресинет, табл. 2. Практически все рассмотренные комбинации скрещиваний с высокой степенью достоверности превосходили по массе тела исходные родительские формы, за исключением кросса лахвинский чешуйчатый х сазан, у которого масса тела близка к лахвинскому чешуйчатому карпу.

Отклонения опытных кроссов по выживаемости от среднего значения этого показателя в сторону увеличения установлено для четырех реципрокных комбинаций сазана с чешуйчатыми линиями лахвинского и тремлянского карпа. Выживаемость кроссов статистически достоверно выше, чем у карповых родительских форм, за исключением комбинации сазан х фресинет.

Соотношение средних групповых показателей рыбоводных признаков двухлетков представлены на рис. 1–3.

Средний уровень массы и прироста массы тела у кроссов, полученных от самок коллекционных линий белорусской и зарубежной селекции, у которых сазан был использован в качестве отцовского компонента скрещиваний оказались близкими по величине (группы 1 и 3). Группа кроссов (4) полученных от скрещивания сазана с зарубежными породами отличалась повышенной массой тела и приростом. У чистопородных карпов и амурского сазана средняя масса тела и прирост несколько ниже, чем у опытных кроссов.

Таблица 2. **Оценка статистической достоверности отклонений рыбоводных показателей двухлетков кроссов от родительских форм**

Table 2. **Evaluation of statistical significance of deviations of fish breeding indicators of two-year-old crosses from parental forms**

Кросс	Отклонение $\overline{X}$ кросса от $\overline{X}$ сазана				Отклонение $\overline{X}$ кросса от $\overline{X}$ родительских форм карпа			
	по массе		по выходу		по массе		по выходу	
	t	P	t	P	t	P	t	P
Лахв.чеш. х сазан	0,68	>0,1	0,00	<0,001	18,27	<0,001	8,72	<0,001
Тремл.чеш. х сазан	2,29	<0,05	2,33	=0,02	1,23	>0,1	5,27	<0,001
Три прим х сазан	6,54	<0,001	0,14	>0,1	2,73	<0,001	4,05	<0,001
$\overline{X}$ белорусские линии х сазан	2,80	<0,01	3,61	<0,001	5,79	<0,01	10,36	<0,001
Сазан х лахв.чеш.	2,23	<0,05	6,57	<0,001	16,95	<0,001	7,08	<0,001
Сазан х тремл.чеш.	4,08	<0,001	0,00	<0,001	5,42	<0,001	7,12	<0,001
Сазан х три прим	4,13	<0,001	1,39	>0,1	10,56	<0,001	2,17	<0,001
$\overline{X}$ сазан х белорусские линии	0,32	>0,1	1,80	>0,1	7,79	<0,001	4,91	<0,001
Нем. х сазан	0,02	>0,1	1,48	>0,1	8,55	<0,001	2,81	<0,01
Юг. х сазан	3,85	<0,001	1,32	>0,1	12,17	<0,001	2,70	<0,01
$\overline{X}$ зарубежные породы х сазан	2,85	<0,001	0,48	>0,1	13,43	<0,001	2,95	<0,01
Сазан х нем.	1,05	>0,1	0,22	>0,1	9,84	<0,001	5,07	<0,001
Сазан х юг.	10,77	<0,001	0,55	>0,1	14,65	<0,001	1,95	≈0,05
Сазан х фрес.	9,48	<0,001	3,80	<0,001	14,62	<0,001	0,62	>0,1
$\overline{X}$ сазан х зарубежные породы	4,43	<0,001	2,72	<0,001	19,65	<0,001	2,97	<0,01

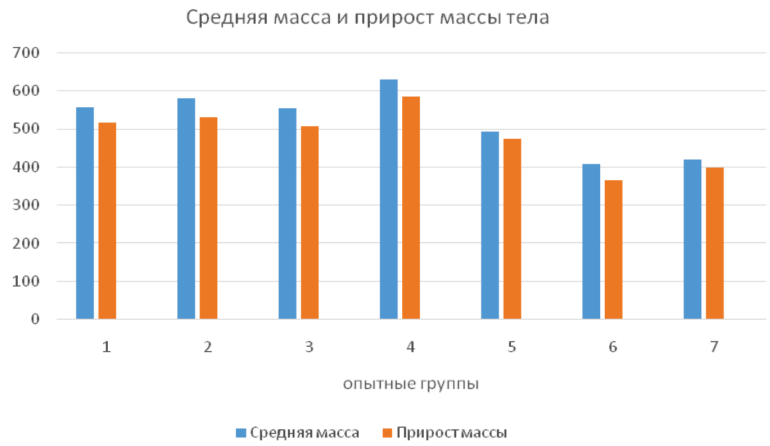


Рис. 1. Соотношение средних групповых показателей массы тела и прироста массы тела у реципрокных кроссов амурского сазана с коллекционными породами карпа белорусской и зарубежной селекции (1 — белорусские линии карпа х сазан; 2 — сазан х белорусские линии карпа; 3 — зарубежные породы карпа х сазан; 4 — сазан х зарубежные породы карпа; 5 — коллекционные линии карпа белорусской селекции; 6 — коллекционные линии карпа зарубежной селекции; 7 — сазан)

Fig. 1. The ratio of the average group indicators of body weight and body weight gain in reciprocal crosses of the Amur carp and collection carp breeds of Belarusian and foreign selection (1 — Belarusian lines of carp x Amur carp; 2 — Amur carp x Belarusian lines of carp; 3 — foreign breeds of carp x Amur carp; 4 — Amur carp x foreign breeds of carp; 5 — collection lines of carp of Belarusian selection; 6 — collection lines of carp of foreign selection; 7 — Amur carp)

Коллекционные линии карпа белорусской селекции и амурский сазан из популяции, сформированной в СПУ «Изобелино», отличались повышенными показателями кратности увеличения массы тела по сравнению с опытными кроссами.

По кратности увеличения массы тела отмечены некоторые преимущества среди кроссов у групп белорусские линии х сазан (1) и сазан х зарубежные породы (4), рис. 2.

Повышенной выживаемостью двухлетков характеризовались реципрокные группы (1 и 2), полученные при скрещивании сазана с коллекционными линиями белорусской селекции, рис. 3.

Комплексную оценку рыбоводных признаков рассмотренных опытных кроссов проводили методом ранжирования, табл. 3.

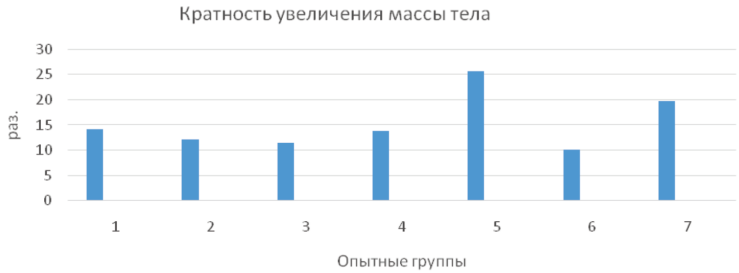


Рис. 2. Соотношение средних групповых показателей кратности увеличения массы тела у реципрокных кроссов амурского сазана с коллекционными породами карпа белорусской и зарубежной селекции (1 — белорусские линии карпа х сазан; 2 — сазан х белорусские линии карпа; 3 — зарубежные породы карпа х сазан; 4 — сазан х зарубежные породы карпа; 5 — линии карпа белорусской селекции; 6 — коллекционные линии карпа; 7 — сазан)
Fig. 2. The ratio of the average group indicators of the multiplicity of body weight increase in reciprocal crosses of the Amur carp with collection carp breeds of Belarusian and foreign breeding (1 — Belarusian lines of carp x Amur carp; 2 — Amur carp x Belarusian lines of carp; 3 — foreign breeds of carp x Amur carp; 4 — Amur carp x foreign carp breeds; 5 — carp lines of Belarusian selection; 6 — collection lines of carp; 7 — Amur carp)

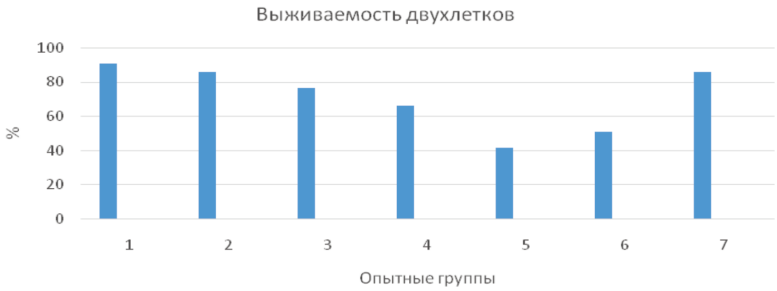


Рис. 3. Соотношение средних групповых показателей выживаемости у реципрокных кроссов амурского сазана с коллекционными породами карпа белорусской и зарубежной селекции (1 — белорусские линии карпа х сазан; 2 — сазан х белорусские линии карпа; 3 — зарубежные породы карпа х сазан; 4 — сазан х зарубежные породы карпа; 5 — средние показатели всех кроссов; 6 — коллекционные линии карпа; 7 — сазан)
Fig. 3. The ratio of the average group survival rates in reciprocal crosses of the Amur carp with collection carp breeds of Belarusian and foreign selection (1 — Belarusian lines of carp x Amur carp; 2 — Amur carp x Belarusian lines of carp; 3 — foreign breeds of carp x Amur carp; 4 — Amur carp x foreign breeds of carp; 5 — average indicators of all crosses; 6 — collection lines of carp; 7 — Amur carp)

Таблица 3. **Ранжирование рыбохозяйственных показателей двухлетков опытных гибридов карпа с сазаном**

Table 3. **Ranking of fishery indicators of two-year-old experimental hybrids of carp with Amur carp**

Кросс	Ранги					
	по массе	по приросту	по кратности увеличения массы	по выживаемости	сумма рангов	средний ранг
Лахв. чеш. х сазан	4	3	1	1	9	0,20
Тремл. чеш. х сазан	7	6	3	3	13	0,43
Три прим х сазан	10	11	10	5	36	0,82
Сазан х лахв. чеш.	6	8	11	2	27	0,61
Сазан х тремл. чеш.	8	7	2	1	18	0,41
Сазан х три прим	2	2	4	8	16	0,36
Нем. х сазан	5	5	9	8	27	0,61
Югосл. х сазан	9	9	8	4	30	0,68
Сазан х нем.	3	4	7	7	21	0,48
Сазан х юг.	11	10	6	6	33	0,75
Сазан х фрес.	1	1	5	9	16	0,36

Некоторыми преимуществами по комплексу рассмотренных признаков отличались кроссы лахвинский чешуйчатый х сазан, тремлянский чешуйчатый х сазан, а также сочетания, полученные от скрещивания сазана с отводкой изобелинского карпа три прим, немецким карпом и карпом породы «Фресинет».

У всех опытных кроссов установлено проявление эффекта гетерозиса по приросту массы тела по сравнению с коллекционным амурским сазаном, табл. 4.

У 9 кроссов из 11 эффект гетерозиса составил более 20 %, а у двух более 50,0 %. Индекс гетерозиса у кроссов колебался от 13,7 % (три прим х сазан) до 87,3 % (сазан х фресинет). Повышенный эффект гетерозиса по данному признаку отмечен у кроссов сазан х фресинет и сазан х три прим. В сравнении с карповой родительской формой у 8 кроссов отмечен эффект гетерозиса, с индексами от 17,0 до 112,9 %. Повышенным эффектом гетерозиса по данному признаку характеризовались сазан х фресинет (112,9 %), реципрокные сочетания сазана и лахвинского карпа (70,2 и 51,4 %), а также сазана и югославского карпа (47,3 и 39,1 %). В сравнении со средним значением прироста массы тела двух родительских форм у всех кроссов установлен эффект гетерозиса с индексами от 9,1 % до 113,2 %. У 8 из 11 комбинаций индекс гетерозиса по данному признаку составил более 30,0 %.

Таблица 4. **Оценка проявления эффекта гетерозиса у двухлетков кроссов по приросту массы тела**
Table 4. **Evaluation of the heterosis effect in two-year-old crosses in terms of body weight gain**

Кросс	ИГ, %		
	в сравнении с сазаном	в сравнении с карпом	в сравнении со средним значением признака родительских форм
Лахв. чеш. х сазан	39,0	70,2	68,2
Тремл. чеш. х сазан	31,4	-6,2	16,3
Три прим х сазан	13,7	-13,9	9,1
Сазан х лахв. чеш.	23,6	51,4	54,0
Сазан х тремл. чеш.	26,9	-9,5	12,2
Сазан х три прим	54,5	17,0	41,8
Нем. х сазан	33,1	27,0	42,5
Югосл. х сазан	21,9	47,3	49,8
Сазан х нем.	38,3	31,9	45,6
Сазан х юг.	15,2	39,1	35,7
Сазан х фрес.	87,3	112,9	113,2

Все опытные кроссы уступали сазану по кратности увеличения массы тела, то есть по данному признаку эффект гетерозиса не установлен, табл. 5. При сравнении этого показателя у кросса с карповой родительской формой эффект гетерозиса отмечен у реципрокных сочетаний сазана с немецким и югославским карпом. Их преимущество составило 17,5–44,3 %. В вариантах сравнения показателя кросса со средним значением признака двух родительских форм эффект гетерозиса не установлен.

Выживаемость 5 кроссов оказалась выше, чем у сазана, табл. 6. Причем установленные преимущества не значительны от 0,8 до 16,8 %. Повышенный эффект гетерозиса отмечен у кроссов лахвинский чешуйчатый х сазан и сазан х тремлянский чешуйчатый (16,8 %). При сравнении с карповой родительской формой у всех рассмотренных кроссов установлен эффект гетерозиса. Величины индексов гетерозиса (ИГ) колебались от 16,2 до 153,1 %. У 6 из 11 кроссов отмечен эффект гетерозиса с индексами более 100,0 % (лахвинский чешуйчатый х сазан 153,1 %, тремлянский чешуйчатый х сазан — 117,3 %, сазан х лахвинский чешуйчатый — 140,0 %, сазан х тремлянский чешуйчатый — 140,4 %, немецкий х сазан, 114,7 %, сазан х немецкий — 101,0 %).

Таблица 5. **Оценка проявления эффекта гетерозиса у двухлетков кроссов по кратности увеличения массы тела**
Table 5. **Evaluation of the manifestation of the effect of heterosis in two-year-old crosses by the multiplicity of increase in body weight**

Кросс	ИГ, %		
	в сравнении с сазаном	в сравнении с карпом	в сравнении со средним значением признака родительских форм
лахвинский чешуйчатый х сазан	-0,5	-3,4	-2,0
тремлянский чешуйчатый х сазан	-14,1	-6,6	-10,5
три прим х сазан	-50,0	-75,1	-66,7
сазан х лахвинский чешуйчатый	-56,6	-57,8	-58,4
сазан х тремлянский чешуйчатый	-13,1	-5,5	-9,5
сазан х три прим	-17,2	-58,7	-44,2
немецкий х сазан	-42,4	17,5	-22,4
югославский х сазан	-40,4	21,6	-19,7
сазан х немецкий	-30,3	42,3	-6,1
сазан х югославский	-29,3	44,3	-4,8
сазан х фресинет	-22,7	-1,9	-13,6

Таблица 6. **Оценка проявления эффекта гетерозиса у двухлетков кроссов по выживаемости**
Table 6. **Evaluation of the manifestation of the effect of heterosis in two-year-old crosses by survival**

Кросс	ИГ, %		
	в сравнении с сазаном	в сравнении с карпом	в сравнении со средним значением признака родительских форм
Лахв. чеш. х сазан	16,8	153,1	60,3
Тремл. чеш. х сазан	5,6	117,3	42,1
Три прим х сазан	-6,5	82,2	23,6
Сазан х лахв. чеш.	9,9	140,0	50,8
Сазан х тремл. чеш.	16,8	140,4	57,2
Сазан х три прим	-22,1	51,9	3,0
Нем. х сазан	-22,1	114,7	7,1
Югосл. х сазан	0,8	26,3	11,8
Сазан х нем.	-6,1	101,0	28,0
Сазан х юг.	-3,7	20,6	7,1
Сазан х фрес.	-48,0	16,2	-24,8

При сравнении выживаемости двухлетков кроссов со средним уровнем данного показателя у обеих родительских форм установлено их преимущество у 10 их 11 комбинаций (исключение сазан х фресинет). Величины индексов гетерозиса колебались от 3,0 до 60,3 %. Установлены 6 комбинаций скрещиваний с индексами гетерозиса более 20,0 % (реципрокные комбинации сазана с лахвинским и тремлянским карпом, а также сазан х отводка изобелинского карпа три прим и сазан х немецкий)

Полученные результаты опытного выращивания двухлетков кроссов сазана с карпом разной породной принадлежности позволяют исследовать величины общей и специфической комбинационной способности. Под специфической комбинационной способностью (СКС) понимают случай, когда конкретные комбинации оказываются лучше или хуже, чем можно было ожидать на основе среднего качества линий, участвующих в скрещиваниях.

Полученные результаты исследования рыбохозяйственных показателей двухлетков указывают на повышенную СКС по приросту массы тела у всех рассмотренных кроссов, табл. 7. Повышенной СКС по данному признаку характеризовался кросс сазан х фресинет. По кратности увеличения массы тела все кроссы характеризовались повышенной СКС. Реципрокные кроссы сазана с лахвинским и тремлянским карпом отличались значительным преимуществом по выживаемости двухлетков (42,2–54,2) по сравнению со средними значениями данного показателя у линий карпа, участвующих в опытных скрещиваниях. Также существенная СКС (20,1 и 33,8) отмечена у реципрокных сочетаний сазана с немецким карпом и у кросса три прим х сазан (29,5)

Под общей комбинационной способностью (ОКС) понимают среднюю ценность родительских линий в гибридных комбинациях. Результаты выращивания кроссов, сформированных сазаном и коллекционными линиями белорусской и зарубежной селекции, позволяют оценить ОКС в четырех группах комбинаций скрещиваний, табл. 8.

ОКС амурского сазана, использованного в качестве отцовского компонента скрещиваний с линиями белорусской селекции по кратности увеличения массы тела составила 1,2, а по выживаемости 11,5. У реципрокных кроссов, то есть при использовании сазана в качестве материнского компонента скрещиваний только по выживаемости (6,9). У кроссов с зарубежными породами, у которых сазан использован в качестве отцовского компонента скрещиваний ОКС не установлена, а у реципрокных сочетаний сазан характеризуется положительной величиной ОКС по приросту массы тела (28,4).

Таблица 7. **Оценка СКС у кроссов по рыбохозяйственным показателям двухлетков**
Table 7. **Evaluation of the specific combination ability in crosses according to the fishery indicators of two-year-olds**

Кросс	СКС		
	по приросту	по кратности увеличения массы	по выживаемости
Лахв. чеш. х сазан	385,5	-7,5	54,2
Тремл. чеш. х сазан	123,0	-8,0	42,2
Три прим х сазан	84,5	-36,6	29,5
Сазан х лахв. чеш.	325,1	-18,6	48,0
Сазан х тремл. чеш.	104,6	-7,8	51,8
Сазан х три прим	247,3	-30,0	16,2
Нем. х сазан	270,6	-5,1	20,1
Югосл. х сазан	313,8	-4,7	11,4
Сазан х нем.	313,8	-2,7	33,8
Сазан х юг.	379,1	-2,5	11,5
Сазан х фрес.	554,1	-7,1	0,2

Таблица 8. **Сравнительная оценка ОКС реципрокных кроссов по рыбоводным показателям**
Table 8. **Comparative evaluation of the total combination ability of reciprocal crosses in terms of fish breeding indicators**

Варианты комбинаций скрещиваний	ОКС		
	по приросту	по кратности увеличения массы тела массе тела	по выживаемости
белорусские линии х сазан	-40,0	1,2	11,5
сазан х белорусские линии	-25,4	-0,9	6,9
зарубежные породы х сазан	-51,1	-1,5	-2,5
сазан х зарубежные породы	28,4	0,9	-12,6

Заключение. Проведенная серия опытно-экспериментальных работ по изучению гетерозисного эффекта у кроссов сазана с коллекционными линиями карпа разной породной принадлежности позволила выявить наиболее перспективные комбинации скрещиваний. При проведении сравнительной оценки рыбоводно-биологических показателей двухлетков кроссов использовали несколько методов. Самый простой из них метод ранжирования.

1. В целом при суммарной сравнительной оценке рассмотренных комбинаций скрещиваний методом ранжирования некоторыми преимущес-

твами выделяются кроссы сазан х немецкий и три прим х сазан. Реципрокные кроссы югославского карпа с амурским сазаном имеют меньше преимуществ в сравнении с другими опытными группами кроссов.

2. По итогам оценки проявления эффекта гетерозиса по рыбоводным показателям у кроссов сазана с коллекционными чистопородными группами карпа выделяются 4 комбинации, у которых по большинству рассмотренных рыбоводных показателей установлен эффект гетерозиса (лахвинский чешуйчатый х сазан, три прим х сазан, немецкий х сазан, югославский х сазан).

3. Для оценки селекционной ценности компонентов скрещивания использовали показатели специфической комбинационной способности. При подведении итогов проявлении СКС по рыбоводным показателям выделены кроссы, у которых установлены преимущества по большинству рассмотренных признаков: тремлянский чешуйчатый х сазан, отводки изобелинского карпа три прим х сазан, немецкий х сазан, сазан х югославский, сазан х фресинет.

Список использованных источников

1. Турбин, Н.В. Гетерозис и генетический баланс / Н.В. Турбин // Гетерозис: теория и методы практического использования : [сб. ст.] / Ин-т биологии Акад. наук БССР ; под ред. Н.В. Турбина. — Минск, 1961. — С. 3–34.
2. Катасонов, В.Я. Селекция и племенное дело в рыбоводстве / В.Я. Катасонов, Н.Б. Черфас. — М. : Агропромиздат, 1986. — 183 с.
3. Кирпичников, В.С. Генетика и селекция рыб / В.С. Кирпичников ; отв. ред. В.А. Струнников. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1987. — 520 с.
4. Попова, А.А. Влияние инбридинга на выживаемость карпа / А.А. Попова // Селекция прудовых рыб : науч. тр. ВАСХНИЛ / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина, Укр. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. — М., 1979. — С. 121–126.
5. Гужов, Ю.Л. Возникновение и развитие селекции / Ю.Л. Гужов // Генетика и селекция — сельскому хозяйству : кн. для учителя / Ю.Л. Гужов. — М., 1984. — Гл. 1. — С. 5–25.
6. Ильев, Ф.В. Межлинейная гибридизация в животноводстве (селекция на гетерозис) : учеб. пособие / Ф.В. Ильев. — М. : Колос, 1980. — 88 с.
7. Кирпичников, В.С. Гибридизация европейского карпа с амурским сазаном и селекция гибридов : докл. ... д-ра биол. наук по совокупности опубл. работ / В.С. Кирпичников ; Зоол. ин-т Акад. наук СССР. — Л., 1967. — 72 с.
8. Савченко, В.К. Генетический анализ и синтез в практической селекции / В.К. Савченко ; науч. ред. Л.В. Хотылева. — Минск : Наука и техника, 1986. — 95 с.

9. Кирпичников, В.С. Методы и эффективность селекции ропшинского карпа. Сообщение 1. Цели селекции, исходные формы и система скрещиваний / В.С. Кирпичников // Генетика. — 1972. — Т. 8, № 8. — С. 65–72.
10. Кончиц, В.В. Оценка гетерозисного эффекта у межлинейных, межпородных и межвидовых кроссов карпа и использование их для повышения эффективности рыбоводства / В.В. Кончиц, М.В. Книга. — Минск : Тонпик, 2006. — 224 с.
11. Книга, М.В. Использование метода совместного выращивания сеголеток кроссов карпа для определения гетерозисного эффекта по рыбохозяйственным показателям / М.В. Книга // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси. — Минск, 2004. — Вып. 20. — С. 116–125.
12. Катасонов, В.Я. Инструкция по племенной работе с карпом в репродукторах и промышленных хозяйствах : [утв. М-вом рыб. хоз-ва СССР 26/у-1981] / В.Я. Катасонов ; М-во рыб. хоз-ва СССР, Всесоюз. науч.-произв. об-ние по рыбоводству. — М. : ВНИИ пруд. рыб. хоз-ва, 1981. — 38 с.
13. Свечин, К.Б. Оценка эффекта гетерозиса в относительных показателях / К.Б. Свечин // Животноводство. — 1967. — № 1. — С. 61–62.
14. Оценка семей 7-го поколения селекционной отводки столин XVIII методом ранжирования / Е.В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси. — Минск, 2004. — Вып. 20. — С. 125–129.
15. Рокицкий, П.Ф. Статистические показатели для характеристики совокупности / П. Ф. Рокицкий // Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. — Изд. 3-е, испр. — Минск, 1973. — Гл. 2. — С. 24–52.

References

1. Turbin N.V. Heterosis and genetic balance. *Geterozis: teoriya i metody prakticheskogo ispol'zovaniya: sbornik statei* [Heterosis: theory and methods of practical use: collection of articles]. Minsk, 1961, pp. 3–34 (in Russian).
2. Katasonov V.Ya., Cherfas N.B. *Breeding and breeding in fish farming.* Moscow, Agropromizdat Publ., 1986. 183 p. (in Russian).
3. Kirpichnikov V.S. *Genetics and selection of fishes.* 2nd ed. Leningrad, Nauka Publ., 1987. 520 p. (in Russian).
4. Popova A.A. Influence of inbreeding on the survival of carp. *Selektsiya prudovykh ryb: nauchye trudy VASKhNIL* [Selection of pond fish: scientific works of VASKhNIL]. Moscow, 1979, pp. 121–126 (in Russian).
5. Guzhov Yu.L. The emergence and development of selection. *Genetika i selektsiya — sel'skomu khozyaistvu* [Genetics and selection — agriculture]. Moscow, 1984, pp. 5–25 (in Russian).
6. Il'ev F.V. *Interline hybridization in animal husbandry.* Moscow, Kolos Publ., 1980. 88 p. (in Russian).
7. Kirpichnikov V.S. *Hybridization of European carp with Amur carp*. Leningrad, 1967. 72 p. (in Russian).

8. Savchenko V.K. *Genetic analysis and synthesis in practical breeding.* Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1986. 95 p. (in Russian).
9. Kirpichnikov V.S. Methods and efficiency of breeding of the Ropshian carp. I. Purposes of selection, initial forms, system of crosses. *Genetika* [Genetics], 1972, vol. 8, no. 8, pp. 65–72 (in Russian).
10. Konchits V.V., Kniga M.V. *Assessment of the heterosis effect in interlinear, interbreed and interspecific carp crosses and their use to improve the efficiency of fish farming.* Minsk, Tonpik Publ., 2006. 224 p. (in Russian).
11. Kniga M.V. Using the method of co-cultivation of underyearlings of carp crosses to determine the heterosis effect according to fishery indicators. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers.* Minsk, 2004, iss. 20, pp. 116–125 (in Russian).
12. Katasonov V.Ya. *Instructions for breeding work with carp in loudspeakers and industrial farms.* Moscow, All-Union Research Institute of Pond Fisheries, 1981. 38 p. (in Russian).
13. Svechin K.B. Assessment of the effect of heterosis in relative terms. *Zhivotnovodstvo* [Animal Husbandry], 1967, no. 1, pp. 61–62 (in Russian).
14. Tarazevich E.V., Kniga M.V., Prokhorchik G.A., Us A.P., Chimbur I.V., Dudarenko L.S. Evaluation of families of the 7th generation of selective branch of Stolin XVIII carp by the ranking method. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers.* Minsk, 2004, iss. 20, pp. 125–129 (in Russian).
15. Rokitskii P.F. Statistical indicators for the characteristics of the population. *Biologicheskaya statistika* [Biological statistics]. 3rd ed. Minsk, 1973, pp. 24–52 (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

Information about the authors

Uladzimir Yu. Aheyets — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Tatiana A. Sergeeva — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tasergeeva@tut.by

УДК 639.371.5-577.11

Поступила в редакцию 02.05.2023
Received 02.05.2023

В.Ю. Агеец, О.Н. Вишневская, А.Ю. Крук, Т.А. Сергеева, М.В. Книга

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

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕМЕЦКОГО КАРПА, РАЗВОДИМОГО В БЕЛАРУСИ

Аннотация. В статье представлен обзор рыбоводных, воспроизводительных генетических, биохимических, морфологических и других характеристик и качеств немецкого карпа, разводимого в Республике Беларусь, их изменение с начала его разведения в 1991 году.

Ключевые слова: Немецкий карп, сеголеток, годовик, двухлеток

Uladzimir Yu. Aheyets, Olga N. Vishneuskaya, Anastasiya Yu. Kruk, Tatiana A. Sergeeva, Maria V. Kniga

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

CHARACTERISTICS OF GERMAN CARP BRED IN BELARUS

Abstract. The article presents an overview of the fish breeding, reproductive genetic, biochemical, morphological and other characteristics and qualities of the German carp bred in the Republic of Belarus and their changes since the beginning of its breeding in 1991.

Keywords: German carp, yearlings, two-year-olds

Введение. Зеркальные карпы с высокоспинным экстерьером пользуются особой популярностью у населения. В соответствии с требованиями рынка перед селекционерами стоит задача получить товарный молодняк зеркального карпа с хорошими экстерьерным формами. Всем эти качествам отвечает немецкий карп, а также некоторые его помеси с другими породами карпа.

Работы с немецким карпом были начаты на территории бывшего СССР в 1970–1980 гг. прошлого века. Точного происхождение этого карпа не было установлено. Завоз осуществлялся личинкой с террито-

рии ГДР либо Польши. Предположительно, данная породная группа относится к зеркальному карпу штамма Айшгрюнд (Aischgrunder) (Германия, Бавария), который характеризуется высокой формой спины и хорошими темпами массонакопления в условиях мягкого климата с теплым летом [1].

В Баварии, в местности Айшгрюнд, выращивание карпов является частью местной культуры. По обе стороны реки Айш, 80-километрового притока р. Регниц, расположено более семи тысяч прудов [1]. Территория вокруг Айша представляет собой территорию с очень небольшим количеством осадков (600–700 мм в год), почвой, которую трудно использовать в сельском хозяйстве, естественными ландшафтными формированиями и высоким уровнем грунтовых вод и поэтому цепочки прудов важны для удержания воды и сохранения микроклимата [2, 3].

Разведение карпа в Айшгрюнде имеет более чем 1000-летнюю традицию. При императоре Карле Великом (VIII-IX век н.э.) существовали «Fischereien», то есть прудовые фермы, которые входили в состав королевских имений в Айшгрюнде [2].

Значительную роль в развитии рыбоводства Айшгрюнда сыграли многочисленные монастыри, основанные в средние века, особенно цистерцианские монастыри. Месяцы строгого поста, при котором употребление рыбы разрешалось, привели к увеличению потребности в рыбе, что способствовало развитию рыбоводству в Айшгрюнде.

Первоначально карпы были удлинённой формы и покрыты чешуей. С течением времени путем селекции возникли разновидности карпа, в том числе зеркальный. Характеристиками зеркального карпа были особо высокая спина, желтоватое брюшко и в самом верху спины ряд блестящих чешуек. Поскольку монахам разрешалось есть только то, что не выступало за тарелку, спросом пользовались карпы, форма которых идеально помещалась на круглых тарелках [1, 2].

По данным Интернет-источника tasteatlas [4] зеркальный карп Aischgründer — чрезвычайно полезная рыба, с высоким содержанием омега-3 жирных кислот и белков и низким содержанием калорий (что подтверждается нашими исследованиями). Карпа выращивают около трех лет или до тех пор, пока он не достигнет желаемого веса (взрослая рыба может весить до 30 кг) и его мясо не приобретет особый вкус [1, 2]. Каждый год с сентября по апрель все региональные рестораны, участвующие в фестивале Aischgründer Karpfenschmecker, предлагают разнообразные деликатесы из карпа [1, 4].

В Беларусь немецкий карп был завезен трехсуточной заводской личинкой в 1991 г. из Черепетского тепловодного хозяйства Тульской области [5].

В Республике Беларусь на базе селекционно-племенного участка «Изобелино» Молодечненского района Минской области (далее — СПУ «Изобелино») сформировано коллекционное ремонтно-маточное стадо немецкого карпа, проводится его репродукция, а также ставятся опыты по сочетаемости немецкого карпа с другими породами и линиями отечественной и зарубежной селекции [6, 7, 8, 9]. Работа ведется с 1991 г.

Немецкий карп по расположению чешуи относится к малочешуйчатой форме (рис. 1 и 2), потомство его не имеет летального гена N, что важно при его разведении и использовании.



Рис. 1. Двухлеток немецкого карпа. (2012 год)
Fig. 1. Two-year-old German carp. (2012)



Рис. 2. Сеголетки немецкого карпа (2022 год)
Fig. 2. Fingerlings of German carp (2022)

Воспроизводительные качества. Возраст созревания самцов немецкого карпа 4–5 лет, самок 6–7 лет.

При получении первого поколения немецкого карпа отнерестилось 43,7 % самок. Рабочая плодовитость немецкого карпа в первом поколении в среднем составила 320,3 тыс. экз. икринок, относительная рабочая плодовитость — 79,1 тыс. икр./кг.

В процессе адаптации произошло повышение процента отнерестившихся самок. В четвертом поколении икру получали от 54% самок. Величина рабочей плодовитости самок составляла 280 тыс. икринок, относительной рабочей плодовитости — 60 тыс. икр./кг.

Для проведения нерестовой кампании и получения потомства в 2022 и 2023 гг. были отобраны производители с типичными для немецкого карпа аллелями трансферрина (A, B и C), а также с высоким уровнем генетического разнообразия K больше 10, определенного в совместной исследовательской работе сотрудниками Института генетики и цитологии НАН Беларуси. В 2023 г. при применении заводского способа воспроизводства икру получили от 75 % отобранных самок. Рабочая плодовитость самок пятого поколения составила 352,5 тыс. экз. икринок, относительная рабочая плодовитость — 55,4 тыс. икр./кг. Данные говорят о незначительном снижении относительной рабочей плодовитости самок немецкого карпа за 5 поколений.

Средние рыбоводно-биологические показатели репродуктивных качеств производителей немецкого карпа, полученные за последние два года, представлены в табл. 1.

Таблица 1. **Воспроизводительные качества немецкого карпа F5**
Table 1. **Spawning qualities of German carp F5**

Показатели	значения, $\bar{X}$
доля отнерестившихся самок, %	67,7–100
средняя масса самок (6–8 лет), кг	5,3
выживаемость икры, %	73–94
масса 1 икринки, мг	1,3
диаметр икринки, мм	1,1
масса трехсуточных личинок, мг	1,94
длина трехсуточных личинок, мм	6,40
получено личинок, тыс. экз. на 1 самку	273,1

При заводском способе воспроизводства 67–100 % самок отдают икру.

Выживаемость икры немецкого карпа составляет 73–94 %. Выход личинок на 1 самку составил 273,1 тыс. экз.

Рыбоводно-биологическая характеристика. Немецкий (айшгрюндский) карп был выведен в условиях умеренного влажного континентального климата, характерного для средней полосы Европы. От климатических условий Беларуси условия р. Айш (по данным метеорологической станции Нойштадт Айш) отличаются незначительно более прохладным, но более продолжительным летом (III либо IV зона рыбоводства), и относительно короткой, более теплой зимой. Разница в среднегодовых температурах в сторону снижения для условий Беларуси составляет в зависимости от года от 1 до 4 °С, но эта разница вызвана, в основном, более теплой зимой Баварии [12].

В условиях Беларуси (II зона рыбоводства) первое поколение немецкого карпа в возрасте сеголетка отличалось низкой выживаемостью (8–24 %) и низким темпом роста. При плотности посадки 30 тыс. экз./га средняя масса сеголетков составила 10,8 г с вариациями от 4 до 47 г. Наибольшая средняя масса сеголетков (46,8 г) наблюдалась в пруду с низким выходом, наименьшая (9 г) в двух других прудах [5]. В процессе адаптации немецкого карпа выживаемость сеголетков увеличилась и в пятом поколении (2019 г.) составила 35,2 % при средней массе 10,7 г, в шестом поколении (2021 г.) составила 32,8 % при средней навеске сеголетка 32,2 г (табл. 2).

Таблица 2. **Рыбоводные показатели немецкого карпа**
Table 2. **Fish-breeding indicators of German carp**

Рыбоводные показатели	значения				
	первое поколение	пятое поколение	шестое поколение	первое поколение	пятое поколение
		2019 г.	2021 г.		
возраст рыб, лет	сеголеток			двухлеток	
плотность посадки, тыс. шт./га	30	25	25	2,0	1,4
выживаемость рыб, %	8–24	35,2	32,8	47,1	68,5
масса тела, г.	10,8	10,7	32,6	421	462,8
прирост массы тела, г.	10,8	10,7	32,6	374	448,3
кратность увеличения массы тела, раз.	–	–	–	9,0	31,8
Рыбопродуктивность, кг/га	117–190		266,8	140–670	450,9

В условиях Беларуси у первого поколения немецкого карпа (зимовка 1991–1992 гг.) выживаемость годовика зависела от размера посаженного сеголетка. Зимовка крупного и мелкого годовика происходила раздельно. Крупного — совместно с помесными формами и чистыми отводками изобелинского карпа. Выживаемость крупного годовика составила 78,2 %, мелкого 28,8 % [5].

Зимовка годовика немецкого карпа шестого поколения происходила совместно с коллекционными породами и помесями карпа. У шестого поколения немецкого карпа выживаемость в зимний период существенно зависела от живой массы посаженного сеголетка, например в 2021 г. в зимовку ушел сеголеток средней массой 40,9 г, средняя навеска годовичка составила 40,1 г, выживаемость 66,4 %, в 2023 году выживаемость была крайне низкой — 6,9 %, что связано с низкой навеской посаженного сеголетка: 10,3 г. Аналогичная ситуация наблюдалась также во время зимовки 2019–2020 гг., когда выжило 14,1 % посаженных сеголетков, при средней живой массе годовичка 14,9 г. Часть мелкого сеголетка могла погибнуть из-за выедания птицами, а также из-за теплой зимы 2019–2020 гг. (по данным метеостанции в Вилейке, средняя температура всех зимних месяцев не опускалась ниже +1 °С [12]), в условиях которой возросли затраты питательных веществ и в отсутствии кормовой базы часть годовика погибла.

Первое поколение двухлетков немецкого карпа также характеризовалось выживаемостью ниже нормативных значений. Выращивание немецкого карпа на втором году осуществлялось в двух вариантах: раздельно и совместно с сарбоянским и изобелинским карпом (отводкой «смесь зеркальная»).

Выход двухлетков первого поколения составил в среднем 47,1 % с колебаниями от 15,5 % до 70 % при совместном варианте и от 37 % до 60,6 % в раздельном. Средняя масса двухлетков составила 421 г с вариацией от 220 до 670 г. Рыбохозяйственные показатели двухлетков пятого поколения немецкого карпа из коллекционного стада значительно улучшились по сравнению с первым поколением. Выживаемость двухлетков составила 68,5 % при средней массе 462,8 г. Данные свидетельствуют об улучшении выживаемости двухлетка немецкого карпа пятого поколения по сравнению с первым поколением.

Несмотря на некоторое улучшение рыбохозяйственных показателей продуктивность чистопородного немецкого карпа невысокая и соста-

вила 450,9 кг/га при выращивании во второй зоне рыбоводства. Можно также отметить, что даже при невысокой массе сеголетка, на втором году жизни при благоприятных условиях немецкий карп имеет высокую интенсивность роста и компенсирует недостаток прироста в первый год жизни (табл. 3).

Показатели зимовки и нагула (изменения массы тела, выживаемость) немецкого карпа, входящего в состав коллекционного стада, в целом свидетельствуют о достаточно высоком темпе роста на втором и последующих годах выращивания рыбы, низких значениях потери массы в зимний период, что не уступает средним популяционным величинам всего коллекционного стада, полученного и выращенного одновременно в одинаковых условиях.

Характеристика рыбохозяйственных показателей разных возрастных групп немецкого карпа на этапах выращивания и зимовки представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3. **Показатели массонакопления и выживаемости немецкого карпа разного возраста в период выращивания и нагула F6 и F5**
Table 3. **Mass accumulation and survival rates of German carp of different ages during the growing and feeding period F6 and F5**

Показатели			Возрастные группы					
	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	8+
масса тела, г	32,2	462,8	1204,1	2950,0	4300,0	5120,0	5200,0	5500,0
прирост массы, г	32,2	448,3	788,4	1581,0	1860,0	1330,0	141,0	850,0
кратность увеличения массы тела, раз.	-	31,8	2,9	2,2	1,8	1,4	1,0	0,87
выживаемость, %	32,8	68,5	96,1	87,0	40,0	100,0	88,2	100,0

Примечание: 2+ — трехлетки, 3+ — четырехлетки и т.д.

Морфологическая характеристика. Сеголетков немецкого карпа шестого селекционного поколения сравнили с сеголетками первого поколения, выращенного из привозной личинки (табл. 5).

У сеголетков карпа высокого качества коэффициент упитанности должен составлять 2,7–3,1, а у двухлетков 2,6–3,2. Сеголетки и двухлетки немецкого карпа отличаются зеленовато-желтой окраской тела

Таблица 4. **Показатели изменения массы тела и выживаемости немецкого карпа разного возраста в период зимовки**
Table 4. **Indicators of changes in body weight and survival of German carp of different ages during the wintering period**

Показатели	Возрастные группы							
	1. (2020 г.)	1. (2022 г.)	2.	3.	4.	5.	6.	8.
масса тела, г	14,9	40,1	415,7	1466,7	2450,0	3797,6	4991,0	4636,0
потеря массы тела,%	13,9	-2,0	9,29	7,4	3,9	10,2	1,53	0,3
выживаемость, %	14,1	66,4	99,0	100,0	100,0	81,6	100,0	78,6

Примечание: 1. — годовики, 2. — двухгодовики и т.д.

Таблица 5. **Морфологические особенности немецкого карпа**
Table 5. **Morphological features of the German carp**

Показатели	значения $\overline{X} \pm S\overline{X}$			
возраст рыб, лет	*0+	**0+	*1+	**1+
масса тела, г.	10,78±0,75	29,13±6,60	546,3±13,46	501,4±12,61
коэффициент упитанности	3,77±0,16	3,17+0,30	3,71±0,05	3,78±0,04
индекс высокоспинности, %	2,73±0,03	2,77+0,13	2,56±0,02	2,53±0,01
индекс широкоспинности, %	17,83±0,36	16,30+1,29	18,07±0,16	17,1±0,21
индекс длины головы, %	29,72±0,04	32,41+1,44	28,9±0,21	27,5±0,20
индекс обхвата тела, %	–	–	99,0	99,3±0,51

*Примечание:** — данные стандарта породы (первое поколение, выращенное в Беларуси); ** — данные коллекционного стада СПУ «Изобелино» сеголетки шестого поколения, двухлетки пятого поколения.

и характеризуются высоким коэффициентом упитанности (3,77 и 3,71 соответственно), высокоспинной формой тела с укороченным хвостовым стеблем, с крупной головой у сеголетков и двухлетков. Относительная длина головы существенно уменьшается с увеличением возраста: с 32,4 % у сеголетков до 24,9 % у производителей. В шестом поколении значительно возросла средняя масса сеголетков, однако снизился индекс упитанности с 3,77 до 3,17 ед. у сеголетков за счет уменьшения ширины спины. Индекс широкоспинности у сеголетков уменьшился

с 17,83 % в первом поколении до 16,30 % в шестом поколении, у двухлетков с 18,07 % до 17,10 % соответственно. По коэффициенту упитанности, индексам высокоспинности и толщины тела сеголетки немецкого карпа лидируют среди коллекционных пород белорусской и зарубежной селекции.

В условиях Беларуси в двухлетнем возрасте у немецкого карпа сохраняются его породные качества (коэффициент упитанности 3,78, индекс высокоспинности 2,52–2,61, индекс толщины тела — 17,7–18,6). Породные качества проявляются и в более старшем возрасте. Так, пятигодовики имеют высокую упитанность (4,24), хорошую высокоспинность (2,5), а также широкую спину (17,0 %).

Характеристика физиолого-биохимических показателей крови сеголетков. Вместе с рыбохозяйственными характеристиками были изучены физиолого-биохимические показатели сыворотки крови сеголетков немецкого карпа. В 2022 г. содержание протеина в крови сеголеток немецкого карпа составило в среднем 25,25 мг/л, что незначительно ниже, чем среднее значение данного показателя у сеголетков коллекционных пород карпа зарубежной и белорусской селекции (табл. 6). Колебания данного показателя значительны — от 24,49 до 26,01 мг/л, коэффициент изменчивости — 11,7.

Таблица 6. **Физиолого-биохимические показатели сыворотки крови сеголетков**
Table 6. **Physiological and biochemical parameters of juvenile blood serum**

Показатели	Немецкий		Породы зарубежной селекции		Породы и линии белорусской селекции	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv
общий белок, мг/л	25,25±0,77	11,7	26,01±0,50	10,6	27,96±0,60	9,5
глюкоза, ммоль/л	3,98±0,26	23,0	4,49±0,20	24,6	10,63±0,48	20,0
холестерин, ммоль/л	4,73±0,19	15,9	4,85±0,17	19,8	5,56±0,26	20,9

Содержание глюкозы в сыворотке крови сеголетков немецкого карпа составило 3,98 ммоль/л, с колебаниями от 3,5 до 4,47 ммоль/л. Значение содержания глюкозы у немецкого карпа было ниже, чем у других пород зарубежной селекции и их среднего значения, и значительно уступало средним показателям карпов белорусской селекции. Холестерина в крови сеголетков установлено 4,73 ммоль/л, с колебаниями от 4,05 до 5,41 ммоль/л. Значения содержания холестерина в кро-

ви немецкого карпа занимают среднее положение среди пород карпа зарубежной селекции и были ниже средних значений данных показателей у сеголетков коллекционных пород белорусской селекции. Данные показатели также характеризовались высокой степенью изменчивости, с коэффициентами корреляции 23,0 и 15,9 соответственно. Поэтому отклонения между средними значениями содержания протеина и холестерина у немецкого карпа от коллекционных пород белорусской и зарубежной селекции статистически недостоверны. Статистически значимые отличия получены только между немецким карпом и средним значением белорусских пород по содержанию глюкозы.

Характеристика биохимического состава тела младшего ремонта немецкого карпа. При исследовании биохимического состав тела (сеголетки) и мышц (двухлетки) определяли количество сухого вещества, влаги, минеральных веществ (золы), жира и протеина (табл. 7).

Физиологический статус и биохимический состав тела младшего ремонта немецкого карпа соответствовал требованиям к сеголеткам перед зимовкой. По литературным данным зимостойкие сеголетки карпа должны содержать влаги не более 78 %, рекомендуемое содержание белка в теле сеголетков — 12 %, содержанием жира от 1,5 до 4,5 %. Средний показатель содержания протеина в теле сеголетков немецкого карпа составил 13,44 %, что немного ниже, чем содержание белка в теле сеголетков у пород карпа зарубежной и белорусской селекции. По содержанию жира (3,72 %) сеголеток немецкого карпа также уступал средним значениям коллекционных пород карпа зарубежной и белорусской селекции. Данные показатели характеризуются низкими коэффициентами изменчивости — 0,66 по протеину и 2,79 — по жиру.

Состав мышц двухлетков характеризовался низкими показателями содержания сухого вещества, протеина и минеральных веществ среди пород карпа зарубежной и белорусской селекции. По содержанию жира двухлетки немецкого карпа превосходили средний уровень пород зарубежной селекции, но уступают породам карпа белорусской селекции. Таким образом, можно отметить высокие диетические качества двухлеток немецкого карпа.

Характеристика интерьерных показателей двухлетков немецкого карпа. Для оценки товарных качеств немецкого карпа (у двухлетков) были исследованы интерьерные характеристики (табл. 8).

Таблица 7. **Биохимические показатели состава тела (сеголеток) и мышц (двухлеток) немецкого карпа**
Table 7. **Biochemical parameters of body composition (fingerlings) and muscles (two-year-olds) of German carp**

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
сеголеток										
Немецкий	24,28±0,47	1,9	75,72±0,47	0,6	1,03±0,08	7,66	3,72±0,10	2,79	13,44±0,09	0,66
$\bar{x}$ зарубежные породы:	24,03±0,96	4,0	75,97±0,96	1,3	1,10±0,37	33,1	4,17±1,06	25,4	14,01±0,91	6,5
$\bar{x}$ белорусские линии:	24,72±0,72	2,93	75,29±0,73	1,0	0,98±0,11	10,7	4,18±0,96	23,0	14,51±2,28	15,7
двухлеток										
Немецкий	20,08±2,68	13,4	79,92±2,68	3,4	0,49±0,10	20,9	7,42±1,73	23,4	15,63±1,25	8,0
$\bar{x}$ зарубежные породы:	25,70±3,28	12,7	74,30±3,28	4,4	0,8±0,38	47,3	6,26±3,40	54,9	17,31±1,70	9,83
$\bar{x}$ белорусские линии:	27,56±0,24	5,5	72,45±0,24	2,1	1,04±0,04	23,7	9,87±0,27	17,1	16,67±0,27	10,4

Таблица 8. **Соотношение частей тела двухлетков немецкого карпа**
Table 8. **Ratio of body parts of two-year-old German carp**

Показатели	Немецкий карп		Породы зарубежной селекции		Породы и линии белорусской селекции	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv
Масса рыбы, г	572,0±20,00	11,0	546,4+8,10	8,1	501,3+10,42	9,3
Доля в массе рыбы						
тушки, %	65,6±0,30	1,4	65,4±0,20	2,1	65,1±0,18	1,2
головы, %	17,5±0,35	6,3	16,90±0,80	6,0	17,6±0,18	4,7
чешуи, %	0,8±0,06	17,7	3,1±0,1	19,2	3,9±0,13	14,9
жабр, %	3,1±0,19	23,5	3,2±0,15	22,8	3,6±0,17	21,8
плавников, %	2,3±0,12	17,1	2,2±0,05	13,4	2,3±0,04	8,6
внутренних органов, %	10,6±0,26	7,8	9,8±0,17	9,5	9,4±0,26	12,3

Из полученных данных следует, что двухлетки немецкого карпа имеют высокий выход тушки (65,6 %), что незначительно превышает средний показатель пород зарубежной и белорусской селекции. Крупная голова немного снижает выход съедобной части тела в сравнении с другими породами зарубежной селекции.

Относительная длина кишечника составляет 2,09, что незначительно ниже средних значений пород карпа зарубежной и белорусской селекции. Немецкий карп, как и большинство пород культурных карпов, характеризуется увеличенной передней камерой плавательного пузыря. Соотношение передней и задней камер плавательного пузыря составило 1,69, что немного выше среднего значения пород зарубежной селекции (1,31), и значительно превышает средний показатель, характеризующий породы карпа белорусской селекции (1,09).

Характеристика немецкого карпа по типам трансферрина. Популяция немецкого карпа, по данным Щербенок Ю.И. [10], характеризуется тремя аллелями трансферринового локуса А, В, С, преобладанием гетерозигот и доминированием аллеля А (q^A-0,96). При проведении биохимико-генетических исследований в выборке первого поколения в СПУ «Изобелино» было определено только два аллелятрансферрина А и С, с частотами q^A -0,98, q^C -0,02. В последующих исследованиях был выявлены три аллелятрансферрина с преобладанием аллеля А (q^A - 0,951). Частота встречаемости двух других аллелей: В и С невысокая и составила соответственно q^B-0,039 и q^C -0,010. Генетическое разнооб-

разие было представлено 3 феновариантами: АА, АВ и АС. Первое поколение характеризовалось большим количеством гомозиготных особей (90,2 %).

При проведении биохимико-генетической экспертизы проб сыворотки крови по локусу трансферрина у производителей немецкого карпа четвертого поколения определено 3 аллеля: А, В, С. Выше указанные аллели представлены 4 феновариантами: АВ, АС, ВВ, СС. По частоте встречаемости аллелей доминирует фенотип АС (42,8 %) и АВ (28,6 %). Данная группа в значительной степени гетерогенна (гетерозиготы составляют 71,4 %). По частоте встречаемости аллелей преобладают аллели А и С (b^A =0,357, b^C = 0,357).

При исследовании старшего ремонта и производителей (шести — семилетки) пятого поколения по локусу трансферрина была установлена высокая степень гетерогенности локуса трансферрина. Выявлено 6 аллелей: А, А', В, С, Y, Z, что свидетельствует о примеси белорусских или других зарубежных пород в маточном стаде немецкого карпа.Особи, несущие в себе аллели трансферрина Y и Z подлежат выбраковке из маточного стада. Количество таких особей среди шестилеток составляет 9,7 %, среди семилеток — 12,5 %.

Шестилетние производители немецкого карпа характеризуются высоким процентом гомозигот — 80,64 %. Подавляющее большинство гомозигот — АА (58,06 %). Незначительное количество гомозигот представлены феновариантами ВВ и СС. Гетерозиготы представлены 5 вариантами, среди которых доминирует фенотип АС. Остальные варианты встречаются у единичных особей.

Семилетние производители немецкого карпа характеризуются пониженным количеством гомозигот — 46,87 %. Среди гомозигот наиболее часто встречается фенотип АА (25 %). Отмечено появление аллеля А' в гомозиготном и гетерозиготном состоянии с аллелем А и отсутствие гомозиготы СС. У 9,37 % особей определен фенотип ВВ. Гетерозиготы встречаются у 53,13 % обследованных производителей и представлены 5 вариантами: в основном АВ, АС, ВС.

Использование немецкого карпа при получении кроссов. Немецкий карп используется в основном при получении товарных кроссов с породами карпа белорусской селекции и амурским сазаном как улучшатель экстерьера, а также для увеличения темпа роста на третьем году жизни при трехлетнем обороте. Эта порода рекомендована для получения зеркальных товарных кроссов в третьей зоне рыбоводства. Немец-

кий карп рекомендуется в качестве отцовского компонента скрещиваний с самками зеркальных линий пород карпа белорусской селекции лахвинский, тремлянский и изобелинский. Кроссы, полученные от скрещивания самок тремлянского и изобелинского карпа с самцами немецкого карпа, обладают повышенной устойчивостью к неблагоприятным гидрохимическим условиям, характеризуются высокими товарными качествами.

Двухлетки реципрокных кроссов, полученные от скрещивания немецкого карпа с амурским сазаном, показали один из самых высоких привесов среди всех сазано-карповых гибридов [13].

Заключение. Немецкий карп входит в состав коллекционного стада карпа Республики Беларусь. Сеголетки и двухлетки немецкого карпа отличаются зеленовато-желтой окраской тела и характеризуются высоким коэффициентом упитанности (3,17 и 3,78 соответственно), высокоспинной формой тела (индекс высокоспинности 2,77 и 2,53 соответственно), укороченным хвостовым стеблем, крупной головой у сеголетков и двухлетков. Относительная длина головы существенно уменьшается с увеличением возраста: с 32,4 % у сеголетков до 24,9 % у производителей.

В двухлетнем возрасте немецкого карпа проявляется его породные качества — высокая упитанность и высокоспинность, которые сохраняются и в более старшем возрасте. Двухлетки немецкого карпа имеют высокий выход тушки (65,6 %), что незначительно превышает средний показатель пород зарубежной и белорусской селекции.

В процессе адаптации немецкого карпа к условиям Республики Беларусь выживаемость сеголетков увеличилась с 8–24 % в первом поколении до 32,8–35,2 % в шестом поколении. Выживаемость годовика в зимний период имеет прямую зависимость от живой массы посаженного сеголетка и составляет от 14,1 % при массе 14,9 г до 66,1 % при массе 40,1 г. На втором и третьем году жизни при благоприятных условиях немецкий карп имеет высокую интенсивность роста и компенсирует недостаток прироста в первый год жизни.

Увеличился процент отнерестившихся самок с 43,7 % в первом поколении до 75 % при получении шестого поколения. Рабочая плодовитость немецкого карпа в первом поколении в среднем составила 320,3 тыс. икр., в пятом поколении — 352,5 тыс. икр.

Физиологический статус и биохимический состав тела младшего ремонта немецкого карпа соответствовал требованиям к сеголеткам перед

зимовкой. При исследовании биохимического состава тела двухлетков немецкого карпа пятого поколения установлено, что состав мышц двухлетков характеризовался самыми низкими показателями содержания сухого вещества, протеина и минеральных веществ среди пород карпа зарубежной и белорусской селекции.

Немецкий карп характеризуется тремя аллелями трансферринового локуса A, B, C, с преобладанием гомозигот и аллеля A.

Немецкий карп рекомендуется в качестве улучшателя экстерьера при получении помесей с отечественными породами карпа, а также для увеличения темпа роста на третьем году жизни при трехлетнем обороте. Эта порода рекомендована для получения зеркальных товарных кроссов в третьей зоне рыбоводства.

Список использованных источников

1. Franconia for Gourmets: Round and Healthy [Electronic resource] : Experience Bavaria — Mode of access: https://bavaria.travel/stories/franconia-aischgrund-carp/ — Date of access: 30.08.2023.
2. Aischgruender-karpfen [Electronic resource] — Mode of access:https://aischgruender-karpfen.com/– Date of access: 30.08.2023.
3. Geschichte des KarpfensimAischgrund [Electronic resource] — Mode of access: https://www.frankens-mehrregion.de/kulinarik-genuss/aischgruender-karpfen/– Date of access: 30.08.2023.
4. AischgründerKarpfen [Electronic resource]: Tasteatlas– Mode of access:https://www.tasteatlas.com/aischgrunder-karpfen– Date of access: 28.08.2023.
5. Башунов, В.С. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Создать чистые линии карпа белорусской селекции и разработать схему их промышленной гибридизации с наиболее продуктивными отечественнымии импортированными породами» / В.С. Башунов [и др.] / Белорусский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт рыбного хозяйства (БЕЛРЫБНИИПРОЕКТ) — Минск., — 1995. — С. 27–32.
6. 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.
7. Таразевич, Е.В. Фенотипическая характеристика сеголетков зеркального карпа разного происхождения / Е.В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси. — Мн., 2007. — Вып. 23. — С. 229–238.
8. Книга, М.В. Сравнительная рыбоводно-биологическая характеристика сеголетков зеркальных кроссов и чистопородных карпов / М.В. Книга [и

др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. — Мн., 2011. — Вып. 27.– С. 17–23.
9. Сергеева, Т.А. Сравнительная характеристика биохимического состава тела сеголетков и годовиков карпа различной породной принадлежности из белорусского коллекционного стада / Т.А. Сергеева [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. Сб. науч. тр. — Минск, 2021.– Вып. 37. — С. 34–50.
10. Щербенок, Ю.И. Анализ биохимического полиморфизма отводок местного и немецкого карпов в Черепетском тепловодном хозяйстве / Ю.И. Щербенок // Сб.научн.трудов ГосНИОРХ, 1980 — Вып.150 — С.58–67.
11. Инструкция по бонитировке карпов. — М. «Агропромиздат», 1988. — 25 с.
12. Погодаиклимат [Electronic resource] — Mode of access http://www.pogodaiklimat.ru/– Date of access: 19.09.2023.
13. Методические рекомендации по скрещиванию амурского сазана с породами карпа белорусской и зарубежной селекции для получения промышленных гибридов / Сергеева Т.А. [и др.]. — Минск: РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», 2022. — 19 с.

References

1. Franconia for Gourmets: Round and Healthy [Electronic resource] : Experience Bavaria — Mode of access: https://bavaria.travel/stories/franconia-aischgrund-carp/ — Date of access: 30.08.2023 (in English).
2. Aischgruender-karpfen [Electronic resource] — Mode of access: https://aischgruender-karpfen.com/– Date of access: 30.08.2023 (in German).
3. Geschichte des KarpfensimAischgrund [Electronic resource] — Mode of access: https://www.frankens-mehrregion.de/kulinarik-genuss/aischgruender-karpfen/– Date of access: 30.08.2023 (in German).
4. Aischgründer Karpfen [Electronic resource] : Tasteatlas — Mode of access:https://www.tasteatlas.com/aischgrunder-karpfen — Date of access: 28.08.2023 (in English).
5. Bashunov V.S. Bashunova N.N., Tarazevich E.V., Semenov A.P. (et al.) Otchet o nauchno-issledovatel'skoi rabote po teme «Sozdat' chistye linii karpa belorusskoi selektsii i razrabotat' skhemu ikh promyshlennoi gibridizatsii s naibolee produktivnymi otechestvennymi i importirovannymi porodami» [*Report on research work on the topic "Create pure lines of carp of Belarusian selection and develop a scheme for their industrial hybridization with the most productive domestic and imported breeds"*]. Belorusskii nauchno-issledovatel'skii i proektno-konstruktorskii institut rybnogo khozyaistva (BELRYBNIIPROEKT) [*Belarusian Research and Design Institute of Fisheries (BELRYBNIIPROEKT)*], Minsk, 1995, p. 27–32 (in Russian).
6. Tarazevich E.V, Kniga M.V., Semenov A.P., Shumak V.V. Problema sokhraneniya genofonda karpov v respublike Belarus'. [*Theproblem of preserving the gene pool of carp in the Republic of Belarus.*]. Problemy intensifikatsii proizvodstva produktov zhivotnovodstva: tezisy dokladov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi

konferentsii (9–10 oktyabrya 2008 g.). [*Problems of intensification of production of livestock products: abstracts of reports of the international scientific and practical conference (October 9-10, 2008*], Zhodino, 2008, p. 118–119 (in Russian).
7. Tarazevich E.V. et al. Fenotipicheskaya kharakteristika segoletkov zerkal'nogo karpa raznogo proiskhozhdeniya [*Phenotypic characteristics of fingerlings of mirror carp of different origins*]. Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi : sb. nauch. tr., In-t ryb. khoz-va NAN Belarusi.[*Issues of fisheries in Belarus: collection of articles. scientific tr., Institute of Fishes. households of the National Academy of Sciences of Belarus*], Minsk, 2007, Vol. 23, p. 229–238 (in Russian).
8. Kniga, M.V. et al. Sravnitel'naya rybovodno-biologicheskaya kharakteristika segoletkov zerkal'nykh krossov i chistoporodnykh karpov [*Comparative fish farming and biological characteristics of underyearlings of mirror crosses and purebred carps*], Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi [*Issues of fisheries in Belarus*], Minsk, 2011, Vol. 27, p. 17–23 (in Russian).
9. Sergeeva T.A., Kruk A.Yu., Savicheva E.A. Sravnitel'naya kharakteristika biokhimicheskogo sostava tela segoletkov i godovikov karpa razlichnoi porodnoi prinadlezhnosti iz belorusskogo kollektsionnogo stada [*Comparative characteristics of the biochemical composition of the body of underyearlings and yearlings of carp of various breeds from the Belarusian collection stock*], Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi. Sb. nauch. tr. [Issues *of fisheries in Belarus. Collection of scientific works*], Minsk, 2021, Vol. 37, p. 34–50 (in Russian).
10. Shcherbenok Yu.I. Analiz biokhimicheskogo polimorfizma otvodok mestnogo i nemetskogo karpov v Cherepetskom teplovodnom khozyaistve [*Analysis of biochemical polymorphism of layers of local and German carp in the Cherepet warm water farm*], Sb.nauchn.trudov GosNIORKh [*Collection of scientific works of GosNIORH*], 1980, Vol.150, p. 58–67 (in Russian).
11. Instruktsiya po bonitirovke karpov [*Instructions for grading carp*], Agropromizdat, Moscow, 1988, 25 p.
12. Pogoda i klimat [Electronic resource] — Mode of access http://www.pogodaiklimat.ru/ — Date of access: 19.09.2023(in Russian).
13. Sergeeva T.A. et al. Metodicheskie rekomendatsii po skreshchivaniyu amurskogo sazana s porodami karpa belorusskoi i zarubezhnoi selektsii dlya polucheniya promyshlennykh gibridov [*Methodological recommendations for crossing Amur carp with carp breeds of Belarusian and foreign selection to obtain industrial hybrids*], Minsk, RUP «Institut rybnogo khozyaistva» RUP Nauchno-prakticheskii tsentr Natsional'noi akademii nauk Belarusi po zhivotnovodstvu», 2022, 19 p. (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

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

Крук Анастасия Юрьевна — 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

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

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

Information about the authors

Uladzimir Yu. Aheyets — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Olga N. Vishneuskaya — Ph.D. (Agricultural), Senior researcher, Laboratory Breeding and Breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). Email: belaboka@internet.ru

Anastasiya Yu. Kruk — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nastilyu2310@gmail.com

Tatiana A. Sergeeva — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tasergeeva@tut.by

Maria V. Kniga — Ph.D. (Agricultural), Leading employee, Laboratory Breeding and Breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

УДК 639.371.5

Поступила в редакцию 10.05.2023
Received 10.05.2023

Т.А. Сергеева

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ЗИМОВКИ ГОДОВИКОВ КРОССОВ АМУРСКОГО САЗАНА С КАРПОМ РАЗНОЙ ПОРОДНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Аннотация. В результате анализа показателей зимовки годовиков кроссов, полученных от скрещивания амурского сазана девятого поколения, с коллекционными линиями карпа белорусской и зарубежной селекции, входящими в состав коллекционного стада селекционно-племенного участка «Изобелино», выявлены отдельные комбинации скрещиваний, характеризующихся эффектом гетерозиса и повышенной специфической комбинационной способностью: у 8 комбинаций из 11 отмечено преимущество по рыбоводным показателям. Для анализа применялись три метода оценки проявления эффекта гетерозиса (ранжирования, определения индексов гетерозиса и комбинационной способности).

Установлены кроссы, проявляющие тенденцию к увеличению их зимостойкости. По массе тела отмечены преимущества кроссов сазан х карп лахвинский чешуйчатый, сазан х карп породы фресинет, карп немецкий х сазан; меньше похудели кроссы сазан х карп лахвинский чешуйчатый, отводка изобелинского карпа три прим х сазан, сазан х карп немецкий; повышенной выживаемостью характеризовались кроссы карп немецкий х сазан, три прим (изобелинский) х сазан, карп югославский х сазан. По сумме показателей потери массы тела и выживаемости значительным преимуществом характеризовался кросс три прим х сазан, а также реципрокные сочетания сазана с немецким карпом, однако только у кросса изобелинского карпа отводки три прим с амурским сазаном выявлено преимущество как по уровню потери массы тела, так и по выживаемости (34,1 г, 0,9 %, 90,0 % соответственно).

Ключевые слова: карп, сазан, порода, кросс, гетерозис, зимовка, годовик

Tatiana A. Sergeeva

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

THE RESULTS OF WINTERING OF YEARLINGS OF AMUR CARP CROSSES WITH CARP OF DIFFERENT BREEDS

Abstract. As a result of the analysis of the wintering indicators of yearlings of crosses obtained from crossing the Amur carp of the ninth generation with collection lines of carp of Belarusian and foreign selection, which are part of the collection herd of the selection and breeding area «Isobelino», calculated crosses were determined, characterized by the effect of heterosis and features of specific combination characteristics: in 8 combinations of 11 were noted as an advantage in fish farming indicators.For the analysis, three methods were used to assess the manifestation of the heterosis effect (ranking, determining the indices of heterosis and combination ability).

Crosses have been established that show a tendency to increase their winter hardiness. According to body weight, the advantages of crosses sazan x Lakhvinsky scaly carp, sazan x carp Fresinet, German carp x sazan; the crosses of sazan x carp Lakhvinsky scaly lost weight less. Carp German x sazan, Three prim (Isobelinsky) x sazan, carp Yugoslavsky x sazan crosses were characterized by increased survival. In terms of the sum of indicators of body weight loss and survival, the Three prim x sazan cross was characterized by a significant advantage, as well as reciprocal combinations of carp with German carp. However, only the cross of Three prim (branch of Isobelinsky carp breed) with wild Amur carp (sazan) had an advantage both in terms of the level of body weight loss, and in terms of survival (34.1 g, 0.9 %, 90.0 %, respectively).

Keywords: carp, wild Amur carp (sazan), breed, cross, heterosis, wintering, yearling

Введение. Процесс зимовки рыбопосадочного материала является одним из ответственейших моментов в ведении карпового хозяйства и требует к себе серьезного внимания. В условиях II-III зон рыбоводства зимовка рыбы связана с длительным сроком нахождения рыбы в зимовальных прудах. Это вызывает значительные потери массы тела рыбы, узким местом в производстве прудовой рыбы была и остается выживаемость рыбопосадочного материала в период его зимовки [1].

На выживаемость рыбы в зимовальных прудах, влияют абиотические факторы, особенно содержание растворенного в воде кислорода, которого должно быть не менее 3 мг на один литр воды [2, 3]. Кроме факто-

ров внешней среды на результаты зимовки оказывает влияние, и физиологическая готовность рыбы переживать неблагоприятные условия [4]. Немаловажным является и генетическое происхождение зимующей рыбы [5]. При комплексной оценке разводимых пород и кроссов рыб одним из важнейших показателей является их зимостойкость. В связи с этим изучение проявления эффекта гетерозиса по показателям зимовки (потеря массы тела и выживаемость), является неотъемлемой частью рыбохозяйственной оценки кроссов.

Материал и методика. Изучение рыбохозяйственных показателей годовиков кроссов сазана с карпом, полученных при скрещивании сформированной в Беларуси популяции амурского сазана с коллекционными линиями карпа разной породной принадлежности, проводили на базе селекционно-племенного участка «Изобелино» (СПУ «Изобелино»).

С целью изучения рыбохозяйственных особенностей каждого опытного кросса, весь рыбопосадочный материал (сеголетки) метили серийными механическими метками и размещали на зимовку совместно, в один зимовал [6]. Следовательно, зимовка младшего ремонта (годовиков) карпа разного происхождения (реципрокные кроссы и коллекционные родительские линии карпа) находились под одинаковым влиянием внешней среды. Это обстоятельство позволило сравнить результаты зимовки различных групп по основным рыбохозяйственным показателям6 выживаемости и изменение средней массы тела. На основе полученных результатов провели сравнительную оценку рыбоводных показателей годовиков всех опытных кроссов сазана с карпом и их родительских форм.

Важнейшим рыбохозяйственным показателем зимовки является потеря массы тела (похудание), которое определяется, как разница между массой тела при посадке на зимовку с массой тела при облове зимовала [4].

$$\Delta m = m_{о} - m_{в},$$

где $m_{в}$ — средняя масса тела годовиков весной, $m_{о}$ — средняя масса тела сеголетков осенью, Δm — разница массы тела двухлетков и двухгодовиков.

Изменение массы тела рыбы выражается и в процентном отношении к массе тела рыбы при посадке на зимовку [4].

$$И_{п} = (\Delta m / m_{о}) \cdot 100\%,$$

где $И_{п}$ — индекс потери массы тела.

Этот показатель позволяет сравнивать изменение массы тела различных групп в разных вариантах опыта (в том числе в разные годы).

По указанным признакам проведена оценка 11 кроссов сазана с карпом и 6 чистопородных родительских форм. Объем выборки по каждому из кроссов составлял от 48 до 252 экз.

Для характеристики степени выраженности реализации гетерозисного эффекта по исследуемым количественным признаком у кроссов использовали процентное отношение величины показателя у кросса к контролю, называемое индексом гетерозиса (ИГ, %) в каждом варианте эксперимента [7].

$$ИГ = (Пг/Пк \cdot 100) - 100, \quad (1)$$

где ИГ — индекс гетерозиса, Пг — признак гибрида, Пк — признак контроля.

Оценка специфической комбинационной способности (СКС) подсчитывалась по формуле:

$$СКС = \bar{x}\,(А+Б) - \bar{x}\,А - \bar{x}\,Б + \bar{x}\,, \quad (2)$$

где $\bar{x}$ (А+Б) — величина показателя кросса, средняя величина показателя кроссов с участием отводок (пород) А или Б; $\bar{x}$ — средняя величина показателя по всем опытным группам [9].

Статистические показатели рассчитывали по общепринятым методикам [9]. Комплексную оценку результатов зимовки проводили методом ранжирования по наиболее важным показателям — выживаемости и потери массы тела [10].

Результаты эксперимента и их обсуждение. Средняя масса годовиков реципрокных кроссов сазана с карпом разной породной принадлежности составила 36,7 г. Наивысшей массой характеризовался кросс сазан х лахвинский чешуйчатый (51,2 г), наименьшей лахвинский чешуйчатый х сазан (26,9 г) (табл. 1).

Среди кроссов, полученных от самок пород белорусской селекции существенных колебаний величины средней массы тела не наблюдалось (26,9–34,1 г). Средняя масса тела в данной группе кроссов составила 31,5 г. В группе реципрокных комбинаций скрещиваний отмечен широкий размах колебаний величин массы тела (29,2–51,2 г), а средний уровень данного показателя составил 42,2 г. Средняя масса тела годовиков в группе кроссов, полученных от самок коллекционных пород зарубежной селекции, составила 40,1 г (43,1–37,0 г). Среди кроссов реципрокных комбинаций, у которых в качестве материнского

Таблица 1. **Результаты зимовки годовиков реципрокных кроссов амурского сазана и карпа из коллекционного стада**
Table 1. **Wintering results of yearlings of reciprocal crosses of Amur carp and carp from the collection herd**

Породная принадлежность	Посажено		Выловлено		Потеря массы тела, %	Выход, %
	экз.	масса средняя г	экз.	масса средняя г		
Гибриды:						
Лахв.чеш. х сазан	300	28,3±0,37	156	26,9±0,48	4,9	52,0±4,00
Тремл.чеш. х сазан	220	36,4±0,57	96	32,3±0,72	11,3	43,6±5,06
Три прим х сазан	280	34,3±0,41	252	34,1±0,42	0,6	90,0±1,89
$\bar{x}$ бел. линии х сазан	**800**	**32,6±0,25**	**504**	**31,5±0,30**	**3,4**	**63,0±2,15**
Сазан х лахв.чеш.	307	50,1±0,83	123	51,2±1,10	+2,2	40,0±4,42
Сазан х тремл.чеш.	180	32,8±0,59	48	29,2±0,34	11,0	26,7±6,38
Сазан х три прим	140	42,1±0,68	106	37,7±0,71	10,5	75,7±4,17
$\bar{x}$ сазан х бел. линии	**627**	**43,4±0,42**	**277**	**42,2±0,17**	**2,8**	**44,2±2,98**
Нем. х сазан	110	48,2±0,77	102	43,1±0,69	10,6	92,7±2,52
Юг. х сазан	129	42,6±0,62	115	37,0±0,63	12,2	89,1±2,91
$\bar{x}$ зарубеж.п. х сазан	**239**	**45,2**±0,48	**217**	**40,1**±0,47	**11,3**	**90,8**±1,96
Сазан х нем.	245	32,2±0,34	188	30,8±0,49	4,3	76,7±3,13
Сазан х юг.	146	37,7±0,67	119	34,4±0,66	8,8	81,5±3,56
Сазан х фрес.	137	59,1±1,12	116	50,9±0,11	13,9	84,6±3,35
$\bar{x}$ сазан х зарубежные породы	**528**	**40,7±0,23**	**423**	**37,3±0,21**	**8,3**	**80,1±1,94**
$\bar{x}$ всех кроссов:	**2194**	**39,0±0,47**	**1421**	**36,7±0,20**	**5,9**	**64,7±1,27**
Родительские формы:						
Сазан	**256**	**31,2±0,39**	**190**	**22,1±0,30**	**9,2**	**74,2±3,17**
Тремл.чеш.	435	31,7±0,33	119	31,9±0,64	0,6	27,4±4,09
Лахв.чеш.	330	23,3±0,18	167	19,2±0,27	17,6	50,6±3,87
Три прим	500	38,0±0,22	351	37,0±0,38	2,6	70,2±2,44
$\bar{x}$ белорусские линии	**1235**	**32,8±0,13**	**637**	**31,4±0,23**	**4,3**	**51,6±1,98**
Нем.	623	40,9±0,25	414	40,1±0,34	2,0	66,4±2,32
Юг.	444	35,6±0,42	210	34,0±0,54	4,5	47,3±3,44
Фрес.	250	22,4±0,31	80	21,7±0,50	3,1	32,0±5,21
$\bar{x}$ зарубежные породы	**1317**	**35,6±0,21**	**704**	**34,5±0,26**	**3,2**	**53,4±1,88**

Примечание: здесь и далее в таблицах приняты сокращения сазан — амурский сазан из коллекционного стада, лахв. чеш. — чешуйчатая линия карпа породы лахвинский, тремл. чеш. — чешуйчатая линия карпа породы тремлянский, три прим — зеркальная отводка Три прим карпа породы изобелинский, нем. — немецкий карп, юг. — югославский карп, фрес. — карп породы фресинет, белорусские линии — коллекционные линии белорусской селекции, зарубежные породы — коллекционные породы зарубежной селекции.

компонента скрещиваний был использован амурский сазан повышенной массой тела (50,9 г) отличалась комбинация сазан х фресинет. Средняя масса годовиков в этой группе кроссов составила 37,3 г. Отклонения массы тела каждого из рассмотренных опытных кроссов от среднего уровня данного показателя всех изученных комбинаций скрещиваний в основном статистически достоверно, за исключением комбинаций сазан х три прим и югославский х сазан (табл. 2). У кроссов сазан х лахвинский чешуйчатый, немецкий х сазан, сазан х фресинет отмечено отклонение (в сторону увеличения) массы тела годовиков с высокой степенью достоверности. Отклонение средней массы годовиков кроссов тремлянский чешуйчатый х сазан и сазан х три прим от карповой родительской формы статистически не достоверны. Сравнение средней массы годовиков остальных кроссов с родительской формой карпа указывает на статистически значимые отклонения. Статистически высоко достоверные отклонения в сторону увеличения установлены у кроссов три прим х сазан, сазан х фресинет и у реципрокных комбинаций сазана с немецким и югославским карпом.

В процессе зимовки рыба закономерно худеет. Средняя величина потери массы тела у годовиков кроссов карпа с сазаном составила 5,9 %. Согласно нормативным требованиям величина потери массы тела не должна превышать 12,0 %. У всех опытных кроссов этот показатель ниже допустимой величины (то есть рыба похудела меньше, чем предусмотрено нормативными требованиями), за исключение двух вариантов (югославский х сазан — 12,2 % и сазан х фресинет — 13,9 %). В основном отклонения массы тела годовиков от сеголетков статистически достоверно (табл. 3). Отсутствие статистически значимых отклонений массы годовиков от сеголетков указывает на повышенную зимостойкость опытных кроссов три прим х сазан, сазан х лахвинский чешуйчатый, сазан х немецкий.

Среди сочетаний пород карпа белорусской селекции (самки) с амурским сазаном пониженной потерей массы тела (0,6 %) отличался кросс три прим х сазан (0,6 %), повышенной тремлянский чешуйчатый х сазан (11,3 %). В среднем годовики данной группы похудели за зимовку на 3,4 %. Средний уровень данного показателя в группе реципрокных сочетаний не высок и составил 2,8 %. Однако, следует отметить значительные колебания данного признака в этой группе опытных кроссов. Годовики кроссов сазан х тремлянский чешуйчатый и сазан х три прим похудели на 11,0 и 10,5 % соответственно, а у годовиков кросса сазан

Таблица 2. **Оценка статистической достоверности отклонений годовиков кроссов от средней выраженности признака у всех кроссов и родительских форм**

Table 2. **Evaluation of statistical reliability of deviations of yearlings of crosses from the average severity of the trait in all crosses and parental forms**

Кросс	Отклонение $\bar{x}$ кросса от $\bar{x}$ сазана				Отклонение $\bar{x}$ кросса от $\bar{x}$ родительских форм карпа			
	по массе		по выходу		по массе		по выходу	
	t	P	t	P	t	P	t	P
Лахв.чеш. х сазан	18,85	<0,001	3,03	<0,01	13,97	<0,001	0,25	>0,1
Тремл.чеш. х сазан	5,89	<0,001	4,04	<0,001	0,41	>0,1	2,49	<0,02
Три прим х сазан	5,59	<0,001	11,11	<0,001	2,28	<0,05	6,42	<0,001
$\bar{x}$ белорусские линии х сазан	**14,44**	**<0,001**	**0,68**	**>0,1**	**0,26**	**>0,1**	**3,90**	**<0,001**
Сазан х лахв.чеш.	12,97	<0,001	5,37	<0,001	22,99	<0,001	1,81	<0,1
Сазан х тремл.чеш.	13,01	<0,001	5,84	<0,001	3,72	<0,001	0,09	>0,1
Сазан х три прим	1,36	>0,1	2,52	<0,02	0,50	>0,1	1,14	>0,1
$\bar{x}$ сазан х белорусские линии	**6,56**	**<0,001**	**6,35**	**<0,001**	**6,26**	**<0,001**	**2,07**	**<0,05**
Нем. х сазан	8,91	<0,001	9,90	<0,001	3,90	<0,001	7,68	<0,001
Юг. х сазан	0,45	>0,1	7,68	<0,001	3,61	<0,001	9,22	<0,001
$\bar{x}$ зарубежные породы х сазан	**13,03**	**<0,001**	**11,17**	**<0,001**	**10,43**	**<0,001**	**13,77**	**<0,001**
Сазан х нем.	11,15	<0,001	3,55	<0,001	4,39	<0,001	6,32	<0,001
Сазан х юг.	3,33	<0,001	4,51	<0,001	7,68	<0,001	3,53	<0,001
Сазан х фрес.	22,12	<0,001	5,56	<0,001	56,37	<0,001	8,97	<0,001
$\bar{x}$ сазан х зарубежные породы	**2,07**	**<0,05**	**6,64**	**<0,001**	**8,31**	**<0,001**	**9,88**	**<0,001**

Таблица 3. **Оценка статистической достоверности отклонений средней массы сеголетков от годовиков опытных кроссов**
Table 3. **Evaluation of statistical reliability of deviations of the average weight of fingerlings from yearlings of experimental crosses**

Кросс	Отклонение $\bar{x}$ годовиков от $\bar{x}$ сеголетков	
	t	P
Лахв.чеш. х сазан	2,31	<0,05
Тремл.чеш. х сазан	4,78	<0,001
Три прим х сазан	0,34	>0,1
$\bar{x}$ белорусские линии х сазан	2,82	<0,01
Сазан х лахв.чеш.	0,80	>0,1
Сазан х тремл.чеш.	5,29	<0,001
Сазан х три прим	4,48	<0,001
$\bar{x}$ сазан х белорусские линии	2,65	<0,02
Нем. х сазан	4,93	<0,001
Юг. х сазан	6,33	<0,001
$\bar{x}$ зарубежные породы х сазан	7,59	<0,001
Сазан х нем.	1,40	>0,1
Сазан х юг.	3,51	<0,001
Сазан х фрес.	7,29	<0,001
$\bar{x}$ сазан х зарубежные породы	4,49	<0,001

х лахвинский чешуйчатый, произошло увеличение средней массы тела на 2,2 %. Такое наблюдается при гибели в процессе зимовки более мелких особей, что подтверждается увеличением средней массы и снижением выхода из зимовки данного сочетания.

Кроссы, полученные от самок коллекционных пород зарубежной селекции, в среднем за зимовку похудели на 11,3 %. Отмеченное снижение массы тела у кроссов немецкий х сазан и югославский х сазан близко по величине к нормативному значению 10,6 и 12,2 % соответственно. Среди реципрокных сочетаний, полученных от самок сазана, наблюдаются значительные колебания рассмотренного показателя от 4,3 % у кросса сазан х немецкий до 13,9 % у сазана х фресинет. Среднее значение потери массы тела в этой группе кроссов составило 8,3 %.

Средняя выживаемость кроссов за зимовку составила 64,7 %. Среди опытных комбинаций установлены значительные колебания данного показателя от 26,7 % (тремлянский чешуйчатый х сазан) до 92,7 % (немецкий х сазан). У всех кроссов отклонение выживаемости годовиков

от среднего уровня данного показателя статистически достоверно. Отклонение от карповой родительской формы у кроссов лахвинский чешуйчатый и комбинаций сазан х белорусские линии статистически значимых отклонений не установлено. Статистически достоверные отклонения в сторону увеличения признака установлены у реципрокных кроссов амурского сазана с коллекционными породами зарубежной селекции.

В группе кроссов, полученных от самок их коллекционных пород белорусской селекции, средний уровень выживаемости годовиков составил 63,0 %. Из этой группы кроссов максимальной выживаемостью характеризовались годовики три прим х сазан (90,0 %). Выживаемость реципрокных сочетаний (сазан х белорусские породы) в среднем оказалась значительно ниже и составила 44,2 %. Повышенной выживаемостью из этой группы характеризовался кросс сазан х три прим (75,7 %), пониженной сазан х тремлянский чешуйчатый (26,7 %).

У кроссов, полученных от коллекционных самок пород зарубежной селекции, выживаемость годовиков оказалась самой высокой и составила в среднем 90,8 %, отмеченные колебания не значительны от 89,1 % (югославский х сазан) до 92,7 % (немецкий х сазан). В группе реципрокных сочетаний уровень выживаемости годовиков был несколько ниже и составил 80,1 %, с незначительными колебаниями от 76,7 % (сазан х немецкий) до 84,6 % (сазан х фресинет).

Комплекс рыбоводных показателей, характеризующих результат зимовки годовиков, включает среднюю массу тела, потерю массы и выживаемость. Данные показатели в основном варьируют не зависимо друг от друга и для комплексной оценки результатов зимовки годовиков опытных кроссов использовали метод ранжирования. Первые ранги присваивали комбинациям с улучшенными показателями: повышенной массой тела, выживаемостью и пониженной потерей масса тела (табл. 4.) По массе тела отмечены преимущества кроссов сазан х лахвинский чешуйчатый, сазан х фресинет, немецкий х сазан; меньше похудели кроссы сазан х лахвинский чешуйчатый, три прим х сазан, сазан х немецкий; повышенной выживаемостью характеризовались немецкий х сазан, три прим х сазан, югославский х сазан.

По сумме трех исследованных показателей, характеризующих результат зимовки годовиков, некоторыми преимуществами характеризовались кроссы три прим х сазан, немецкий х сазан, сазан х лахвинский чешуйчатый, сазан х югославский и сазан х фресинет.

Таблица 4. **Ранжирование рыбохозяйственных показателей годовиков опытных кроссов сазаном с карпом**
Table 4. **Ranking of fishery indicators of yearlings of experienced crosses by carp with carp**

Гибрид	Ранги				
	по массе	по потере массы тела	по выживаемости	сумма рангов	средний ранг
Лахв.чеш. х сазан	11	4	8	22	0,68
Тремл.чеш. х сазан	8	9	9	26	0,79
Три прим х сазан	7	2	2	11	0,33
Сазан х лахв.чеш.	1	1	10	12	0,36
Сазан х тремл.чеш.	10	8	11	29	0,88
Сазан х три прим	4	6	7	17	0,51
Нем. х сазан	3	7	1	11	0,33
Юг. х сазан	5	10	3	17	0,51
Сазан х нем.	9	3	6	18	0,54
Сазан х юг.	6	5	5	16	0,48
Сазан х фрес.	2	11	4	16	0,48

Поскольку средняя масса годовиков в основном обусловлена массой сеголетков, посаженных на зимовку, более значимыми в оценке результата прохождения зимнего периода являются показатели потери массы тела и выживаемости. По сумме этих показателей значительным преимуществом характеризовался кросс три прим х сазан (3), а также реципрокные сочетания сазана с немецким карпом (7, 9), рис. 1.

Проявление эффекта гетерозиса у изученных кроссов карпа с сазаном рассчитывали по отношению к каждой из родительских форм и к среднему уровню признака двух родителей.

По уровню потери массы тела 4 кросса из 11 изученных комбинаций обладали преимуществами по сравнению с сазаном (табл. 5). Величины индексов гетерозиса варьировали от 4,35 (сазан х югославский) до 99,9 % (три прим х сазан). Кроссы лахвинский чешуйчатый х сазан и сазан х немецкий также значительно меньше похудели по сравнению с сазаном индексы гетерозиса составили 46,74 и 53,4 % соответственно. При сравнении кросссов с карпом лишь у двух комбинаций установлен эффект гетерозиса по уровню потери массы тела, у которых проявлялся значительный эффект гетерозиса 72,16 % (лахвинский чешуйчатый х сазан) и 93,48 % (три прим х сазан). У этих же кроссов также установлен гетерозисный эффект при сравнении их со средним значением при-

знака двух родительских форм, с индексами гетерозиса 124,0 и 108,0 %. У остальных опытных комбинаций не установлено значительного преимущества по уровню потери массы тела по сравнению с их родительскими формами.

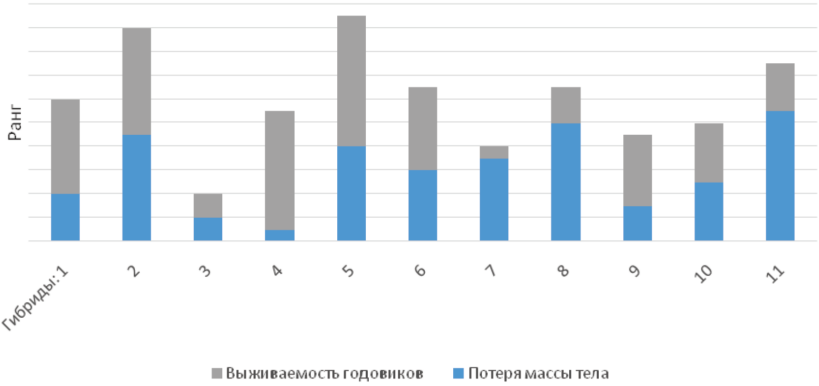


Рис. 1. Ранжирование гибридов по выживаемости и потере массы тела (1 — карп лахвинский чешуйчатый х амурский сазан; 2 — карп тремлянский чешуйчатый х амурский сазан; 3 — карп изобелинский отводка «Три прим» х амурский сазан; 4 — амурский сазан х карп лахвинский чешуйчатый; 5 — амурский сазан х карп тремлянский чешуйчатый; 6 — амурский сазан х карп изобелинский отводка «Три прим»; 7 — карп немецкий х амурский сазан; 8 — карп югославский х амурский сазан; 9 — амурский сазан х карп немецкий; 10 — амурский сазан х карп югославский; 11 — амурский сазан х карп фресинет)

Fig. 1. Ranking of hybrids by survival and weight loss (1 — Lakhvinsky scaly carp x Amur carp; 2 — Tremlyansky scaly carp x Amur carp; 3 — Isobelinsky carp layering «Three approx» x Amur carp; 4 — Amur carp x Lakhvinsky scaly carp; 5 — Amur carp x Tremlyansky scaly carp; 6 — Amur carp x Isobelinsky carp layering «Three note»; 7 — German carp x Amur carp; 8 — Yugoslav carp x Amur carp; 9 — Amur carp x German carp; 10 — Amur carp x Yugoslav carp; 11 — Amur carp x fresinet carp)

При сравнении выживаемости годовиков кроссов с сазаном эффект гетерозиса установлен у 7 сочетаний из 11 (табл. 6).

Величины индексов гетерозиса варьировали от 2,03 % (сазан х три прим) до 24,9 % (немецкий х сазан). Значительными преимуществами по данному признаку характеризовались комбинации скрещиваний три прим х сазан (21,29 %), немецкий х сазан (24,9 %), югославский х сазан (20,08 %). Большинство кроссов обладали преимуществами по выживаемости годовиков по сравнению с карповой родительской

Таблица 5. **Оценка проявления эффекта гетерозиса у годовиков кроссов по величине потери массы тела**
Table 5. **Evaluation of the manifestation of the heterosis effect in one-year-old crosses by the amount of body weight loss**

Кросс	ИГ, %		
	в сравнении с сазаном	в сравнении с карпом	в сравнении со средним значением признака родительских форм
Лахв. х сазан	46,74	72,16	124,00
Три прим х сазан	99,99	93,48	108,00
Сазан х нем.	53,4	-	-
Сазан х юг.	4,35	-	-

Примечание: в таблице представлены лишь кроссы, у которых установлен эффект гетерозиса.

Таблица 6. **Оценка проявления эффекта гетерозиса у кроссов по выживаемости годовиков**
Table 6. **Assessment of the manifestation of the heterosis effect in crosses by the survival rate of yearlings**

Кросс	ИГ, %		
	в сравнении с сазаном	в сравнении с карпом	в сравнении со средним значением признака родительских форм
Лахв.чеш. х сазан	-	2,77	-
Тремл.чеш. х сазан	-	59,12	-
Три прим х сазан	21,29	27,48	27,42
Сазан х лахв.чеш.	-	-	-
Сазан х тремл.чеш.	-	-	-
Сазан х три прим	2,03	7,84	3,77
Нем. х сазан	24,90	99,97	31,86
Юг. х сазан	20,08	39,61	46,67
Сазан х нем.	3,37	15,51	9,10
Сазан х юг.	13,88	72,30	34,16
Сазан х фрес.	14,02	164,37	59,32

формой (9 из 11 комбинаций скрещиваний). Величины установленного эффекта гетерозиса колебались в широких пределах от 2,77 % (лахвинский чешуйчатый х сазан) до 164,37 % (сазан х фресинет). Значительным эффектом гетерозиса по выживаемости годовиков в зимний период также характеризовались кроссы тремлянский чешуйчатый х сазан (59,12 %), немецкий х сазан (99,97 %), югославский х сазан (39,61 %),

сазан х югославский (72,30 %), сазан х фресинет (164,37 %). При сравнении со средними величинами выживаемости двух родительских форм проявление эффекта гетерозиса отмечено у 7 комбинаций скрещиваний. Значительными преимуществами характеризовались кроссы три прим х сазан (27,42 %), немецкий х сазан (31,86 %), югославский х сазан (46,67 %), сазан х югославский (34,16 %), сазан х фресинет (59,32 %).

Для оценки селекционной ценности компонентов скрещивания использовали показатели общей и специфической комбинационной способности (ОКС и СКС). Повышенной специфической комбинационной способностью (СКС) по показателю потери массы тела отличались сочетания три прим х сазан и сазан х немецкий (табл. 7). По выживаемости повышенная СКС отмечена у три прим х сазан, немецкий х сазан, югославский х сазан, сазан х югославский, сазан х фресинет.

Таблица 7. **Оценка СКС у гибридов по рыбохозяйственным показателям годовиков**
Table 7. **Assessment of SCS in hybrids by fishery indicators of yearlings**

Кросс	СКС	
	по потере массы	по выживаемости
Лахв.чеш. х сазан	16,0	-8,1
Тремл.чеш. х сазан	7,4	6,7
Три прим х сазан	5,3	10,5
Сазан х лахв.чеш.	18,7	-20,1
Сазан х тремл.чеш.	7,1	-10,2
Сазан х три прим	4,6	-4,5
Нем. х сазан	5,3	16,6
Юг. х сазан	4,4	32,3
Сазан х нем.	-1,0	0,80
Сазан х юг.	1,0	24,7
Сазан х фрес.	7,5	27,8

Таким образом, оценку результатов зимовки годовиков проводили тремя методами (ранжирование, определение индексов гетерозиса и специфической комбинационной способности).

Представляется интересным сравнить результаты оценки проявления гетерозиса по рыбоводным показателям гибридных годовиков. У восьми кроссов, представленных в табл. 8, отмечено преимущество по разным рыбоводным показателям, выявленным определенным методом оценки. Однако только у кросса отводки изобелинского карпа

три прим с сазаном выявлено преимущество тремя использованными методами, причем как по уровню потери массы тела, так и по выживаемости.

Таблица 8. **Оценка рыбоводных показателей гибридов сазана с карпом разной породной принадлежности**
Table 8. **Assessment of fish-breeding indicators of carp-carp hybrids of different breeds**

Кросс	Ранжирование		ИГ		СКС	
	потеря массы тела	выживаемость	потеря массы тела	выживаемость	потеря массы тела	выживаемость
Лахв.чеш. х сазан	-	-	+	-	-	-
Три прим х сазан	+	+	+	+	+	+
Сазан х лахв. чеш.	+	-	-	-	-	-
Нем. х сазан	-	+	-	+	-	+
Юг. х сазан	-	+	-	+	-	+
Сазан х нем.	+	-	-	-	+	-
Сазан х юг.	-	-	-	+	-	+
Сазан х фр.т	-	-	-	+	-	+

Примечание: знаком + отмечены кроссы, обладающие преимуществом, выявленным тем или иным способом.

Изученные кроссы сазана с карпом разной породной принадлежности составляют четыре группы реципрокных комбинаций скрещиваний: белорусские линии х сазан, сазан х белорусские линии, зарубежные породы карпа х сазан, сазан х зарубежные породы карпа, средние величины потери массы которых, сравнивали с чистопородными коллекционными группами (сазан, белорусские линии, зарубежные породы). Из всех рассмотренных групп кроссов меньше похудели годовики из группы сазан х белорусские линии, некоторыми преимуществами также отличалась группа реципрокных комбинаций, а из чистопородных коллекционных групп зарубежные породы. Повышенным средним уровнем выживаемости годовиков характеризовались группы реципрокных комбинаций сазана с коллекционными породами зарубежной селекции, как по сравнению с чистопородными группами, так и остальными группами гибридов.

Повышенной общей комбинационной способностью характеризовался сазан в реципрокных сочетаниях с коллекционными зарубежными породами (табл. 9).

Таблица 9. **Сравнительная оценка ОКС реципрокных кроссов по рыбохозяйственным показателям**
Table 9. **Comparative assessment of the ACS of reciprocal crosses by fishery indicators**

Варианты комбинаций скрещиваний	ОКС	
	по потере массы тела	по выживаемости
белорусские линии х сазан	-2,5	-1,7
сазан х белорусские линии	-5,5	-20,2
зарубежные породы х сазан	5,4	26,1
сазан х зарубежные породы	2,4	15,4

Заключение. Комплекс рыбоводных показателей, характеризующих результат зимовки годовиков, включает среднюю массу тела, потерю массы и выживаемость.

1. По массе тела отмечены преимущества кроссов сазан х лахвинский чешуйчатый, сазан х фресинет, немецкий х сазан; меньше похудели кроссы сазан х лахвинский чешуйчатый, три прим х сазан, сазан х немецкий; повышенной выживаемостью характеризовались немецкий х сазан, три прим х сазан, югославский х сазан.

2. По сумме показателей потери массы тела и выживаемости значительным преимуществом характеризовался кросс три прим х сазан, а также реципрокные сочетания сазана с немецким карпом.

3. В результате сравнения итогов оценки рыбоводных показателей гибридных годовиков у 8 комбинаций из 11 отмечено преимущество по рыбоводным показателям, однако только у кросса отводки изобелинского карпа три прим с сазаном выявлено преимущество тремя использованными методами, причем как по уровню потери массы тела, так и по выживаемости (34,1 г, 0,9 %, 90,0 % соответственно).

Список использованных источников

1. Кирпичников, В.С. Генетика и селекция рыб / В.С. Кирпичников ; отв. ред. В.А. Струнников. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1987. — 520 с.
2. Мартышев, Ф.Г. Биотехника прудового рыбоводства : учеб. пособие / Ф.Г. Мартышев. — М. : Совет. наука, 1954. — 375 с.

3. Лобченко, В. Рыбоводство: справочная книга рыбовода фермера / В. Лобченко. — Кишинев : Виталис, 2004. — 104 с.
4. Савич, М.В. К вопросу зимоустойчивости сеголетков карпо-сазаньих гибридов разного происхождения / М.В. Савич, Е.Е. Басалкевич // Разведение и выращивание прудовых рыб : сб. науч. тр. ВНИИПРХ / Всерос. науч.-исслед. ин-т пресновод. рыб. хоз-ва. — М., 1977. — Вып. 18. — С. 35–39.
5. Таразевич, Е.В. Селекционно-генетические основы создания и использования белорусских пород и породных групп карпа / Е.В. Таразевич. — Минск : Тонпик, 2009. — 223 с.
6. Книга, М.В. Использование метода совместного выращивания сеголеток кроссов карпа для определения гетерозисного эффекта по рыбохозяйственным показателям / М.В. Книга // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси. — Минск, 2004. — Вып. 20. — С. 116–125.
7. Катасонов, В.Я. Методы комплексной оценки при селекции рыб / В.Я. Катасонов, А.В. Поддубная // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры : сб. науч. тр. / Всерос. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва и океанографии. — М., 2002. — Вып. 78. — С. 141–146.
8. Свечин, К Б. Оценка эффекта гетерозиса в относительных показателях / К.Б. Свечин // Животноводство. — 1967. — № 1. — С. 61–62.
9. Савченко, В.К. Генетический анализ и синтез в практической селекции / В.К. Савченко ; науч. ред. Л.В. Хотылева. — Минск : Наука и техника, 1986. — 95 с.
10. Рокицкий, П.Ф. Статистические показатели для характеристики совокупности / П.Ф. Рокицкий // Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. — Изд. 3-е, испр. — Минск, 1973. — Гл. 2. — С. 24–52.
11. К методике определения рыбохозяйственной ценности отдельных групп рыб методом ранжирования / Е.В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси. — Минск, 2005. — Вып. 21. — С. 45–55.

References

1. Kirpichnikov V.S. *Genetics and selection of fishes*. 2nd ed. Leningrad, Nauka Publ., 1987. 520 p. (in Russian).
2. Martyshev F.G. *Biotechnology of pond fish farming*. Moscow, Sovetskaya nauka Publ., 1954. 375 p. (in Russian).
3. Lobchenko V. *Fish farming: reference book of a fish farmer*. Chisinau, Vitalis Publ., 2004. 104 p. (in Russian).
4. Savich M.V., Basalkevich E.E. On the issue of winter hardiness of fingerlings of carp-sazan hybrids of different origin. *Razvedenie i vyrashchivanie prudovykh ryb: sbornik nauchnykh trudov* [Breeding and cultivation of pond fish: collection of scientific works]. Moscow, 1977, iss. 18, pp. 35–39 (in Russian).
5. Tarazevich E.V. *Breeding and genetic foundations of the creation and use of Belarusian breeds and breed groups of carp*. Minsk, Tonpik Publ., 2009. 223 p. (in Russian).

6. Kniga M.V. Using the method of co-cultivation of underyearlings of carp crosses to determine the heterosis effect according to fishery indicators. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers.* Minsk, 2004, iss. 20, pp. 116–125 (in Russian).
7. Katasonov V Ya., Poddubnaya A.V. Complex assessment methods for fish breeding. *Aktual'nye voprosy presnovodnoi akvakul'tury: sbornik nauchnykh trudov* [Topical issues of freshwater aquaculture: collection of scientific papers]. Moscow, 2002, iss. 78, pp. 141–146 (in Russian).
8. Svechin K.B. Assessment of the effect of heterosis in relative terms. *Zhivotnovodstvo* [Animal Husbandry], 1967, no. 1, pp. 61–62 (in Russian).
9. Savchenko V.K. *Genetic analysis and synthesis in practical breeding.* Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1986. 95 p. (in Russian).
10. Rokitskii P.F. Statistical indicators for the characteristics of the population. *Biologicheskaya statistika* [Biological statistics]. 3rd ed. Minsk, 1973, pp. 24–52 (in Russian).
11. Tarazevich E.V., Prokhorchik G.A., Kniga M.V., Us A.P., Dudarenko L.S., Semenov A.P., Sazanov V.B., Vashkevich L.M. To the methodology for determining the fishery value of individual groups of fish by the ranking method. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers.* Minsk, 2005, iss. 21, pp. 45–55 (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

Information about the authors

Tatiana A. Sergeeva — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tasergeeva@tut.by

УДК 639.371.5-577.11

Поступила в редакцию 02.05.2023
Received 02.05.2023

Т.А. Сергеева

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

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЫШЦ ДВУХЛЕТКОВ РЕЦИПРОКНЫХ КРОССОВ АМУРСКОГО САЗАНА С КАРПОМ РАЗНОЙ ПОРОДНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Аннотация. В статье представлены данные по биохимическому составу (содержанию сухого вещества, влаги, жира, протеина и минеральных веществ) в мышцах двухлетков кроссов амурского сазан с карпом разной породной принадлежности из коллекционного стада, сформированного в Беларуси. Установлены сочетания, характеризующиеся повышенными уровнями содержания сухого вещества, жира, протеина по сравнению со средним значением показателей всех кроссов, а также их родительскими формами (амурским сазаном и карпом), выращенных в одинаковых условиях.

Ключевые слова: амурский сазан, карп (линии), двухлетки, сухое вещество, жир, протеин, минеральные вещества

Tatiana A. Sergeeva

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

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF THE MUSCLES OF TWO-YEAR-OLDS OF RECIPROCAL CROSSES OF THE AMUR CARP WITH CARP OF DIFFERENT BREEDS

Abstract. The article presents data on the biochemical composition (dry matter content, moisture, fat, protein and minerals) in the muscles of two-year-old crosses of the Amur sazan with carp of different breeds from a collection

herd formed in Belarus. Combinations have been established that are characterized by increased levels of dry matter, fat, protein compared with the average value of the indicators of all crosses, as well as their parental forms (Amur carp and carp) grown under the same conditions.

Keywords: carp, wild Amur carp (sazan), two-year-olds, dry matter, fat, protein, minerals breed, hybrid, biochemical composition

Введение. Повсеместно нарастающий интерес к исследованию биохимии рыб определяется их огромным хозяйственным значением в качестве источника пищевого белка и для человека и сельскохозяйственных животных. Известно, что из общего количества белка, потребляемого человечеством, наземные системы дают 98 %, а водные 2 %, то есть, почти в 50 раз меньше [1]. По мере увеличения численности населения планеты потребности в животном белке будут постоянно возрастать. 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 [2].

Материал и методы исследований. Формирование коллекционного генофонда пород карпа белорусской и зарубежной селекции проводятся на базе селекционно-племенного участка «Изобелино» Молодечненского района Минской области.

В настоящее время в Республике Беларусь выведено три собственные породы карпа, включающие 8 различных линий. Кроме того, имеется коллекционный генофонд, где в небольших количествах представлены пять адаптированных пород карпа европейской селекции, которые были завезены в виде трехсуточных заводских личинок из сопредельных республик, а также амурский сазан ханкайской популяции девятого и десятого поколений [3]. Имеющийся генофонд позволяет получать реципрокные кроссы амурского сазана с карпом разной породной принадлежности и сравнивать их по различным показателям, в том числе, определяющим пищевую ценность товарной рыбы, включая биохимический состав мышц двухлетков.

Объектами исследований являлись двухлетки кроссов амурского сазана с коллекционными линиями белорусской и зарубежной селекции, а также чистопородных родительских форм

Технологические приемы выращивания младших возрастных групп кроссов, амурского сазана и карпа разной породной принадлежности соответствовали общепринятым методам [4, 5]. Двухлетков, после серийного механического мечения каждого кросса выращивали совместно в одном пруду, то есть все опытные кроссы находились в одних гидрохимических условиях. Для исследования биохимического состава мышц кроссов и карпа разной породной принадлежности были отобраны по 10 экз. модального по массе тела класса. Анализы каждого показателя проводили в трехкратной повторности. Биохимический состав тела определяли по методике к прибору «FoodScan 2Lab/Pro» [6].

Комплексную оценку биохимического состава мышц опытных кроссов проводили методом ранжирования [7]. Статистическую обработку собранного материала проводили общепринятыми методами [8]. Все результаты, полученные в ходе многочисленных опытов и экспериментов, обработаны биометрически в пакете EXCEL. Достоверность различий определяли с помощью нормированного отклонения (t). При определении достоверности различий использовании критерии значимости: $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$ [9].

Обсуждение результатов исследований. Содержание сухого вещества в мышцах двухлетков реципрокных кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности в среднем составило 23,18 % (табл. 1). Максимальный уровень данного показателя (24,59 %) отмечен у кросса амурский сазан х три прим (отводка изобелинского карпа), минимальный у кросса немецкий карп х амурский сазан (22,37 %).

Таблица 1. **Биохимический состав мышц двухлетков реципрокных кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности ($\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$)**
Table 1. **Biochemical composition of the muscles of two-year-old reciprocal crosses of the Amur carp with carp of different breeds ($\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$)**

Кросс	Содержание %				
	Влага	Сухое вещество	Зола	Жир	Протеин
Кроссы					
Лахв. чеш. х сазан	77,27±0,33	22,73±0,33	2,13±0,16	5,56±0,21	17,79±0,31
Сазан х лахв. чеш.	77,56±0,27	22,44±0,27	2,69±0,13	6,78±0,46	17,59±0,25
Тремл. чеш. х сазан	76,19±0,47	23,81±0,47	1,95±0,13	6,73±0,48	18,15±0,32
Сазан х тремл. чеш.	76,98±0,20	23,02±0,20	1,88±0,19	5,80±0,22	17,88±0,25
Три прим х сазан	76,02±0,42	23,98±0,42	2,62±0,21	8,23±0,56	18,03±0,20

Продолжение табл. 1

Кросс	Содержание %				
	Влага	Сухое вещество	Зола	Жир	Протеин
Сазан х три прим	75,41±0,29	24,59±0,29	2,66±0,27	8,65±0,46	18,21±0,17
$\bar{X}$ сазан х белорусские линии	76,65±0,15	23,35±0,15	2,46±0,12	7,24±0,22	17,89±0,13
$\bar{X}$ белорусские линии х амурский сазан	76,49±0,24	23,51±0,24	2,26±0,11	6,36±0,22	17,99±0,16
$\bar{X}$ кроссы сазана с белорусскими линиями	76,57±0,16	23,43±0,13	2,32±0,07	7,54±0,17	17,94±0,10
Юг. х сазан	76,84±0,22	23,16±0,22	1,75±0,19	6,00±0,33	18,30±0,15
Сазан х юг.	77,26±0,40	22,74±0,40	1,92±0,20	6,08±0,21	17,75±0,30
Нем. х сазан	77,63±0,32	22,37±0,32	1,62±0,17	5,77±0,31	17,67±0,24
Сазан х нем.	76,89±0,26	23,12±0,26	2,25±0,20	6,19±0,40	17,27±0,38
Сазан х фрес.	76,92±0,75	23,08±0,75	2,00±0,18	6,92±0,22	18,06±0,24
$\bar{X}$ сазан х зарубежные породы	77,23±0,16	22,76±0,08	1,68±0,11	5,88±0,19	17,98±0,12
$\bar{X}$ зарубежные породы х амурский сазан	77,12±0,14	22,85±0,16	1,87±0,07	6,14±0,12	17,53±0,10
$\bar{X}$ гибриды с зарубежными породами	76,80±0,11	23,18±0,11	2,05±0,06	6,84±0,11	17,75±0,02
$\bar{X}$ всех гибридов	76,80±0,11	23,18±0,22	2,09±0,06	6,84±0,11	17,73+0,02
Родительские формы					
Сазан	76,49±0,65	23,51±0,65	2,09±0,29	6,36±0,65	17,93±0,37
Лахв. чеш.	77,70±0,14	22,30±0,14	3,32±0,35	5,58±0,39	16,71±0,19
Тремл. чеш.	77,42±0,31	22,58±0,31	2,75±0,41	5,92±0,41	16,85±0,16
Три прим	78,08±0,35	21,92±0,35	1,79±0,13	5,43±0,27	16,66±0,16
$\bar{X}$ белорусские линии	76,42±0,20	22,58±0,12	2,49±0,13	5,82±0,23	17,04±0,12
Нем.	78,63±0,33	21,38±0,33	2,66±0,21	5,19±0,32	16,10±0,18
Юг.	77,50±0,19	22,50±0,19	2,77±0,27	5,76±0,28	16,55±0,22

Окончание табл. 1

Кросс	Содержание %				
	Влага	Сухое вещество	Зола	Жир	Протеин
Фрес.	78,27±0,32	21,73±0,32	2,35±0,21	4,71±0,34	16,74±0,26
$\bar{X}$ **зарубежные породы**	78,13±0,15	21,87±0,15	2,59±0,12	5,22±0,17	16,46±0,11

Примечание: здесь и далее в таблицах приняты сокращения: сазан — амурский сазан из коллекционного стада, лахв. чеш. — чешуйчатая линия карпа «Лахвинский», тремл. чеш. чешуйчатая линия карпа «Тремлянский», три прим — зеркальная отводка карпа «Изобелинский», нем. — карп «Немецкий», юг. — карп «Югославский», фрес. — карп породы Фресинет.

Таблица 2. **Коэффициент вариации биохимического состава мышц двухлетков реципрокных кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности (Cv, %)**
Table 2. **The coefficient of variation of the biochemical composition of the muscles of two-year-old reciprocal crosses of the Amur carp with carp of different breeds (Cv, %)**

Кросс	Коэффициент вариации, %				
	Влага	Сухое вещество	Зола	Жир	протеин
Кроссы					
Лахва чеш. х сазан	1,36	4,64	23,80	11,77	5,51
Сазан х лахв. чеш.	1,08	3,74	15,67	21,22	4,46
Тремля чеш. х сазан	1,97	6,31	21,73	22,47	5,66
Сазан х тремля чеш.	0,84	2,81	42,04	12,24	4,48
Три прим х сазан	1,76	5,58	25,17	21,51	3,48
Сазан х три прим	1,21	3,71	37,82	16,73	2,93
$\bar{X}$ **сазан х белорусские линии**	1,04	3,42	26,51	16,23	3,96
$\bar{X}$ **белорусские линии х амурский сазан**	1,70	5,51	23,57	18,58	4,88
$\bar{X}$ **кроссы сазана с белорусскими линиями**	1,37	4,46	25,04	17,65	4,42
Юг. х сазан	0,95	3,14	35,10	18,03	2,80
Сазан х юг.	1,72	5,85	34,21	11,43	5,64
Нем. х сазан	1,32	4,58	34,09	16,81	4,35
Сазан х нем.	1,05	3,49	27,94	20,43	7,00
Сазан х фрес.	2,19	7,29	19,75	6,97	2,93

Окончание табл. 1

Кросс	Коэффициент вариации, %				
	Влага	Сухое вещество	Зола	Жир	протеин
$\bar{X}$ **сазан х зарубежные породы**	1,65	5,54	27,30	12,94	5,19
$\bar{X}$ **зарубежные породы х амурский сазан**	1,13	1,86	34,52	17,42	3,57
$\bar{X}$ **гибриды с зарубежными породами**	1,39	5,40	30,94	15,18	4,38
$\bar{X}$ **всех гибридов**	1,54	4,93	27,99	16,41	4,40
Родительские формы					
Сазан	**2,67**	**8,70**	**34,10**	**32,28**	**6,61**
Лахв. чеш.	0,58	2,02	33,36	22,33	3,58
Тремл. чеш.	1,27	4,37	20,10	22,02	2,91
Три прим	2,06	7,36	32,44	23,03	4,30
$\bar{X}$ **белорусские линии**	1,64	5,61	32,50	24,91	4,35
Нем.	1,33	4,87	25,20	19,77	2,59
Юг.	0,63	2,18	26,28	12,93	3,59
Фрес.	1,23	4,41	26,11	21,86	4,66
$\bar{X}$ **зарубежные породы**	1,06	3,32	25,86	18,19	3,61

Вариабельность содержания сухого вещества в мышцах двухлетков небольшая с коэффициентами вариации 1,86–7,29 %, табл. 2. Это обусловило отсутствие статистически достоверных отклонений между кроссами. Статистически значимое отклонение в сторону увеличения по содержанию сухого вещества от среднего уровня этого показателя отмечено лишь у кросса сазан х три прим, табл. 3.

Содержание сухого вещества у кроссов близко по величине к амурскому сазану из белорусского коллекционного стада. У кроссов, для получения которых амурский сазан использован в качестве материнского и отцовского компонентов скрещиваний, статистически значимых отклонений по содержанию сухого вещества от чистого сазана не установлено, табл. 4 и 5.

В целом, у чистопородных родительских форм карпа прослеживается тенденция к снижению содержания сухого вещества по сравнению с кроссами, однако отмеченные отклонения в основном статистически не достоверны. В двух вариантах кроссов, для получения

которых карп был использован в качестве материнского компонента скрещиваний, установлены статистически значимые отклонения по содержанию сухого вещества (три прим х сазан от отводки три прим и югославский х сазан от югославского карпа) в сторону увеличения. Статистически значимые отклонения в сторону увеличения от карповой отцовской формы установлены у кроссов сазан х три прим и сазан х немецкий. Соответственно, кроссы с повышенным содержанием сухого вещества характеризуются пониженным содержанием влаги.

Таблица 3. **Оценка статистической достоверности отклонений биохимических показателей двухлетков кроссов сазана с карпом от среднего значения показателей всех гибридов**
Table 3. **Evaluation of statistical significance of deviations of biochemical parameters of two-year-old crosses of common carp with carp from the average value of indicators of all hybrids**

Происхождение	Сухое вещество		Зола		Жир		Протеин	
	t	P	t	P	t	P	t	P
Лахв.чеш. х сазан	1,13	>0,1	0,23	>0,1	5,39	<0,001	0,19	>0,1
Тремл.чеш. х сазан	1,21	>0,1	0,98	>0,1	0,22	>0,1	1,31	>0,1
Три прим х сазан	1,64	>0,1	2,46	<0,05	2,43	<0,05	1,49	>0,1
$\bar{x}$ белорусские линии х амурский сазан	1,01	>0,1	0,67	>0,1	2,47	<0,05	1,61	>0,1
Сазан х лахв.чеш.	2,12	<0,1	3,79	<0,01	0,13	>0,1	0,56	>0,1
Сазан х тремл.чеш.	0,54	>0,1	1,05	>0,1	4,23	<0,01	0,59	>0,1
Сазан х три прим	0,87	>0,1	2,06	<0,1	3,83	<0,01	2,80	<0,02
$\bar{x}$ белорусские линии х амурский сазан	0,64	>0,1	2,76	=0,02	1,63	>0,1	1,22	>0,1
Нем. х сазан	2,09	<0,1	2,01	<0,1	3,47	<0,01	0,25	>0,1
Юг. х сазан	0,06	>0,1	1,71	>0,1	2,41	<0,05	3,77	<0,01
$\bar{x}$ зарубежные породы х сазан	1,21	>0,1	2,34	<0,05	4,30	<0,01	1,96	<0,1
Сазан х нем.	0,18	>0,1	0,77	>0,1	1,57	>0,1	1,21	>0,1
Сазан х юг.	0,96	>0,1	0,81	>0,1	3,21	<0,01	0,07	>0,1
Сазан х фрес.	0,13	>0,1	0,47	>0,1	0,33	>0,1	1,37	>0,1
$\bar{x}$ сазан х зарубежные породы	1,79	>0,1	3,27	<0,01	4,37	<0,01	2,05	<0,1

Примечание: t — нормированное отклонение, P — уровень значимости.

Таблица 4. **Оценка статистической достоверности отклонений биохимических показателей двухлетков кроссов сазана с карпом от материнского компонента скрещиваний**

Table 4. **Evaluations of the statistical significance of deviations of biochemical parameters of two-year-old carp-carp crosses from the maternal component of crosses**

Происхождение	Сухое вещество		Зола		Жир		Протеин	
	t	P	t	P	t	P	t	P
Лахв. чеш. х сазан	1,19	>0,1	3,09	<0,02	0,05	>0,1	2,97	<0,02
Тремл. чеш. х сазан	0,34	>0,1	1,86	<0,1	1,28	>0,1	3,63	<0,01
Три прим х сазан	3,77	<0,01	3,36	<0,01	4,50	<0,01	5,35	<0,001
$\bar{X}$ белорусские линии х амурский сазан	3,47	<0,01	1,47	>0,1	1,74	>0,1	4,75	<0,001
Сазан х лахв. чеш.	1,52	>0,1	1,89	<0,1	0,53	>0,1	0,76	>0,1
Сазан х тремл. чеш.	0,73	>0,1	0,61	>0,1	0,82	>0,1	0,11	>0,1
Сазан х три прим	1,52	>0,1	1,44	>0,1	2,88	<0,02	0,69	>0,1
$\bar{X}$ белорусские линии х амурский сазан	0,28	>0,1	1,18	>0,1	1,28	>0,1	0,10	>0,1
Нем. х сазан	2,15	<0,1	3,85	<0,01	1,30	>0,1	5,23	<0,001
Юг. х сазан	2,27	<0,05	3,09	<0,02	0,55	>0,1	6,57	<0,001
$\bar{X}$ зарубежные породы х сазан	4,47	<0,01	5,18	<0,001	4,42	<0,01	7,19	<0,001
Сазан х нем.	0,56	>0,1	0,45	>0,1	0,22	>0,1	1,24	>0,1
Сазан х юг.	1,01	>0,1	0,48	>0,1	0,41	>0,1	0,38	>0,1
Сазан х фрес.	0,43	>0,1	0,26	>0,1	0,82	>0,1	0,29	>0,1
$\bar{X}$ сазан х зарубежные породы	1,15	>0,1	1,32	>0,1	0,71	>0,1	0,29	>0,1

Содержание влаги в мышцах двухлетков кроссов в среднем составило 76,80 %. Соотношение между кроссами и родительскими формами соответствует содержанию сухого вещества, поскольку данные показатели обратно пропорциональны.

Содержание минеральных веществ (золы) в мышцах двухлетков опытных кроссов в среднем составило 3,09 %, с колебаниями от 1,75 % (югославский х сазан) до 2,69 % (сазан х лахвинский чешуйчатый). Данный показатель характеризовался высокой степенью изменчивости, со средним коэффициентом вариации 27,99 %, который варьировал от 15,67 % (сазан х лахвинский чешуйчатый) до 42,04 % (сазан х тремлянский чешуйчатый). При сравнении содержания минеральных веществ

Таблица 5. **Оценка статистической достоверности отклонений биохимических показателей двухлетков кроссов сазана с карпом от отцовского компонента скрещиваний**
Table 5. **Evaluations of the statistical significance of deviations of biochemical parameters of two-year-old carp-carp crosses from the paternal component of crosses**

Происхождение	Сухое вещество		Зола		Жир		Протеин	
	t	P	t	P	t	P	t	P
Лахв.чеш. х сазан	1,07	>0,1	0,12	>0,1	1,17	>0,1	0,29	>0,1
Тремл.чеш. х сазан	0,37	>0,1	0,44	>0,1	0,46	>0,1	0,45	>0,1
Три прим х сазан	0,61	>0,1	1,48	>0,1	2,18	<0,1	0,24	>0,1
$\bar{X}$ белорусские линии х сазан	0,00	>0,1	0,55	>0,1	0,00	>0,1	0,15	>0,1
Сазан х лахв.чеш.	0,46	>0,1	1,69	>0,1	1,99	>0,1	2,80	<0,02
Сазан х тремл.чеш.	0,01	>0,1	1,93	<0,1	0,26	>0,1	3,47	<0,01
Сазан х три прим	5,87	<0,001	2,90	<0,02	6,04	<0,001	6,64	<0,001
$\bar{X}$ сазан х белорусские линии	4,01	<0,01	0,17	>0,1	4,46	<0,01	4,80	<0,001
Нем. х сазан	1,57	>0,1	0,69	>0,1	0,82	>0,1	0,59	>0,1
Юг. х сазан	0,51	>0,1	0,50	>0,1	0,49	>0,1	0,93	>0,1
$\bar{X}$ зарубежные породы х сазан	0,99	>0,1	0,34	>0,1	0,33	>0,1	1,04	>0,1
Сазан х нем.	4,14	<0,01	1,41	>0,1	1,95	<0,1	2,78	≈0,02
Сазан х юг.	0,54	>0,1	2,53	<0,05	0,91	>0,1	3,23	<0,01
Сазан х фрес.	1,66	>0,1	1,27	>0,1	5,46	<0,001	3,73	<0,01
$\bar{X}$ сазан х зарубежные породы	5,24	<0,001	5,59	<0,001	2,59	<0,05	9,34	<0,001

у отдельных кроссов со среднем уровнем данного показателя, установлены статистически значимые отклонения лишь для комбинаций три прим х сазан (в сторону увеличения) и немецкий х сазан (в сторону уменьшения). Отклонения содержания минеральных веществ у реципрокных кроссов, полученных от сазана, использованного в качестве как материнского, так и отцовского компонентов скрещивания от чистого сазана не значительны и статистически не достоверны. Отклонения содержания минеральных веществ кроссов от карповой родительской формы, использованной в качестве материнского компонента скрещиваний, установлены у сочетаний лахвинский чешуйчатый х са-

зан (в сторону увеличения) и у кроссов немецкий х сазан и югославский х сазан (в сторону снижения). У кроссов сазан х три прим отмечено статистически значимое повышение содержания минеральных веществ по сравнению с отводкой изобелинского карпа три прим, а у кросса сазан х югославский, наоборот снижение по сравнению с карповой родительской формой (югославский).

Среднее содержание жира у всех изученных кроссов составило 6,84 %, с колебаниями от 5,56 % (лахвинский чешуйчатый х сазан) до 8,65 % (сазан х три прим). Данный показатель относится к признакам со средней и сильной степенью изменчивости с коэффициентами вариации у кроссов от 12,24 до 22,47 %. Статистически значимые отклонения содержания жира в мышцах двухлетков кроссов от средней величины этого показателя в сторону увеличения установлены у реципрокных комбинаций отводки изобелинского карпа три прим с амурским сазаном, в сторону снижения содержания жира у лахвинский чешуйчатый х сазан, сазан х тремлянский чешуйчатый, немецкий х сазан, югославский х сазан и сазан х югославский. Статистически достоверное отклонение содержания жира у кроссов, где сазан был использован в качестве материнского компонента от чистого сазана установлено лишь у сочетания сазан х три прим, а у реципрокной комбинации, где сазан был использован в качестве отцовского компонента скрещиваний достоверных отклонений от сазана не установлено. Статистически достоверное отклонение содержания жира у кросса по сравнению с карповой родительской формой (в сторону увеличения) установлено у реципрокных комбинаций отводки изобелинского карпа три прим и сазана.

Содержание протеина в мышцах двухлетков опытных кроссов составило 17,73 %. Максимальной величиной данного показателя (18,30 %) отличался кросс югославский х сазан, минимальной (17,27 %) сазан х немецкий. Судя по величине коэффициентов вариации (2,80–7,00 %), данный показатель характеризуется низкой степенью изменчивости. Статистически значимые отклонения от средней величины содержания белков в мышцах двухлетков изученных кроссов отмечены у кроссов сазан х три прим и югославский х сазан (в сторону увеличения). Величина данного показателя у сазана составила 17,73 %. Показатели кроссов, где сазан был использован в качестве материнского и отцовского компонента скрещиваний, не значительно отклонялись от сазана (статистически значимых отклонений не установ-

лено). При сравнении содержания протеина у опытных кроссов с карповой родительской формой, использованной как в качестве материнского, так и отцовского компонентов скрещиваний, наблюдались статистически значимые отклонения в сторону повышения содержания протеина.

Комплексная оценка биохимического состава мышц двухлетков опытных кроссов представлена в табл. 6.

Таблица 6. **Ранжирование реципрокных кроссов сазана с карпом по показателям биохимического состава мышц двухлетков**
Table 6. **Ranking of reciprocal crosses of common carp with carp in terms of the biochemical composition of the muscles of two-year-olds**

Кросс	Ранг				Σ рангов	Средний ранг
	сухое вещество	зола	жир	протеин		
Лахв.чеш. х сазан	10	4	11	7	32	0,73
Сазан х лахв. чеш.	11	1	4	10	26	0,59
Тремл.чеш. х сазан	3	7	5	3	18	0,41
Сазан х тремл. чеш.	8	8	9	6	31	0,70
Три прим х сазан	2	2	2	3	9	0,20
Сазан х три прим	1	3	1	2	7	0,16
Юг. х сазан	5	10	8	1	24	0,54
Сазан х юг.	9	8	7	8	31	0,70
Нем. х сазан	4	11	10	9	34	0,77
Сазан х нем.	6	5	6	11	27	0,61
Сазан х фрес.	8	6	3	4	21	0,48

Судя по сумме и среднему рангу четырех показателей биохимического состава мышц двухлетков (содержание сухого вещества, минеральных веществ, жира и протеина) значительными преимуществами характеризовались реципрокные сочетания амурского сазана с отводкой изобелинского карпа три прим.

Сравнение средних групповых показателей биохимического состава двухлетков реципрокных кроссов показывает, что по сумме рассмотренных признаков реципрокные кроссы, полученные от скрещивания амурского сазана с коллекционными линиями карпа белорусской селекции, обладали некоторым преимуществом по сравнению с кроссами, полученными от коллекционных пород зарубежной селекции, табл. 7.

Таблица 7. **Ранжирование средних групповых показателей состава мышц двухлетков реципрокных кроссов сазана**
Table 7. **Ranking of average group indicators of muscle composition of two-year-olds of reciprocal crosses of carp**

Кросс	Ранг				Σ рангов	Средний ранг
	Сухое вещество	зола	жир	протеин		
$\overline{X}$ сазан х белорусские линии	2	1	1	3	7	0,44
$\overline{X}$ белорусские линии х амурский сазан	1	2	2	1	6	0,37
$\overline{X}$ сазан х зарубежные породы	4	4	3	2	13	0,81
$\overline{X}$ зарубежные породы х амурский сазан	3	3	4	4	14	0,87

Заключение. Имеющийся в Республике генофонд карпа позволяет исследовать реципрокные кроссы амурского сазана с карпом разной породной принадлежности и сравнивать их по различным показателям, в том числе, определяющим пищевую ценность товарной рыбы, включая биохимический состав мышц двухлетков.

1. Содержание сухого вещества в мышцах двухлетков опытных кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности в среднем составило 23,18 %. Максимальный уровень данного показателя (24,59 %) отмечен у кросса амурский сазан х три прим (отводка карпа «Изобелинский»), минимальный у кросса карп «Немецкий» х амурский сазан (22,37 %). У кроссов, для получения которых амурский сазан использован в качестве материнского и отцовского компонентов скрещиваний, статистически значимых отклонений по содержанию сухого вещества от чистого сазана не установлено. Статистически значимые отклонения в сторону увеличения от карповой отцовской формы установлены у кроссов сазан х три прим и сазан х немецкий.

2. Содержание минеральных веществ (золы) в мышцах двухлетков опытных кроссов в среднем составило 2,09 %, с колебаниями от 1,62 % (немецкий х сазан) до 2,69 % (сазан х лахвинский чешуйчатый). У кроссов сазан х три прим отмечено статистически значимое повышение содержания минеральных веществ по сравнению с три прим (отводка карпа «Изобелинский»).

3. Среднее содержание жира у всех изученных кроссов составило 6,84 %, с колебаниями от 5,56 % (лахвинский чешуйчатый х сазан) до 8,65 % (сазан х три прим). Статистически достоверное отклонение со-

держания жира у кроссов, где сазан был использован в качестве материнского компонента от чистого сазана установлено лишь у сочетания сазан х три прим (отводка карпа «Изобелинский»). Статистически достоверное отклонение содержания жира у кросса по сравнению с карповой родительской формой (в сторону увеличения) установлено у реципрокных комбинаций три прим (отводка карпа «Изобелинский») и сазана.

4. Содержание протеина в мышцах двухлетков опытных кроссов составило 17,73 %. Максимальной величиной данного показателя (18,30 %) отличался кросс югославский х сазан, минимальной (17,27 %) сазан х немецкий. Показатели кроссов, где сазан был использован в качестве материнского и отцовского компонента скрещиваний, не значительно отклонялись от сазана. При сравнении содержания протеина у опытных кроссов с карповой родительской формой, использованной как в качестве материнского, так и отцовского компонентов скрещиваний, наблюдались статистически значимые отклонения в сторону повышения содержания протеина.

5. В результате комплексной оценки биохимического состава мышц двухлетков методом ранжирования четырех показателей биохимического состава мышц двухлетков (содержание сухого вещества, минеральных веществ, жира и протеина) установлено, что значительными статистически значимыми преимуществами характеризовались реципрокные сочетания амурского сазана с отводкой карпа «Изобелинский» три прим. В результате сравнения средних групповых показателей биохимического состава двухлетков реципрокных кроссов установлено, что по сумме рассмотренных признаков реципрокные кроссы, полученные от скрещивания амурского сазана с коллекционными линиями карпа белорусской селекции, обладали некоторым преимуществом по сравнению с кроссами, полученными от коллекционных пород зарубежной селекции.

Список использованных источников

1. Краюшкина, Л.С. Обмен веществ и биохимия рыб / Л.С. Краюшкина. — М. : Наука, 1987. — С. 65–73.
2. Катасонов, В.Я. Селекция рыб с основами генетики : учеб. пособие / В.Я. Катасонов, Б.И. Гомельский ; ред. С. Н. Шестак. — М. : Агропромиздат, 1991. — 208 с.
3. Проблема сохранения генофонда карпов в Республике Беларусь / Е.В. Таразевич [и др.] // Проблемы интенсификации производства продуктов жи-

вотноводства : тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. (9–10 окт. 2008 г.) / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству ; редкол.: И.П. Шейко [и др.]. — Жодино, 2008. — С. 118–119.
4. Технологическая инструкция по разведению племенного карпа белорусской селекции / разраб.: Е.В. Таразевич [и др.] // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси ; сост.: В.В. Кончиц [и др.] ; ред. В. В. Кончиц. — Минск, 2006. — С. 6–14.
5. Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре / Всерос. науч.-исслед. ин-т пресновод. рыб. хоз-ва ; под общ. ред. А.М. Багрова. — М. : ВНИРО, 2001. — 242 с.
6. Анализатор мяса рыбы FoodScan™ 2 [Электронный ресурс] // FOSS. — Режим доступа: https://www.fossanalytics.com/ru-ru/products/olivescan-2. — Дата доступа: 01.06.2023.
7. Оценка семей 7-го поколения селекционной отводки столин XVIII методом ранжирования / Е.В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси. — Минск, 2004. — Вып. 20. — С. 125–129.
8. Рокицкий, П.Ф. Статистические показатели для характеристики совокупности / П. Ф. Рокицкий // Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. — Изд. 3-е, испр. — Минск, 1973. — Гл. 2. — С. 24–52.
9. Слуцкий, Е.С. Фенотипическая изменчивость рыб (селекционный аспект) / Е.С. Слуцкий // Известия / Гос. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хозва. — Л., 1978. — Т. 134 : Изменчивость рыб / под ред. Г. Г. Савостьяновой. — С. 3–132.

References

1. Krayushkina L.S. *Metabolism and biochemistry of fish*. M.: Nauka, 1987. pp. 65–73 (in Russian).
2. Katasonov V.Ya., Gomel'skii V. I. *Fish breeding with the basics of genetics*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1991. 208 p. (in Russian).
3. Tarazevich E.V., Kniga M.V., Semenov A.P., Shumak V.V. The problem of preserving the carp gene pool in the Republic of Belarus. *Problemy intensifikatsii proizvodstva produktov zhivotnovodstva: tezisy dokladov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (9–10 oktyabrya 2008 g.)* [Problems of intensification of livestock production: abstracts of reports of the International scientific and practical conference (October 9–10, 2008)]. Zhodino, 2008, pp. 118–119 (in Russian).
4. Technological instruction for breeding breeding carp of the Belarusian selection. *Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture v Belarusi* [Collection of scientific-technological and methodical documentation on aquaculture in Belarus]. Minsk, 2006, pp. 6–14 (in Russian).
5. Bagrov A.M. (ed.). *Collection of scientific, technological and methodological documentation on aquaculture*. Moscow, All-Russian Research Institute of Fisheries, 2001. 242 p. (in Russian).

6. FoodScan™ 2 Fish Analyser. *FOSS*. Available at: https://www.fossanalytics.com/en/products/foodscan-fish-analyser#:~:text=The%20FoodScan%E2%84%A2%202%20Fish,material%20to%20final%20product%20control (accessed 12.02.2023).
7. Tarazevich E.V., Kniga M.V., Prokhorchik G.A., Us A.P., Chimbur I.V., Dudarenko L.S. Evaluation of families of the 7th generation of selective layering of stolin XVIII by the ranking method. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers*. Minsk, 2004, iss. 20, pp. 125–129 (in Russian).
8. Rokitskii P.F. Statistical indicators for the characteristics of the population. *Biologicheskaya statistika* [Biological statistics]. 3rd ed. Minsk, 1973, pp. 24–52 (in Russian).
9. Slutskii E.S. Phenotypic variability of fish (breeding aspect). *Izvestiya Gosudarstvennogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ozernogo i rechnogo rybnogo khozyaistva. T. 134. Izmenchivost' ryb* [News of the State Research Institute of Lake and River Fisheries. Vol. 134. Variability of fish]. Leningrad, 1978, 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

Information about the authors

Tatiana A. Sergeeva — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tasergeeva@tut.by

УДК 639.3.032:639.371.52

Поступила в редакцию 02.05.2023
Received 02.05.2023

Т.А. Сергеева, М.В. Книга, О.Н. Вишневская, И.А. Орлов, А.Ю. Крук, С.А. Сумаревич, Т.Ф. Войтюк, А.С. Баянков

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

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКСТЕРЬЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВУХЛЕТКОВ РЕЦИПРОКНЫХ ГИБРИДОВ АМУРСКОГО САЗАНА С КАРПОМ РАЗНОЙ ПОРОДНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Аннотация. Проведено исследование экстерьерных показателей реципрокных кроссов, полученных от амурского сазана, с линиями карпа разной породной принадлежности белорусской и зарубежной селекции, которые включены в состав коллекционного стада СПУ «Изобелино». В результате изучения показателей телосложения кроссов сазана с карпом выявлены комбинации, характеризующиеся повышенными значениями коэффициента упитанности, широко- и высокоспинности, которые представляют ценность для выращивания их в прудовых хозяйствах. Установлено, что гибридное потомство имеет экстерьер промежуточный между исходными родительскими формами: кроссы между амурским сазаном и карпом отечественных и европейских пород характеризуются повышенными показателями упитанности и высокоспинности по сравнению с амурским сазаном, но уступают отселекционированным на увеличение высокоспинности породам. Преимуществами по комплексу экстерьерных признаков характеризуются реципрокные сочетания сазана и лахвинского карпа, сазан х тремлянский чешуйчатый, сазан х немецкий, три прим х сазан.

Ключевые слова: карп, сазан, кросс, двухлеток, экстерьер, масса тела

Tatiana A. Sergeeva, Maria V. Kniga, Olga N. Vishneuskaya, Ivan A. Orlov, Anastasiya Yu. Kruk, Svetlana A. Sumarevich, Tatyana F. Voytyuk, Anton S. Bayankov

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

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF EXTERIOR INDICATORS OF TWO-YEAR-OLD WILD AMUR CARP (SAZAN) AND DIFFERENT BREED CARP RECIPROCATING CROSSES

Abstract. A study was made of the exterior indicators of reciprocal crosses obtained from the wild Amur carp, originating from the Khankai population, with carp lines of different breeds of Belarusian and foreign selection, which are included in the collection herd of the Isobelino selection and breeding plot. As a result of studying the indicators of the physique of sazan with carp crosses, combinations were identified that are characterized by increased values of the coefficient of fatness, broad and high back, which are valuable for growing them in pond farms. Hybrid offspring has an exterior intermediate between the original parental forms: crosses between the wild Amur carp and carp of Belorussian and European breeds are characterized by increased indicators of fatness and high back compared to the wild Amur carp, but it's are inferior to breeds selected for an increase in high back. Reciprocal combinations of sazan and Lakhvin carp, sazan x Tremlyansky scaly carp, sazan x German carp, three prim carp x sazan are characterized by advantages in terms of a complex of exterior features.

Keywords: carp, wild Amur carp (sazan), hybrid, two-year-old, exterior

Введение. Существующий уровень фенотипической изменчивости в определенной степени создается теми условиями, в которых оказываются развивающиеся особи, формирующие свой фенотип на основе наследственно приобретенного генотипа [1]. Рассмотренные в работе фенотипические признаки, описывающие экстерьер, являются количественными (непрерывно варьирующими). Результаты анализа признаков с непрерывной изменчивостью характеризуют не отдельные особи, а их группы в данном случае кроссы амурского сазана с карпом разной породной принадлежности. В основе генетического анализа непрерывно варьирующих признаков лежит представление о том, что их величина зависит как от наследственных факторов, так и от условий окружающей среды [2, 3].

В настоящее время наряду с рыбоводными показателями, в конечном итоге обеспечивающими экономическую эффективность все большее значение приобретает товарный вид выращенной рыбы. Уменьшение или увеличение индексов, характеризующих экстерьерные показа-

тели, под воздействием гибридизации ведет к изменению внешнего вида карпа. В связи с этим, важное значение имеет изучение фенотипических особенностей, включающих показатели телосложения, выращиваемых пород и кроссов карпа [4].

Материал и методы исследований. Экспериментальное выращивание двухлетков кроссов и их родительских форм проводили на базе СПУ «Изобелино» Молодечненского района. Объектом исследований являлись реципрокные кроссы амурского сазана с отводкой изобелинского карпа три прим, чешуйчатыми линиями лахвинского и тремлянского карпа, коллекционными породами карпа зарубежной селекции — югославский, немецкий, фресинет [5, 6].

Исследования коллекционного и опытного материала проводятся по комплексу показателей, включающих, в том числе экстерьерные признаки [7, 8]. Для сведения к минимуму влияния условий среды на результаты эксперимента, рыбопосадочный материал разного происхождения после серийного механического мечения выращивали совместно в одном пруду. Это позволило сравнивать показатели телосложения кроссов с родительскими породами. Величина выборки двухлетков карпов каждого происхождения составила не менее 30 экз. Всего проанализировано 330 экз. кроссов, полученных по 11 вариантам скрещиваний, и 120 экз. чистопородных групп карпа и амурского сазана.

Для получения показателей, характеризующих телосложение рыб, использовали измерительную доску, треугольник, мерную ленту. Измерения проводили с точностью до 0,1 см. Измерению подлежали следующие параметры: длина тела до конца чешуйного покрова (l), наибольшие высота (H) и ширина тела (Br), наибольший обхват тела (O), наименьшая высота тела (h), длина хвостового стебля (pl). По данным индивидуального взвешивания и измерений рассчитывали коэффициент упитанности ($Ky = m/l^3 100$) и индексы прогонистости (l/H), широкоспинности (Br/l, %), обхвата тела (O/l, %), длины головы (C/l, %), Относительной ширины хвостового стебля (h/pl) [9].

Культурным отселекционированным формам карпа больше свойственны высокоспинность, округлая форма тела и высокие значения индексов Ky, Br/l, O/l, при соответственно меньшем значении показателя l/H и h/pl [10].

Техника постановки и проведения экспериментов и статистическая обработка базировались на использовании общепринятых методов [8, 9, 11, 12, 13].

Результаты эксперимента и обсуждение. Результаты исследования экстерьерных признаков двухлетков реципрокных кроссов сазана с коллекционными линиями карпа разной породной принадлежности (репрезентативная выборка) и оценка статистической достоверности отклонений кроссов от родительских форм представлены в табл. 1–4. Средняя масса двухлетков кроссов, отобранных для исследования, колебалась от 484,3 до 720,1 г и в целом составила 597,9 г. Это несколько выше, чем средние показатели коллекционных пород карпа белорусской и зарубежной селекции, а также сазана, табл. 1.

Согласно классификации, предложенной Е.С. Слуцким [6], уровень изменчивости количественных признаков у рыб зависит от величины коэффициента вариации и может быть оценен как низкий (до 10 %), средний (10–20 %), сильный (20–40 %), высокий (40–50 % и более). У рыб слабо варьирующими и относительно менее зависимыми от условий среды оказались и некоторые экстерьерные индексы. Распределение таких признаков соответствует нормальному, а коэффициент изменчивости обычно не превышает 17 % [6]. При исследовании показателей экстерьера у реципрокных кроссов коллекционного амурского сазана с карпом разной породной принадлежности установлено, что вариабельность рассмотренных признаков, определяющих характер телосложения рыбы. в большинстве случаев характеризуются низкой степенью изменчивости (табл. 2). Поэтому даже незначительные по величине отклонения кроссов, в основном, статистически достоверны.

Коэффициент упитанности кроссов в среднем составил 2,80 с колебаниями от 2,70 (сазан х фресинет) до 2,88 (лахвинский чешуйчатый х сазан). Величина данного показателя у сазана составила 2,61, то есть значительно ниже, чем у всех кроссов. Все варианты сравнения кроссов с сазаном указывают на их статистически значимые преимущества по коэффициенту упитанности. У всех карповых родительских форм отмечено увеличение коэффициента упитанности по сравнению с кроссами, за исключением лахвинского чешуйчатого карпа. Статистически значимые отклонения (в сторону снижения коэффициента упитанности) кросса от карповой родительской формы установлены для комбинаций сазана с коллекционными зарубежными породами и отводкой изобелинского карпа три прим. При сравнении кроссов, полученных с использованием лахвинского и тремлянского карпа статистически значимых отклонений от карповой родительской формы не установлено. Лишь кросс тремлянский чешуйчатый х сазан статистически значимо уступал тремлянскому карпу.

Таблица 1. **Экстерьерные показатели двухлетков кроссов карпа разной породной принадлежности с амурским сазаном и их родительских форм ($\bar{X}$ ±S $\bar{X}$)**

Table 1. **Exterior indicators of two-year-old crosses of different breeds carp with wild Amur carp and their parental forms ($\bar{X}$ ±S)**

Происхождение	Масса, г	Экстерьерные показатели					
		Ку	C/l, %	l/H	Br/l, %	h/pl	Об./ l, %
Кроссы							
Лахв.чеш. х сазан	539,3±12,54	2,88±0,03	26,6±0,26	2,98±0,02	15,6±0,17	0,73±0,01	84,0±0,52
Тремл.чеш. х сазан	608,3±13,20	2,79±0,04	26,6±0,19	3,03±0,03	15,9±0,19	0,74±0,01	83,2±0,61
Три прим х сазан	705,5±16,92	2,80±0,04	27,6±0,18	2,99±0,02	15,9±0,19	0,78±0,02	84,9±0,55
$\bar{X}$ белорусские линии х сазан	**615,7±10,89**	**2,82±0,02**	**26,95±0,13**	**3,00±0,01**	**15,80±0,11**	**0,75±0,01**	**84,03±0,33**
Сазан х лахв.чеш.	695,9±21,78	2,86±0,04	27,1±0,25	2,92±0,02	15,8±0,16	0,77±0,01	85,3±0,48
Сазан х тремл.чеш.	608,3±18,70	2,83±0,03	26,6±0,3	2,97±0,03	16,9±0,17	0,73±0,01	82,6±0,55
Сазан х три прим	655,1±8,30	2,82±0,03	26,6±0,2	3,11±0,03	15,2±0,12	0,77±0,01	82,3±0,49
$\bar{X}$ сазан х белорусские линии	**656,9±10,50**	**2,84±0,02**	**26,78±0,14**	**3,00±0,02**	**15,91±0,11**	**0,76±0,01**	**83,47±0,33**
Нем. х сазан	560,4±12,27	2,77±0,03	26,9±0,19	3,05±0,02	15,5±0,13	0,75±0,01	84,0±0,44
Юг. х сазан	523,1±14,47	2,80±0,03	27,7±0,19	3,06±0,02	15,05±0,14	0,73±0,01	83,8±0,34
$\bar{X}$ зарубежные породы х сазан	**541,7±9,71**	**2,78±0,02**	**27,32±0,14**	**3,06±0,01**	**15,25±0,10**	**0,74±0,01**	**83,9±0,28**
Сазан х нем.	587,7±13,19	2,79±0,03	26,5±0,16	2,99±0,02	15,6±0,17	0,76±0,01	85,2±1,36
Сазан х юг.	484,3±7,65	2,70±0,03	26,8±0,27	3,11±0,03	15,1±0,15	0,75±0,01	81,9±0,46
Сазан х фрес.т	720,1±65,40	2,71±0,06	27,1±0,27	3,04±0,07	15,8±0,40	0,83±0,03	84,0±0,88
$\bar{X}$ сазан х зарубежные породы	550,2±11,71	**2,74±0,02**	**26,65±0,14**	**3,05±0,02**	**15,37±0,11**	**0,76±0,01**	**83,5±0,70**
Всего кроссы:	**597,9±6,07**	**2,80±0,01**	**26,91±0,07**	**3,02±0,01**	**15,63±0,06**	**0,75±0,00**	**83,7±0,21**

Родительские формы							
Сазан	**501,5±12,34**	**2,61±0,02**	**26,39±0,16**	**3,12±0,02**	**16,77±0,12**	**0,76±0,01**	**78,25±0,34**
Тремл.чеш.	461,1±22,63	2,92±0,03	27,8±0,26	2,85±0,02	13,6±0,12	0,81±0,02	86,6±0,6
Лахв.чеш.	364,2±11,4	2,82±0,03	28,0±0,2	2,99±0,02	13,7±0,16	0,72±0,01	84,1±0,48
Три прим	695,8±14,67	3,35±0,04	29,9±0,21	2,65±0,02	16,19±0,20	0,85±0,02	94,3±0,50
$\bar{X}$ **белорусские линии**	**500,5±17,70**	**3,02±0,03**	**28,52±0,16**	**2,84±0,02**	**14,45±0,16**	**0,79±0,01**	**88,15±0,55**
Нем.	529,0±12,77	3,08±0,03	29,9±0,23	2,71±0,02	14,2±0,15	0,82±0,07	90,7±0,51
Юг.	399,3±12,61	3,08±0,03	29,5±0,23	2,69±0,02	14,3±0,13	0,87±0,01	90,5±0,61
Фрес.	372,8±15,84	3,01±0,03	29,6±0,53	2,80±0,02	14,3±0,27	0,87±0,02	88,0±0,50
$\bar{X}$ **зарубежные породы**	**435,1±10,73**	**3,06±0,02**	**29,70±0,20**	**2,73±0,01**	**14,26±0,11**	**0,85±0,01**	**88,8±0,34**

Примечание: здесь и далее в таблицах приняты сокращения сазан — амурский сазан из коллекционного стада, лахв. чеш. — чешуйчатая линия лахвинской породы карпа, тремл. чеш. — чешуйчатая линия тремлянской породы карпа, три прим — зеркальная отводка изобелинской породы карпа, нем. — немецкий карп, юг. — югославский карп, фрес. — карп породы фресинет, бел. линии — коллекционные линии белорусской селекции, зарубежные породы — коллекционные породы зарубежной селекции.

Таблица 2. **Коэффициент вариации экстерьерных показателей двухлетков кроссов карпа разной породной принадлежности с амурским сазаном и их родительских форм ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)**

Table 2. **Coefficient of variation of exterior indicators of two-year-old crosses of carp of different breeds with wild Amur carp (sazan) and their parental forms ($\bar{X} \pm S$)**

Происхождение	Масса, г	Экстерьерные показатели					
		Ку	C/l, %	l/H	Br/l, %	h/pl	Об./ l, %
Кроссы							
Лахв.чеш. х сазан	12,7	6,1	5,3	4,0	6,0	7,2	3,4
Тремл.чеш. х сазан	11,9	8,3	4,0	5,3	6,7	8,2	4,0
Три прим х сазан	12,7	7,6	3,4	4,0	6,2	14,1	3,4
$\bar{X}$ белорусские линии х сазан	**16,6**	**7,4**	**4,6**	**4,5**	**6,3**	**10,5**	**3,7**
Сазан х лахв.чеш.	17,1	7,2	5,1	3,4	5,5	10,6	3,1
Сазан х тремл.чеш.	14,7	5,7	5,5	4,5	4,7	7,4	3,2
Сазан х три прим	6,9	5,7	4,2	4,6	4,3	9,6	3,3
$\bar{X}$ сазан х белорусские линии	**14,6**	**6,2**	**4,9**	**5,0**	**6,4**	**9,7**	**3,59**
Нем. х сазан	12,0	5,4	3,9	3,6	4,5	7,9	2,9
Юг. х сазан	15,1	5,4	3,7	2,8	5,1	6,8	2,2
$\bar{X}$ зарубежные породы **х сазан**	**13,9**	**5,4**	**4,1**	**3,2**	**5,0**	**7,5**	**2,5**
Сазан х нем.	12,3	5,8	3,3	3,6	5,8	6,7	8,8
Сазан х юг.	8,6	6,5	5,5	4,5	5,5	10,0	3,1
Сазан х фрес.	18,2	4,4	2,0	4,6	5,1	7,9	2,1
$\bar{X}$ **сазан х** зарубежные породы	17,2	**6,4**	**4,4**	**4,4**	**5,8**	**9,5**	**6,7**
Всего кроссы:	**17,5**	**6,6**	**4,6**	**4,4**	**6,2**	**9,5**	**4,3**

Родительские формы							
Сазан	**13,5**	**4,1**	**3,2**	**3,6**	**4,0**	**6,1**	**2,4**
Тремл.чеш.	26,9	5,8	5,1	3,7	4,9	10,7	3,8
Лахв.чеш.	17,1	5,4	3,9	3,8	6,5	6,0	3,1
Три прим	11,0	5,9	3,7	3,3	6,4	9,6	2,8
$\bar{X}$ **белорусские линии**	**32,9**	**9,3**	**5,4**	**6,0**	**10,1**	**11,5**	**5,8**
Нем.	13,2	5,2	4,3	3,4	5,9	8,0	3,1
Юг.	17,3	6,2	4,2	3,6	4,9	8,7	3,7
Фрес.т	22,5	6,0	9,5	4,7	9,8	10,1	3,0
$\bar{X}$ **зарубежные породы**	**23,1**	**5,8**	**6,3**	**4,3**	**7,0**	**9,3**	**3,5**

Таблица 3. **Оценка статистической достоверности различий экстерьерных показателей двухлетков гибридов от их родительских форм**

Table 3. **Evaluation of statistical significance of differences in the exterior indicators of two-year-old carp hybrids from their parental forms**

Группы сравнения	m, г		Ку		C/l, %		l/H		Br/l, %		h/pl		O/l, %	
	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P
Гибрид — родительская форма сазан														
Лахв.чеш.х сазан	2,15	<0,1	6,93	<0,001	0,81	>0,1	4,68	<0,001	5,72	<0,001	2,03	<0,1	9,26	<0,001
Тремл.чеш.х сазан	5,91	<0,001	3,70	<0,01	0,90	>0,1	2,73	<0,05	3,63	<0,001	1,62	>0,1	7,09	<0,001
Три прим х сазан	9,74	<0,001	4,19	<0,01	5,24	<0,001	4,49	<0,01	3,91	<0,01	0,66	>0,1	10,28	<0,001
Сазан х лахв. чеш.	7,77	<0,001	5,88	<0,001	2,36	<0,05	7,40	<0,001	4,74	<0,001	0,58	>0,1	11,99	<0,001
Сазан х тремл. чеш.	4,77	<0,001	5,58	<0,001	0,76	>0,1	4,54	<0,01	0,67	>0,1	2,37	<0,05	6,72	<0,001
Сазан х три прим	10,33	<0,001	5,78	<0,001	0,68	>0,1	0,29	>0,1	8,97	<0,001	0,67	>0,1	6,79	<0,001
Нем. х сазан	3,38	<0,01	4,56	<0,01	2,04	<0,1	2,66	<0,05	7,42	<0,001	0,45	>0,1	9,65	<0,001
Юг. х сазан	1,14	>0,1	5,34	<0,001	5,49	<0,001	2,32	<0,05	9,27	<0,001	2,15	<0,1	11,54	<0,001
Сазан х нем.	4,77	<0,001	4,98	<0,001	0,40	<0,001	4,57	<0,01	5,67	<0,001	0,43	>0,1	4,96	<0,001
Сазан х юг.	1,19	>0,1	2,32	<0,05	1,25	>0,1	0,53	>0,1	8,76	<0,001	0,55	>0,1	6,38	<0,001
Сазан х фрес.	4,20	<0,01	0,39	>0,1	1,31	>0,1	0,97	>0,1	2,98	<0,02	2,47	<0,05	6,11	<0,001
Гибрид — родительская форма карпа														
Лахв.чеш.х сазан	10,33	<0,001	1,24	>0,1	4,22	<0,01	0,19	>0,1	7,95	<0,001	1,10	>0,1	0,14	>0,1

Тремл.чеш.х сазан	5,62	<0,001	2,60	<0,05	3,55	<0,01	4,89	<0,001	9,95	<0,001	3,88	<0,01	3,97	<0,001
Три прим х сазан	1,45	>0,1	3,58	<0,01	2,65	<0,02	2,56	<0,02	1,95	<0,1	2,75	<0,01	10,5	<0,001
Сазан х лахв. чеш.	13,49	<0,001	0,85	>0,1	2,92	<0,02	2,52	<0,05	9,33	<0,001	2,96	<0,02	1,25	>0,1
Сазан х тремл. чеш.	5,02	<0,001	2,01	<0,1	2,78	<0,02	3,32	<0,01	15,85	<0,001	4,42	<0,01	4,91	<0,001
Сазан х Три прим	2,42	<0,05	11,06	<0,001	11,30	<0,001	14,92	<0,001	4,12	<0,01	3,99	<0,01	15,86	<0,001
Нем. х сазан	1,77	>0,1	7,81	<0,001	10,10	<0,001	13,12	<0,001	6,45	<0,001	3,94	<0,01	9,13	<0,001
Юг. х сазан	6,45	<0,001	6,28	<0,001	6,13	<0,001	16,12	<0,001	4,09	<0,01	8,24	<0,001	6,50	<0,001
Сазан х нем.	3,19	<0,01	6,98	<0,001	12,38	<0,001	11,14	<0,001	6,39	<0,001	4,17	<0,01	3,54	<0,01
Сазан х юг.	5,76	<0,001	7,91	<0,001	7,91	<0,001	13,60	<0,001	4,00	<0,01	6,08	<0,001	11,26	<0,001
Сазан х фрес.	6,55	<0,001	4,12	<0,01	4,50	<0,01	4,12	<0,01	3,54	<0,01	0,00	>0,1	3,77	<0,001
$\overline{X}$ *зарубежные породы* — $\overline{X}$ *белорусские линии*	3,16	<0,02	1,03	>0,1	4,54	<0,01	4,85	<0,01	1,03	>0,1	4,40	<0,01	1,00	>0,1

Таблица 4. **Оценка статистической достоверности различий средних групповых значений экстерьерных показателей двухлетков гибридов**

Table 4. **Evaluation of statistical significance of differences in the average group values of exterior indicators of two-year-old hybrids**

Группы сравнения	m, г		Ку		C/l, %		l/H		Br/l, %		h/pl		O/l, %	
	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P
$\bar{X}$ белорусские линии х сазан — сазан	6,94	<0,001	6,96	<0,001	2,72	<0,05	4,97	<0,001	5,98	<0,001	1,00	>0,1	12,19	<0,001
$\bar{X}$ сазан х белорусские линии — сазан	9,59	<0,001	8,06	<0,001	1,82	>0,1	4,55	<0,001	5,20	<0,001	0,15	>0,1	11,01	<0,001
$\bar{X}$ зарубежные породы х сазан сазан	2,56	<0,05	6,05	<0,001	4,35	<0,01	2,82	=0,02	9,70	<0,001	1,49	>0,1	18,90	<0,001
$\bar{X}$ сазан х зарубежные породы сазан	2,86	<0,001	4,24	<0,01	1,19	>0,1	2,74	<0,05	8,50	<0,001	0,12	>0,1	6,75	<0,001
$\bar{X}$ белорусские линии х сазан $\bar{X}$ белорусские линии	5,54	<0,001	5,28	<0,001	7,43	<0,001	6,90	<0,001	7,15	<0,001	3,52	<0,01	6,43	<0,001
$\bar{X}$ сазан х белорусские линии — $\bar{X}$ белорусские линии	8,83	<0,001	6,02	<0,001	10,57	<0,001	8,98	<0,001	9,34	<0,001	3,60	<0,01	10,51	<0,001

$\overline{X}$ зарубежные породы х сазан — $\overline{X}$ белорусские линии	0,48	>0,1	0,92	>0,1	0,57	>0,1	1,19	>0,1	0,61	>0,1	0,65	>0,1	6,89	<0,001
$\overline{X}$ сазан х зарубежные породы — $\overline{X}$ белорусские линии	2,34	<0,05	7,58	<0,001	8,55	<0,001	8,57	<0,001	4,81	<0,001	2,41	<0,05	5,22	<0,001
$\overline{X}$ белорусские линии х сазан — $\overline{X}$ зарубежные породы	11,81	<0,001	8,04	<0,001	11,45	<0,001	14,12	<0,001	10,23	<0,001	8,59	<0,001	10,06	<0,001
$\overline{X}$ сазан х белорусские линии — $\overline{X}$ зарубежные породы	14,78	<0,001	8,06	<0,001	11,84	<0,001	13,15	<0,001	10,65	<0,001	7,88	<0,001	11,24	<0,001
$\overline{X}$ зарубежные породы х сазан $\overline{X}$ зарубежные породы	7,37	<0,001	10,14	<0,001	9,64	<0,001	18,31	<0,001	6,87	<0,001	9,65	<0,001	10,93	<0,001
$\overline{X}$ сазан х зарубежные породы — $\overline{X}$ зарубежные породы	7,24	<0,001	11,07	<0,001	12,36	<0,001	15,37	<0,001	7,23	<0,001	7,23	<0,001	12,04	<0,001

Относительная высота тела или высокоспинность (l/H) у кроссов амурского сазана с карпом один из наиболее важных экстерьерных признаков, определяющих фенотип. У кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности относительная высота тела колебалась от 2,92 (сазан х лахвинский чешуйчатый) до 3,11 (сазан х три прим и сазан х югославский), составляя в среднем по всем кроссам 3,02. В целом прослеживается четкая тенденция к увеличению высокоспинности опытных кроссов по сравнению с амурским сазаном. Кроссы три прим х сазан, сазан х лахвинский чешуйчатый, югославский х сазан и сазан х немецкий характеризовались статистически значимыми отклонениями от сазана (в сторону увеличения высокоспинности). Установленные отклонения кроссов от карповой родительской формы статистически достоверны за исключением кросса лахвинский чешуйчатый х сазан, у которого относительная высота тела не значительно и статистически не достоверно отличается от лахвинского карпа. Средние показатели высокоспинности реципрокных сочетаний коллекционных линий белорусской и зарубежной селекции с амурским сазаном указывают на статистически значимые отклонения кроссов в сторону увеличения высокоспинности по сравнению сазаном и снижение этого показателя по сравнению со средними значениями карпа белорусской и зарубежной селекции. Лишь в варианте сравнения средних показателей кроссов из группы зарубежные породы х сазан с линиями белорусской селекции статистически значимого отклонения не установлено.

Относительная ширина тела (Br/l, %) у кроссов оказалась выше, чем у карповой родительской формы, но ниже, чем у сазана. Показатель широкоспинности у всех кроссов в среднем составил 15,63 %, с колебаниями от 15,0 (югославский х сазан) до 16,9 % (сазан х тремлянский чешуйчатый). У всех кроссов, за исключением сазан х тремлянский чешуйчатый, показатель широкоспинности оказался ниже, чем у сазана из белорусской популяции. Установленные отклонения статистически достоверны. Все кроссы, за исключением три прим х сазан характеризовались более низкими показателями широкоспинности по сравнению с чистопородными карповыми родительскими формами. Установленные отклонения статистически достоверны. Отклонения средних групповых показателей реципрокных сочетаний от среднего уровня данного показателя у коллекционных линий белорусской и зарубежной селекции также в основном статистически достоверны (исключение вариант сравнения белорусские линии х сазан — зарубежные породы).

Кроссы сазана с карпом отличались удлиненным хвостовым стеблем (h/pl — 0,75) и не значительно отклонялись по данному показателю от амурского сазана (0,76). Установленные отклонения, в основном, статистически не достоверны. При сравнении относительной длины хвостового стебля у кросса с родительской линией карпа очевидно, что у кроссов хвостовой стебель значительно длиннее, за исключением лахвинского карпа, а кросс сазан х фресинет характеризовался утолщенным хвостовым стеблем, лишь не значительно уступая карпу породы фресинет. Все установленные отклонения кроссов от карповой родительской формы статистически достоверны. Сравнение средних групповых показателей реципрокных кроссов со средними показателями сазана и карпа белорусской и зарубежной селекции в основном статистически достоверно.

Средняя величина относительного обхвата тела у опытных кроссов составила 83,7 %, с колебаниями от 81,9 % (сазан х югославский) до 85,3 % (сазан х немецкий). Отклонения вариабельность данного показателя у кроссов не значительна. Все кроссы характеризовались статистически достоверным увеличенным относительным обхватом тела по сравнению с сазаном. По сравнению с карповой родительской формой относительный обхват тела у кросса, как правило, был несколько ниже. Установленные отклонения статистически достоверны, за исключением реципрокных сочетаний сазана с лахвинским карпом и кросса сазан х фресинет, у которых хотя и наблюдалось некоторое преимущество чистопородной карповой формы, однако, установленные отклонения статистически не достоверны. Средние групповые показатели относительного обхвата тела реципрокных кроссов с высокой степенью достоверности оказались выше, чем у сазана и ниже, чем у карповой родительской формы.

Комплексная оценка экстерьерных показателей кроссов сазана с карпом разной породной принадлежности, проведенной методом ранжирования, позволяет выявить отдельные сочетания, характеризующиеся улучшенным экстерьером (табл. 5). Первые ранги присваивали кроссам с показателями, характеризующими улучшенный экстерьер. А именно с увеличенным коэффициентом упитанности, с относительно низкой длиной головы, повышенной относительной шириной, и обхватом тела и укороченным хвостовым стеблем, то есть увеличенным значением h/pl. Важным показателем, характеризующим характер телосложения рыбы, является высокоспинность, выраженная в отношении длины тела к его максимальной высоте (l/H). Причем, чем меньше

величина этого отношения, тем более высокоспинной формой тела обладает данная рыба.

Таблица 5. **Ранжирование кроссов сазана с карпом разной породной принадлежности по экстерьерным показателям**
Table 5. **Ranking of sazan and different breeds carp crosses of according to exterior indicators**

Кросс	Ранги экстерьерным показателям						Σ рангов	Средний ранг
	Ку	C/l, %	l/H	Br/l	h/pl	Об./ l		
Лахв.чеш.х сазан	1	2	3	4	7	4	21	0,32
Тремл.чеш.х сазан	6	2	5	2	6	6	27	0,41
Три прим х сазан	5	7	4	2	2	3	23	0,35
Сазан х лахв.чеш.	2	6	1	3	3	1	16	0,24
Сазан х тремл.чеш.	3	2	2	1	7	7	22	0,33
Сазан х три прим	4	3	9	6	3	8	33	0,50
Нем. х сазан	7	5	7	5	5	4	33	0,50
Юг. х сазан	5	8	8	8	7	5	41	0,62
Сазан х нем.	6	1	4	4	4	2	21	0,32
Сазан х юг.	9	4	9	7	5	9	43	0,65
Сазан х фрес.	8	6	6	3	1	4	28	0,42

В результате комплексной оценки экстерьерных показателей двухлетков кроссов амурского сазана с карпом выделены сочетания с улучшенными экстерьерными качествами. Низкие значения суммы средних рангов отмечено у реципрокных сочетаний сазана и лахвинского карпа (0,24 и 0,32), сазан х тремлянский чешуйчатый (0,33), сазан х немецкий (0,32), три прим х сазан 0,35).

Заключение. 1. Коэффициент упитанности кроссов в среднем составил 2,80 с колебаниями от 2,70 (сазан х фресинет) до 2,88 (лахвинский чешуйчатый х сазан). У сазана коэффициент упитанности значительно ниже (2,61), чем у всех кроссов, а у карпов, использованных для получения кроссов выше. Все варианты сравнения кроссов с родительскими формами статистически достоверны.

2. Относительная высота тела (l/H) у кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности колебалась от 2,92 (сазан х лахвинский чешуйчатый) до 3,11 (сазан х три прим и сазан х югославский), составляя в среднем по всем кроссам 3,02. В целом прослеживается четкая тенденция к увеличению высокоспинности у реципрокных кроссов карпа разной породной принадлежности с амурским сазаном

по сравнению с сазаном. Все кроссы оказались более прогонистыми, чем карповые родительские формы.

3. Относительная толщина тела (Br/l, %) у кроссов оказалась выше, чем у карповой родительской формы, но ниже, чем у сазана. Показатель широкоспинности у всех кроссов в среднем составил 15,63 %, с колебаниями от 15,0 (югославский х сазан) до 16,9 % (сазан х тремлянский чешуйчатый).

4. Кроссы сазана с карпом отличались удлиненным хвостовым стеблем (h/pl — 0,75) и незначительно отклонялись по данному показателю от амурского сазана (0,76). У кроссов хвостовой стебель значительно длиннее, чем у карповой родительской формы, за исключением лахвинского карпа, а кросс сазан х фресинет характеризовался утолщенным хвостовым стеблем, лишь незначительно уступая карпу породы фресинет.

5. Средняя величина относительного обхвата тела у опытных кроссов составила 83,7 %, с колебаниями от 81,9 % (сазан х югославский) до 85,3 % (сазан х немецкий). Все кроссы характеризовались статистически достоверным увеличенным относительным обхватом тела по сравнению с сазаном, а по сравнению с карповой родительской формой относительный обхват тела у кроссов несколько ниже.

6. Преимуществами по комплексу экстерьерных признаков характеризуются реципрокные сочетания сазана и лахвинского карпа, сазан х тремлянский чешуйчатый, сазан х немецкий, три прим х сазан.

Список использованных источников

1. Кирпичников, В.С. Генетические основы селекции рыб / В.С. Кирпичников; отв. ред. В. А. Струнников. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1979. — 329 с.
2. Савченко, В.К. Генетический анализ и синтез в практической селекции / В.К. Савченко ; науч. ред. Л.В. Хотылева. — Минск : Наука и техника, 1986. — 95 с.
3. Турбин, Н.В. Некоторые математические вопросы теории гетерозиса / Н.В. Турбин, В.Я. Голодец, М.К. Шварц // Гетерозис: теория и методы практического использования : [сб. ст.] / Ин-т биологии Акад. наук БССР ; под ред. Н.В. Турбина. — Минск, 1961. — С. 111–144.
4. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин ; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Пищевая пром-сть, 1966. — 376 с.
5. Породы карпа Республики Беларусь / Е.В. Таразевич [и др.] // Каталог пород карпа (Cyprinus carpio L.) стран Центральной и Восточной Европы /

М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Федер. селекц.-генет. центр рыбоводства ; под ред. А.К. Богерука. — М., 2008. — С. 5–13.
6. Проблема сохранения генофонда карпов в Республике Беларусь / Е.В. Таразевич [и др.] // Проблемы интенсификации производства продуктов животноводства : тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. (9–10 окт. 2008 г.) / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству ; редкол.: И.П. Шейко [и др.]. — Жодино, 2008. — С. 118–119.
7. Инструкция по бонитировке карпов / Госагропром СССР. — М. : Агропромиздат, 1988. — 17 с.
8. Технологическая инструкция по разведению племенного карпа белорусской селекции / разраб.: Е.В. Таразевич [и др.] // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси ; сост.: В.В. Кончиц [и др.] ; под общ. ред. В.В. Кончица. — Минск, 2006. — С. 6–20.
9. Богерук, А.К. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Карп (Cyprinus carpio L.) / А.К. Богерук, Ю.И. Илясов, Н.И. Маслова // Прудовое и озер. рыбоводство : информ. пакет. — 1997. — Вып. 4. — С. 43–52. — (Рыбное хозяйство. Сер.: Аквакультура / Всерос. науч.-исслед. и проект.-конструкт. ин-т экономики, информ. и автоматизир. систем упр. рыб. хоз-ва).
10. Таразевич, Е.В. Селекционно-генетические основы создания и использования белорусских пород и породных групп карпа / Е.В. Таразевич. — Минск : Тонпик, 2009. — 224 с.
11. Рокицкий, П.Ф. Статистические показатели для характеристики совокупности / П.Ф. Рокицкий // Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. — Изд. 3-е, испр. — Минск, 1973. — Гл. 2. — С. 24–52.
12. К методике определения рыбохозяйственной ценности отдельных групп рыб методом ранжирования / Е.В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси. — Минск, 2005. — Вып. 21. — С. 45–55.
13. Слуцкий, Е.С. Фенотипическая изменчивость рыб (селекционный аспект) / Е.С. Слуцкий // Известия / Гос. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва. — Л., 1978. — Т. 134 : Изменчивость рыб / под ред. Г.Г. Савостьяновой. — С. 3–132.

References

1. Kirpichnikov V.S. *Genetic bases of fish breeding.* Leningrad, Nauka Publ., 1979. 329 p. (in Russian).
2. Savchenko V.K. *Genetic analysis and synthesis in practical breeding.* Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1986. 95 p. (in Russian).
3. Turbin N.V., Golodets V.Ya., Shvarts M.N. Some mathematical questions of the theory of heterosis. *Geterozis: teoriya i metody prakticheskogo ispol'zovaniya: sbornik statei* [Heterosis: theory and methods of practical use: collection of articles]. Minsk, 1961, pp. 111–144 (in Russian).

4. Pravdin I.F. *Guide to the study of fish (mainly freshwater)*. 4th ed. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1966. 376 p. (in Russian).
5. Tarazevich E.V., Semenov A.P., Kniga M.V., Sazanov V.B., Us A.P., Dudarenko L.S., Vashkevich L.M. Breeds of carp of the Republic of Belarus. *Katalog porod karpa (Cyprinuscarpio L.) stran Tsentral'noi i Vostochnoi Evropy* [Catalog of breeds carp (Cyprinuscarpio L.) of the countries of Central and Eastern Europe]. Moscow, 2008, pp. 5–13 (in Russian).
6. Tarazevich E.V., Kniga M.V., Semenov A.P., Shumak V.V. The problem of preserving the carp gene pool in the Republic of Belarus. *Problemy intensifikatsii proizvodstva produktov zhivotnovodstva: tezisy dokladov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (9–10 oktyabrya 2008 g.)* [Problems of intensification of livestock production: abstracts of reports of the International scientific and practical conference (October 9–10, 2008)]. Zhodino, 2008, pp. 118–119 (in Russian).
7. State Agroindustrial Committee of the USSR. *Instructions for carps evaluation*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1988. 17 p. (in Russian).
8. Technological instruction for breeding carp of the Belarusian selection. *Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture v Belarusi* [Collection of scientific-technological and methodical documentation on aquaculture in Belarus]. Minsk, 2006, pp. 6–20 (in Russian).
9. Bogeruk A.K., Ilyasov Yu.I., Maslova N.I. Methodology for testing for distinctness, uniformity and stability. Carp (Cyprinus carpio L.). *Prudovoe i ozernoe rybovodstvo: informatsionnyi paket* [Pond and lake fish farming: information package], 1997, iss. 4, pp. 43–52 (in Russian).
10. Tarazevich E.V. *Selection and genetic bases for the creation and use of Belarusian carp breeds and breed groups*. Minsk, Tonpik Publ., 2009. 224 p. (in Russian).
11. Rokitskii P.F. Statistical indicators for the characteristics of the population. *Biologicheskaya statistika* [Biological statistics]. 3rd ed. Minsk, 1973, pp. 24–52 (in Russian).
12. Tarazevich E.V., Prokhorchik G.A., Kniga M.V., Us A.P., Dudarenko L.S., Semenov A.P., Sazanov V.B., Vashkevich L.M. To the methodology for determining the fishery value of individual groups of fish by the ranking method. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik. nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers*. Minsk, 2005, iss. 21, pp. 45–55 (in Russian).
13. Slutskii E.S. Phenotypic variability of fish (breeding aspect). *Izvestiya Gosudarstvennogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ozernogo i rechnogo rybnogo khozyaistva. T. 134. Izmenchivost' ryb* [News of the State Research Institute of Lake and River Fisheries. Vol. 134. Variability of fish]. Leningrad, 1978, 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

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

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

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

Крук Анастасия Юрьевна — 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

Сумаревич Светлана Александровна — 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

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

Баянков Антон Сергеевич — 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

Tatiana A. Sergeeva — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tasergeeva@tut.by

Maria V. Kniga — Ph.D. (Agricultural), Leading employee, Laboratory Breeding and Breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Olga N. Vishneuskaya — Ph.D. (Agricultural), Senior researcher, Laboratory Breeding and Breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). Email: belaboka@internet.ru

Ivan A. Orlov — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Anastasiya Yu. Kruk — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nastilyu2310@gmail.com

Svetlana A. Sumarevich — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Tatyana F. Voytyuk — Leading Specialist, 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Anton S. Bayankov — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЫБОВОДСТВА

УДК 639.3:574.55

Поступила в редакцию 27.04.2023
Received27.04.2023

В.Ю. Агеец[1], Г.П. Воронова[1], В.К. Дашкевич[1], А.Г. Литвинова[1], С.И. Ракач[1], В.А. Хотин[1], Э.И. Коломиец[2], М.Н. Мандрик-Литвинкович[2]

[1]РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Республика Беларусь
[2]ГНПО «Химический синтез и биотехнологии», Минск, Республика Беларусь

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОРМОВОЙ БАЗЫ И РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРЕПАРАТА МИКРОБНОГО «БИОПРУД»

Аннотация. Изучено влияние препарата микробного «Биопруд» на формирование естественной кормовой базы и рыбопродуктивность при разных сроках внесения по донным отложениям экспериментальных прудов.

Показано положительное влияние препарата на выход биогенов из донных отложений и показатели естественной и общей рыбопродуктивности нагульных прудов. Наибольший прирост товарной рыбы отмечен в группе прудов, где донные отложения обрабатывались препаратом с осени предыдущего года.

Ключевые слова: рыбоводные пруды, донные отложения, препарат микробный «Биопруд», рыбопродуктивность

Uladzimir Yu. Aheyets[1], Galina P. Voronova[1], Viktor K. Dashkevich[1], Anastasiya G. Litvinava[1], Svetlana I. Rakach[1], Vitaliy A. Khotin[1], Emilia I. Kolomiets[2], Marina N. Mandryk-Litvinkovich[2]

[1]RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry», Minsk, Republic of Belarus
[2]SNPO "Chemical Synthesis and Biotechnology", Minsk, Republic of Belarus

NATURAL FOOD BASE AND FISH PRODUCTIVITY PATTERNS OF FORMATION IN FISH PONDS WHILE USING THE MICROBIAL PREPARATION "BIOPRUD"

Abstract. The effect of the microbial preparation «Bioprud» on the formation of the natural food base and fish productivity was studied at different terms of introduction on bottom sediments of experimental ponds.

The preparation's positive effect on the outflow of nutrients from bottom sediments as well as indices of natural and total fish productivity of feeding ponds was shown. The greatest increase in marketable fish was noted in the group of ponds, where bottom sediments were treated with the preparation since the autumn of the previous year.

Keywords: fish ponds, bottom sediments, microbial preparation «Bioprud»

Введение. В формировании продуктивности рыбоводных прудов решающая роль принадлежит применению разнообразных средств интенсификации: плотностям посадки поликультуры выращиваемых рыб, комбикормам, органическим и минеральным удобрениям [1]. Воздействуя на среду обитания, они создают условия по увеличению естественной кормовой базы и рыбопродуктивности прудов. Биологическая продуктивность в значительной степени зависит также от качества грунтов, на которых расположены пруды, содержания в донных отложениях органического вещества и регенерации биогенов в водную среду [2].

Одним из перспективных направлений повышения естественной продуктивности прудов является применение микробных препаратов, созданных на основе природных штаммов бактерий, действие которых направлено на минерализацию органического вещества и высвобождение биогенных элементов из донных отложений прудов и перевода их в доступную для дальнейшего усвоения форму.

Цель работы — изучить формирование естественной кормовой базы и рыбопродуктивности рыбоводных прудов при использовании препарата микробного «Биопруд».

Материалы и методы исследований. Исследование провели в 2021–2022 гг. на 6 экспериментальных прудах СПУ «Изобелино», Минской области, площадью по 0,07–0,08 га каждый, сгруппированных в 3 варианта опыта. Внесение препарата осуществляли в поверхностный слой донных отложений с последующей культивацией, в дозе 3 л/га, которая ранее была определена в модельных опытах [3].

Препарат вносили осенью предыдущего года (вариант 1) и в весенний период следующего (вариант 2), за 5 дней до залития прудов водой. Контролем служили пруды, в которые препарат не вносили (вариант 3).

Оценку регенерации биогенов из грунтов под воздействием микробного препарата проводили при выращивании товарной рыбы (3-х летков) в поликультуре, с общей плотностью посадки рыбы 1,48 тыс. экз./га. Кормление рыбы осуществляли в течение 45 суток в августе и сентябре ячменем и зерновыми отходами. Минеральные азотно-фосфорные удобрения вносили в пруды ограничено из расчета 40 % нормы (200 кг/га). В контрольные — полную норму удобрений — 500 кг/га.

Дополнительно во все пруды 3 раза за сезон вносили барду спиртовую из расчета разовой нормы 50 кг/га.

Вегетационный период выращивания рыбы составил 145 суток.

Результаты исследований и обсуждение. В ходе проведенных исследований установлено, что применение микробного препарата не оказывало отрицательного влияния на гидрохимический режим. Основные показатели газового режима (растворенный кислород, водородный показатель, углекислота, гидрокарбонаты) находились в пределах норматива для летних карповых прудов [4]. В среднем за вегетационный период концентрация растворенного в воде кислорода колебалась в пределах 7,54–8,82 мг/л, что соответствовало 73–85 % насыщения воды кислородом. Водородный показатель не превышал 8,52 единиц. Содержание углекислоты и гидрокарбонатов было в пределах допустимых значений. Из-за относительно небольшого развития водорослей прозрачность воды была в пределах 0,7–0,8 м (табл. 1).

Таблица 1. **Гидрохимический режим экспериментальных прудов СПУ «Изобелино» при использовании препарата микробного (средние за сезон данные), 2022 г.**
Table 1. **Hydrochemical regime of experimental fish ponds of SPU «Isobelino» when using the microbial preparation (season average), 2022**

Показатели	Варианты		
	1	2	3 (контроль)
Температура, °С	16,60	16,90	16,90
Кислород растворенный, мг/л	7,54	8,52	8,82
Насыщение кислородом, %	73,30	82,30	85,20
Водородный показатель, pH	7,92	8,30	8,52
Свободная углекислота, мг/л	17,45	17,60	22,40
Гидрокарбонаты, мг/л	228,20	231,80	219,10
Кальций, мг/л	66,0	63,0	63,0
Общая жесткость, мг-экв/л	4,42	4,35	4,30
Хлориды, мг/л	8,45	8,34	8,57
Железо общее, мг/л	0,04	0,04	0,04
Аммонийный азот, мг N/л	0,86	0,99	0,92
Нитраты, мг N/л	0,64	0,78	0,69
Нитриты, мг N/л	0,04	0,04	0,03
Аммиак, мг/л	0,01	0,06	0,08
Фосфор минеральный,мг P/л	0,11	0,05	0,05
Окисляемость перманганатная, мг O/л	13,27	12,29	13,54
Общая минерализация, мг/л	320,14	320,78	313,11

В сезонном аспекте наибольшее содержание общего азота в воде отмечалось на 5 и 35 день после залития прудов водой, фосфатов на 5, 35, 73 и 122 день (рис. 1, 2).

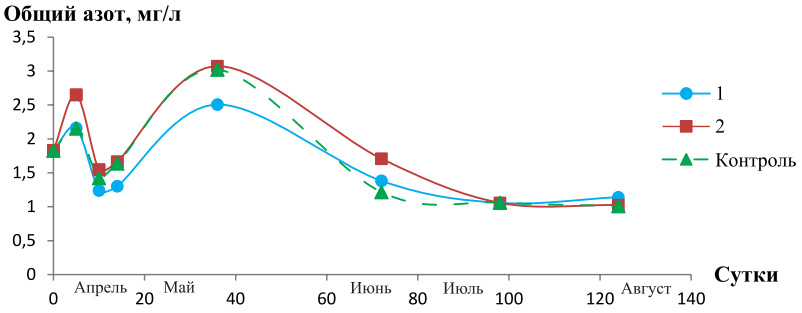


Рис. 1. Динамика минерального азота в воде экспериментальных прудов при использовании микробного препарата, 2022 г.
Fig. 1. Dynamics of mineral nitrogen in the water of experimental fish ponds when using the microbial preparation, 2022

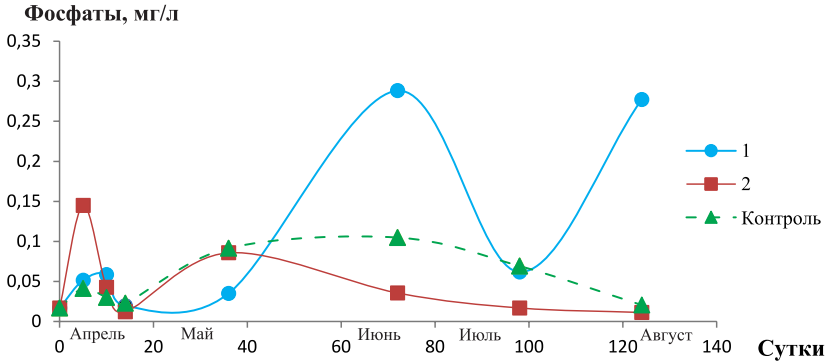


Рис. 2. Динамика фосфатов в воде экспериментальных прудов при использовании микробного препарата, 2022 г.
Fig. 2. Dynamics of phosphatesin the water of experimental fish ponds when using the microbial preparation, 2022

Наиболее значительный размах колебаний концентрации фосфатов в воде отмечался в группе прудов первого варианта, где микробный препарат вносили в донные отложения с осени предыдущего года (рис. 2). В то время как содержание общего азота было больше в группе прудов второго варианта, где микробный препарат применяли весной те-

кущего года за 5 суток до залития прудов водой (рис. 1). Известно, что между грунтами и водной средой в придонных слоях существует определенное равновесие. Минерализация органического вещества в донных отложениях сопровождается поступлением биогенов в почвенный раствор, а затем в водную среду. Одноразовая обработка донных отложений микробным препаратом усиливала регенерацию биогенов в водную среду на протяжении значительной части вегетационного сезона.

При выращивании товарной рыбы необходимым условием является обеспечение ее естественным кормом. Снижение доли естественной пищи в рационе 2-х и 3-х летков карпа меньше 10–15 %, комбикорм слабо усваивается, рыба плохо растет, идет перерасход комбикормов, снижается рыбопродуктивность. Основу естественной кормовой базы при выращивании карпа в поликультуре рыб наряду с зоопланктоном и зообентосом составляют фитопланктон, макрофиты и детрит.

Как показали исследования, биомасса фитопланктона опытных прудов при выращивании товарной рыбы при разряженных посадках и ограниченном кормлении зерном в исследуемый период была относительно невысокой. В течение сезона она колебалась от 1,55 до 10,09 мг/л, в среднем по вариантам составив от 3,88 до 6,18 мг/л (табл. 2). За сутки фитопланктоном продуцировалось от 1,55 до 2,47 мг/л сырой биомассы водорослей.

Основное участие в формировании биомассы фитопланктона принимали синезеленые водоросли, в среднем за сезон по вариантам они составляли 31,6–42,4 %. Доля зеленых водорослей в биомассе фитопланктона в среднем по вариантам не превышали 18,8 %.

Несмотря на то, что рыба была слабо обеспечена зерном и практически на протяжении сезона потребляла естественный корм, в прудах отмечена достаточно высокая биомасса зоопланктона, которая в среднем по вариантам, составила 4,60–6,36 г/м^2 (табл. 2). Наибольшие значения биомассы зоопланктона отмечены в группе опытных прудов 1 и 2 вариантов, где применяли микробный препарат. В прудах, где применяли препарат с осени предыдущего года, биомасса зоопланктона превышала аналогичную биомассу в контрольных прудах на 38 %.

В биомассе зоопланктона в основном доминировали кладоцеры 42,17–43,31 %, представленные как грубыми, так и тонкими фильтраторами из р. Daphnia, Bosmina, Chydorus и др. Доля копепод в биомассе составляла от 13,12 до 38,78 %, коловраток от 18,12 до 43,57 %.Отмечена высокая доля коловраток в группе контрольных прудов, биомасса кото-

рых в 1,5–2,4 раза превышала их содержание в опытных прудах. Достаточно высокая доля коловраток в прудах всех вариантов была вызвана с одной стороны внесением в пруды спиртовой барды, с другой поступлением органического вещества с экскрементами белого амура, плотность которого была увеличена по сравнению с нормативом на 33 %. Наличие мелкодисперсной фракции в сестоне приводило к развитию коловраток и тонких фильтраторов из рода Bosmina, Chydorus и др.

Таблица 2. **Естественная рыбопродуктивность, количественное развитие и продукция гидробионтов в опытных прудах при внесении микробного препарата «Биопруд»**

Table 2. **Natural fish productivity, quantity development and production of aquatic organisms in experimental fish ponds under introduction of the microbial preparation «Bioprud»**

Вариант	Фитопланктон		Зоопланктон		Макрозообентос		Естественная рыбопродуктивность
	Биомасса, г/м²	Продукция за сезон, г/м²	Биомасса, г/м²	Продукция за сезон, г/м²	Биомасса, г/м²	Продукция за сезон, г/м²	кг/га
1	3,88	224,75	6,36	146,45	0,17	1,42	166,91
2	4,54	263,90	5,04	129,05	0,16	1,74	152,15
3(контроль)	6,18	358,15	4,60	129,05	0,29	1,35	158,71

Наибольший пресс со стороны рыбы испытывал зообентос, средняя биомасса которого по вариантам составляла 0,16–0,28 г/м² (табл. 2). Активное потребление зообентоса привело к тому, что во многих прудах за отдельные даты в мае, июле и августе в пробах было отмечено полное отсутствие организмов макрозообентоса. Биомасса зообентоса в опытных прудах в основном была представлена личинками хирономид, ручейниками и моллюсками из класса брюхоногих.

Расчет продукции кормовых гидробионтов позволил оценить продукционные возможности экосистемы пруда, и, в частности, определить естественную рыбопродуктивность опытных прудов за вегетационный период [5]. С учетом коэффициентов потребления (0,4 для фитопланктона и 0,7 для зоопланктона и зообентоса) и кормовых коэффициентов (для фитопланктона — 50, зоопланктона — 7 и зообентоса — 6) расчетная естественная рыбопродуктивность составила в опытных прудах

1,58–1,67 ц/га. Применение микробного препарата «Биопруд» по донным отложениям с ограниченной дозой азотно-фосфорных удобрений (40 % нормы) способствовало поддержанию естественной рыбопродуктивности на уровне контрольных прудов, где минеральные удобрения вносили в полной мере, согласно нормативу (500 кг/га). В целом естественная рыбопродуктивность опытных прудов при использовании микробного препарата на 27–39 % превышала нормативные значения для второй зоны рыбоводства (1,2 ц/га) [6]. Следует отметить, что наибольшая естественная рыбопродуктивность (1,67 ц/га) наблюдалась в группе опытных прудов 1-ого варианта, где микробный препарат вносили по донным отложениям осенью предыдущего года (табл. 2).

Применение в рыбоводстве микробиальных препаратов оказывает положительное влияние не только на естественную рыбопродуктивность, но и на оздоровление среды обитания рыбы, предотвращает многие заболевания (например, такие бактериальные инфекции, как аэромоноз, и псевдомоноз). Микроорганизмы, входящие в состав препаратов, продуцируют антибиотики, фитогормоны, витамины группы В, широкий спектр ферментов и органических кислот. Ихтиопатологическое обследование рыб (3-х летков карпа, пестрого толстолобика и белого амура) показало, что рыба была клинически здорова. На поверхности тела, жабрах и плавниках видимых повреждений не выявлено, на вивисекции внутренние органы без изменений.

Коэффициент упитанности 3-х летков карпа при использовании микробного препарата находился в пределах 1,9–3,4 ед. Средняя масса рыбы составляла от 474 до 882 г при длине рыбы от рыла до конца чешуйчатого покрова 26–32 см.

Анализ рыбоводных данных показал, что применение комплексного микробного препарата «Биопруд» для регенерации биогенов из донных отложений позволило увеличить рыбопродукцию опытных прудов по сравнению с контрольными прудами на 11–23 %, рыбопродуктивность, соответственно, на 17–42% (табл. 3). Наибольшая рыбопродукция (1171,5 кг/га) и рыбопродуктивность (812,5 кг/га) были отмечены в группе прудов, где донные отложения обрабатывались препаратом «Биопруд» с осени предыдущего года (вариант 1, табл. 3). При этом затраты корма составили 1,73 ед. и были снижены по сравнению с контролем на 29,7 %. Выращивание товарных трехлетков рыб в поликультуре при разреженных посадках (1483 экз./га) позволило обеспечить нормативный выход во всех группах прудов (92,5–100 %) при высоких

конечных навесках трехлетков белого амура (1,02–1,07 кг) и толстолобиков (1,3–1,9 кг), которые превышали норматив, соответственно, в 1,7–2,2 раза. Для подавления амуром высшей водной растительности (80–100 % зарастаемости водного зеркала пруда) кормление карпа зерном осуществляли с августа до середины сентября, что привело к более низким навескам 3-летков карпа (0,53–0,76 кг).

Таблица 3. **Рыбопродуктивность прудов при использовании микробного препарата «Биопруд», 2022г.**
Table 3. **Fish productivity ponds when using the microbial preparation «Bioprud», 2022**

Вариант	Сроки и нормы внесения микробного препарата, л/га	Вид рыбы	Плотность посадки, шт./га	Выход с га		Рыбопродуктивность, кг/га	Затраты корма, ед.
				Рыбопродукция, кг	средняя масса рыбы, г		
1	осень предыдущего года 3,0	карп	1191	832,7	758,0	583,2	1,73
		белый амур	200	192,7	1038,8	140,7	
		пестрый толстолобик	93	146,1	1675,0	88,6	
		Итого	**1483**	**1171,5+ 96,5**		**812,5+ 51,4**	**1,73+ 0,03**
2	весна текущего года 3,0	карп	1191	681,1	574,2	413,1	**2,22**
		белый амур	200	205,6	1016,7	149,6	
		пестрый толстолобик	93	172,3	1857,2	110,8	
		Итого	**1483**	**1059,0+ 37,1**		**673,5+ 10,6**	**2,22+ 0,06**
3	контроль -	карп	1191	611,4	532,2	352,4	2,46
		белый амур	200	215,1	1070,0	159,1	
		пестрый толстолобик	93	122,9	1286,2	61,4	
		Итого	**1483**	**949,4+ 110,7**		**572,8+ 78,2**	**2,46+ 0,02**

Таким образом, анализ полученных рыбоводных данных показал, что лучшие рыбоводные результаты были получены при использовании препарата «Биопруд» по грунтам в осенний период из расчета 3,0 л/га, с внесением по воде в последующий год их использования ограниченной дозы минеральных удобрений (40 % нормы). При этом общая рыбопродуктивность прудов по сравнению с контрольными прудами увеличилась на 41 %, затраты кормов на прирост рыбы снизились на 29,7 %.

Выводы. Изучено влияние препарата микробного «Биопруд» на формирование естественной кормовой базы и рыбопродуктивность при разных сроках его внесения по донным отложениям экспериментальных нагульных прудов.

Показано, что обработка донных отложений препаратом «Биопруд» из расчета 3 л/га не оказывает отрицательного влияния на гидрохимический режим прудов.

Выявлено пролонгированное действие препарата на регенерацию биогенов из донных отложений на протяжении большей части вегетационного сезона. Отмечено увеличение содержания общего минерального азота в воде на 5 и 35 день; фосфатов на 5, 35, 72 и 122 день после залития прудов водой.

Определено развитие планктонных и бентосных организмов при использовании препарата микробного «Биопруд». Применение микробного препарата из расчета 3,0 л/га с ограниченной дозой азотно-фосфорных удобрений (не более 40 %от нормы) способствует достижению естественной рыбопродуктивности на уровне 1,58–1,67 ц/га, что превышает нормативные показатели на 32–39%.

Выявлено, что применение препарата микробного способствует оздоровлению выращиваемых рыб и поддержанию нормативной упитанности.

Установлено, что интродукция препарата микробного «Биопруд» в донные отложения увеличивает общую рыбопродукцию опытных прудов по сравнению с контрольными прудами на 11–23 %, рыбопродуктивность на 17–42 %, при снижении затрат кормов на прирост рыбы на 9,7–29,7 %. Наибольший прирост рыбы отмечен в группе прудов, где донные отложения обрабатывались препаратом с осени предыдущего года.

Список использованных источников

1. Камлюк, Л.В. Закономерности функционирования зоопланктонного сообщества экосистем рыбоводных прудов :автореф. дис. ... д-ра биол.наук :

03.00.18/ Л.В. Камлюк ; Акад. наук Беларуси, Ин-т зоологии. — Минск, 1992. — 39 с.
2. Александрийская, А.В. Химический состав почвы прудов и их взаимосвязь с продукционными процессами в условиях интенсивного рыбоводства :автореф. дис. ... канд. биол. наук :06.02.04/ А.В. Александрийская ; Калининград. техн. ин-т рыб. пром-сти и хоз-ва. — Калининград, 1974. — 33 с.
3. К вопросу об использовании бактериального консорциума для трансформации биогенов из грунтов рыбоводных прудов / В.Ю. Агеец [и др.] // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. — Минск, 2022. — Т. 14. — С. 209–221. https://doi.org/10.47612/2226-3136-2022-14-209-221
4. Вода рыбоводческих прудов. Требования : СТБ 1943-2009. — Введ. 01.08.09. — Минск : Госстандарт, 2009. — 10 с.
5. Морузи, ИВ. Определение величины естественной рыбопродуктивности прудов /И.В. Морузи, Е.В. Пищенко, П.Б. Белоусов //Рыбоводство и рыб. хоз-во. — 2016. — № 2. –С. 50–52.
6. Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых и садковых хозяйств Беларуси / В.В. Кончиц [и др.] ; ред. В.В. Кончиц. — Минск : [б. и.], 2011. — 85 с.

Reference

1. Kamlyuk L.V. *Zooplankton community of fish pond ecosystems patterns of functioning.* Abstract of Ph.D diss. Minsk, 1992. 39 p. (in Russian).
2. Aleksandriiskaya A.V. *The chemical composition of the soil of ponds and their relationship with production processes under conditions of intensive fish farming.* Abstract of Ph.D. diss. Kaliningrad, 1974. 33 p. (in Russian).
3. Aheyets U.Yu., Kalamiyets E.I., Voronova G.P., Mandryk-Litvinkovich M.N., Tavrykina O.M., Litvinova A.G., Shmyga E.Yu., Girilovich N.I., Rakach S.I. The problem of utilizing bacterial consortium for transformation of biogenic materials from sediments of fish ponds. *Mikrobnye biotekhnologii: fundamental'nye i prikladnye aspekty: sbornik nauchnykh trudov* [Microbial biotechnologies: fundamental and applied aspects: collection of scientific papers]. Minsk, 2022, vol. 14, pp. 209–221 (in Russian). https://doi.org/10.47612/2226-3136-2022-14-209-221
4. STB 1943-2009. *Water of fish ponds. Requirements.* Minsk, Gosstandart Publ., 2009. 10 p. (in Russian).
5. Moruzi I.V., Pishchenko E.V., Belousov P.V. Idefinition of magnitude natural fish productivity ponds. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaistvo = Fish Breeding and Fisheries*, 2016, no. 2, pp. 50–52 (in Russian).
6. Konchits V.V. (ed.). *Fish and biological standards for the operation of pond and cage farms in Belarus.* Minsk, 2011. 85 p. (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

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@mail.by

Дашкевич Виктор Карлович — кандидат химических наук, заведующий 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: v.dashkevich@gmail.com

Литвинова Анастасия Геннадьевна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник 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: 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@mail.by

Хотин Виталий Андреевич — младший 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@mail.by

Коломиец Эмилия Ивановна — генеральный директор, академик, доктор биологических наук, ГНПО «Химический синтез и биотехнологии» (ул. Академика Купревича, 2, 220084, Минск, Республика Беларусь). E-mail: kolomiets@biotech.bas-net.by; kolomiets@mbio.bas-net.by

Мандрик-Литвинкович Марина Николаевна — кандидат биологических наук, начальник отдела регуляции микробиоценозов техногенных экосистем, ГНПО «Химический синтез и биотехнологии» (ул. Академика Купревича, 2, 220084, Минск, Республика Беларусь). E-mail: gnpo@biotech.bas-net.by

Information about the authors

Uladzimir Yu. Aheyets — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Galina P. Voronova — PhD (Biology), Leading Researcher of Lab. Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Viktor K. Dashkevich — PhD (Chemical), Heard of Laboratory Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v.dashkevich@gmail.com

Anastasiya G. Litvinava — PhD. (Biology), assistant professor, Leading Researcher of Lab. Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nastya_litvinova_1986@mail.ru

Svetlana I. Rakach — Researcher of Lab. Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Vitaliy A. Khotin — Junior researcher of Lab. Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Emilia I. Kolomiets — Doctor of Biological Sciences, academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Director General of the Scientific and Production Association «Chemical Synthesis and Biotechnology» (2, Kuprevich Str., 220084, Minsk, Republic of Belarus Belarus). E-mail: kolomiets@biotech.bas-net.by; kolomiets@mbio.bas-net.by

Marina N. Mandryk-Litvinkovich — PhD. (Biology), assistant professor, Head of the microbiocenoses of technogenic ecosystems regulation department of the Scientific and Production Association «Chemical Synthesis and Biotechnology» (2, Kuprevich Str., 220084, Minsk, Republic of Belarus Belarus). E-mail: gnpo@biotech.bas-net.by

УДК 579.66:577.112

Поступила в редакцию 02.05.2023
Received 02.05.2023

А.Г. Литвинова, Г.П. Воронова, В.К. Дашкевич, С.И. Ракач, В.А. Хотин

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

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОКОМПОСТОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОВАРНЫХ ДВУХЛЕТКОВ КАРПА В ПОЛИКУЛЬТУРЕ

Аннотация. Оценена эффективность действия 2 видов компостов, разработанных для рыбной отрасли, на развитие основных сообществ живых организмов прудов и выход рыбопродукции. Установлено, что их применение позволяет сократить расходы на кормление рыбы и дорогостоящие удобрения, а также дает возможность удобрять категории прудов, где запрещено применение навоза.

Большинство нормируемых показателей при внесении компостных смесей не превышали установленных нормативов.

В вариантах, где достигнуто наибольшее развитие сообществ фито- и зоопланктона, показатели биомассы превышали контрольные в 2–3 раза. При применении компостных смесей в прудах отмечалось доминирование зеленых водорослей (21,6–73,8 %) и копеподитных стадий веслоногих (47,3–53,6 %), среди макрозообентоса — личинок хирономид.

Внесение в пруды разработанных биокомпостных смесей позволило повысить естественную рыбопродуктивность на 41,1–60,0 % по сравнению с контрольными неудобряемыми прудами, а также увеличить выход рыбопродукции на 25,5–96,8 %.

Ключевые слова: товарная рыба, биокомпосты, удобрение, норма внесения, фитопланктон, зоопланктон, зообентос, численность, биомасса, зерно, рыбопродуктивность, рыбопродукция

Anastasiya G. Litvinava, Galina P. Voronova, Viktor K. Dashkevich, Svetlana I. Rakach, Vitaliy A. Khotin

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

EFFECT OF BIOCOMPOSTS USE ON THE RESULTS OF COMMERCIAL TWO-YEAR-OLD CARP CULTIVATION IN POLYCULTURE

Abstract. The effectiveness of 2 types of composts for the fish industry was assessed on the basis of main communities of living organism's development

and the yield of fish products in ponds. It was established that their use reduces the cost of feeding fish and expensive fertilizers, and also makes it possible to fertilize the categories of ponds where the use of manure is prohibited.

Most of the standardized parameters when adding compost mixtures did not exceed the established standards.

In the variants where the greatest development of phytoplankton and zooplankton communities was achieved, biomass parameters exceeded the controls by 2–3 times. When using compost mixtures in ponds, the dominance of green algae (21,6–73,8 %) and copepodit stages of copepods (47,3–53,6 %) was noted, among macrozoobenthos — chironomid larvae.

The introduction of the developed biocompost mixtures into the ponds made it possible to increase the natural fish productivity by 41,1–60,0 % compared to the control not fertilized ponds, as well as to increase the yield of fish production by 25,5–96,8 %.

Keywords: marketable fish, biocomposts, fertilizer, rate of introduction, phytoplankton, zooplankton, macrozoobenthos, number, biomass, grain, fish productivity, fish production

Введение. Современное ведение рыбной отрасли предполагает применение интенсивных технологий для улучшения культуры производства рыбы. Необходимым элементом интенсификации аквакультуры является внесение минеральных и органических удобрений как наиболее действенных средств повышения рыбопродуктивности.

В настоящее время из-за увеличивающейся стоимости минеральные удобрения в прудах практически не применяются. Использование же органических удобрений (навоза) в рыбоводных прудах должно проводиться с большими ограничениями, так как они при разложении в воде потребляют большое количество кислорода и могут вызывать заморные явления [1, 2]. Кроме этого, внесение навоза усложняется отрицательным влиянием на ихтиофауну имеющихся в нем патогенных микроорганизмов и гельминтов, в связи с чем при выращивании товарной рыбы внесение навоза в пруды запрещено [3, 4].

В связи с вышеуказанным возрастает необходимость компостирования как наиболее эффективного, экологичного и экономически выгодного способа переработки органических отходов различного происхождения.

В настоящее время рыбхозы достаточно широко используют компосты для удобрения прудов. Так, в 2020 г. рыбоводными организациями для выращивания сеголетка в пруды было внесено 7046 т компостов, для выращивания товарной рыбы и рыбопосадочного материала в вы-

растных прудах — 14667 т. Однако компостирование представляет собой достаточно долгий процесс и требует научного подхода для правильно подбора соотношения исходных компонентов, современных методов, включающих в том числе и использование ускорителей созревания — биоактиваторов, обеспечивающих в том числе получение сбалансированных по химическому составу удобрений, не содержащих патогенных и инфекционных организмов.

Целью работы являлось изучение влияния разработанных экспериментальных компостов на формирование естественной кормовой базы рыб и рыбопродуктивности рыбоводных прудов.

Материалы и методы исследований. Работы проведены в 2021–2022 гг. на базе РУ «Вилейка». В летний период первого года на территории рыбхоза были заложены компостные массы двух видов. В качестве основы они имели общий состав: наземная и надводная *растительность прудов* рыбхоза (тростник, рогоз, камыш), *донные отложения* из прудов, а также *органические удобрения* (навоз), весовое соотношение компонентов 0,8:1:1. Укладку компонентов в компостах производили послойно.

Для ускорения созревания и повышения эффективности действия компостов использовали два вида биоактиваторов белорусского производства: КАС (Карбамидо-аммиачная смесь — жидкое азотсодержащее удобрение, представленное водным раствором аммиачной селитры и карбамида) и Полибакт (комплексный микробный препарат для восстановления микробоценоза почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур). Препараты разводили водой согласно инструкции, ими поливался каждый слой при укладке компостной кучи. В первом компосте для биоактивации применяли препарат КАС, во втором — Полибакт.

В исследованиях вегетационного сезона 2022 г. были задействованы 10 экспериментальных прудов РУ «Вилейка» площадью 0,24 га каждый, по 2 пруда на разовые отрабатываемые дозы внесения (5 и 2,5 т/га) обоих видов компоста, итого 4 варианта опыта и контроль (табл. 1).

Экспериментальные пруды зарыбляли поликультурой рыб (годовики карпа, пестрого толстолобика и белого амура, трехлеток белого амура) из расчета 1633 экз./га. Минеральные азотно-фосфорные удобрения (аммиачная селитра и аммофос) вносили пятикратно за сезон из расчета 25 кг/га. Кормление рыбы в прудах осуществляли кормовым пшеничным зернопродуктом из расчета 2–3 кг/пруд разового внесения. Кормление проводилось 5-кратно в июле и сентябре, 11 раз — в авгус-

те. За сезон в каждый пруд внесли зернопродукта из расчета 188–196 кг/га, кормовые затраты на единицу прироста ихтиомассы колебались в районе 1,88–1,96 ц/га.

Таблица 1. **Нормы внесения компостных смесей в рыбоводные пруды, РУ «Вилейка»**
Table 1. **Norms for adding compost mixtures into fish ponds, RU «Vileika»**

Биоактиватор в составе компоста	Доза внесения компоста, т/га		
	5	2,5	0
КАС	Пруды №№ 21, 22 Вариант 1	Пруды №№ 23, 24 Вариант 2	Контроль
Полибакт	Пруды №№ 25, 26 Вариант 3	Пруды №№ 27, 28 Вариант 4	

В целом необходимо отметить, что посадку рыбы, ее кормление, а также внесение минеральных удобрений во всех прудах — как опытных, так и контрольных — проводили по одной схеме.

Результаты исследований. Нами были проанализированы гидрохимические показатели исследуемых прудов (табл. 2), развитие основных сообществ живых организмов и выход рыбной продукции. Выявлено, что на протяжении периода исследований водородный показатель колебался в диапазоне 6,59–8,57 ед., находясь в рамках технологических норм. Отмечалось подкисление водной среды под действием внесенных компостных смесей с тенденцией понижения pH по вариантам от 4-ого к 1-ому. Содержание фосфатов воде прудов находилось в рамках установленной технологической нормы [5, 6], при этом отмечалось более высокое их содержание в тех прудах, в которые вносили компост на основе препарата Полибакт (среднесезонное значение составило 0,18 мгР/л в 3 и 0,15 мгР/л в 4 вариантах опыта).

1 вариант опыта (КАС в дозе 5 т/га) характеризовался очень высоким на фоне остальных среднесезонным содержанием общего азота (6,15 мг/л). Так, для него отмечено 4-кратное превышение концентрации нитратов и на 25,9 % более высокое содержание ионов аммония по сравнению с контролем. Необходимо отметить тот факт, что среднесезонное содержание аммонийного азота во всех экспериментальных прудах и нитратов в 1 варианте опыта превышало установленные нормативом допустимые величины (1,0 г/м^3 для иона аммония и 3,0 г/м^3 для нитрат-иона) из-за повышенных концентраций этих ионов в конце июня и августа.

Таблица 2. **Гидрохимический режим экспериментальных прудов рыбхоза «Вилейка» при внесении компостных смесей, 2022 г. (среднесезонные показатели)**
Table 2. **Hydrochemical regime of experimental ponds of the fish farm «Vileyka» when compost mixtures are applied, 2022 (seasonal averages)**

Показатели	Варианты					Нормативные значения для летних карповых прудов [5, 6]
	1	2	3	4	контроль	
Кислород растворенный, мгO_2/л	7,3	7,53	6,54	7,93	8,497	6,0–8,0
Насыщение кислородом, %	71,8	75,0	67,1	82,8	81,9	–
Водородный показатель, pH	7,63	7,85	8,09	8,12	8,26	7,0–8,5
Свободная углекислота, мг/л	28,5	11,3	32,5	14,0	23,7	10,0–30,0
Гидрокарбонаты, мг/л	156	165	163	156	161,2	–
Температура, °C	17,8	18,0	17,8	18,1	17,4	–
Прозрачность, м	0,98	0,86	0,86	0,74	0,84	0,5
Фосфаты, мгP/л	0,104	0,122	0,180	0,15	0,157	0,1
Перманганатная окисляемость, мгO/л	12,7	13,7	13,9	13,9	13,1	10,0–15,0
Хлориды, мг/л	3,29	2,8	2,8	3,29	3,29	–
Общая жесткость, мг-экв./л	2,8	2,6	2,5	2,7	2,6	–
Кальций, мг/л	34	34	36	34	35	–
Железо общее, мг/л	0,008	0,028	0,074	0,028	0,067	До 2,0
Аммонийный азот, мгN/л	1,80	1,09	1,01	1,34	1,43	0,5–1,0
Нитраты, мгN/л	4,34	0,38	0,23	0,59	1,101	0,2–1,0
Нитриты, мгN/л	0,01	0,02	0,02	0,02	0,014	0,08
Общий азот, мгN/л	6,15	1,49	1,26	1,95	2,545	–

Среднесезонные значения содержании растворенного в воде кислорода в прудах составляли 6,54–8,50 мг/дм^3, насыщение воды кислородом было максимальным в контрольных прудах. Отмечалось высокое содержание в воде прудов свободной углекислоты, особенно в 1 и 3 вариантах опыта, куда вносились компосты в дозировке 5 т/га и где отмечалось даже превышение допустимого значения 30 мл/л. Осталь-

ные показатели качества воды в прудах (прозрачность, температурный режим, перманганатная окисляемость, нитрит-ионы, хлорид-ионы, кальций, магний, железо) отличались в исследуемых вариантах незначительно и не превышали установленных нормативных значений.

Таким образом, внесение экспериментальных компостов в пруды сопровождалось некоторым ухудшением их кислородного режима, но в то же время приводило к повышению содержания в воде биогенов (N, P).

Биомасса представителей фитопланктона за исследованный сезон была умеренно низкой, среднесезонные значения по вариантам оставляли 1,46–12,34 мг/л. Самое низкое значение отмечено в прудах 1 варианта, самое высокое — в прудах 4 варианта. Наиболее многочисленными в опытных прудах, особенно в конце сезона, являлись зеленые и синезеленые водоросли, которые являются ценными в кормовом отношении (среднее за сезон — от 21,6 % до 73,8 %), в прудах контрольного варианта зеленые водоросли доминировали практически весь сезон. Пиком развития фитопланктона в сезонной динамике явился конец августа при высоких температурах и накоплении в прудах легкоокисляемых органических веществ, при этом биомасса достигала 21,37–56,57 мг/л за счет массового развития зеленых водорослей.

Как в экспериментальных, так и в контрольных прудах основу биомассы зоопланктона формировали копеподитные стадии развития веслоногих ракообразных. Высокая доля молоди копепод (46,3–53,6 %) свидетельствует о сильном прессе рыб на зоопланктон и выедании его крупных форм.

Биомасса зоопланктона в исследованный период колебались в пределах 0,11–8,6 мг/л, в среднем за сезон по вариантам — от 1,37до 3,92 мг/л. Самые высокие значения биомассы и наиболее выраженные ее колебания отмечены в прудах 2 и 3 вариантов, самые низкие среднесезонные значения и слабые скачки биомассы отмечались в прудах 1 и 4 вариантов опыта, где показатели были сравнимы с контрольными.

В сезонной динамике отмечались два пика в развитии биомассы зоопланктона: весенний, преимущественно в середине мая, и летний, когда максимум биомассы в большинстве вариантов отмечен в середине июля. В этот период высокий вклад в создание биомассы вносили представитель ветвистоусых ракообразных *Bosmina longirostris* и коловратка *Asplanchna priodonta*.

Анализ кормовой базы экспериментальных прудов показал эффективность применения компостных смесей на увеличение численности и биомассы сообществ зоопланктона во всех вариантах опыта и эффект от

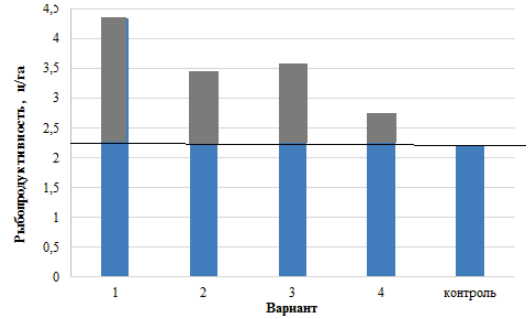
внесения компоста на основе Полибакта на развитие сообществ фитопланктона. Наиболее эффективным на увеличение концентрации зоопланктона сказалось внесение в пруды компоста на основе КАС в дозировке 2,5 т/га (пруды 2 варианта) и на основе Полибакта в дозировке 5 т/га (пруды 3 варианта), на увеличение численности и биомассы фитопланктона — внесение компоста на основе Полибакта (3–4 варианты).

Биомассу макрозообентоса в экспериментальных прудах формировали преимущественно личинки хирономид (Сем. Chironomidae: *Pentapedilum exectum*, *Glyptotendipes gripekoveni*, *Polypedilum scalaenum* и *Chironomus plumosus*) и малощетинковые черви (Кл. Oligochaeta). Показатели численности и биомассы были очень низкими, поскольку бентос практически полностью элиминировался карпом. Среднесезонный показатель численности колебался в районе 21–50 экз./м^2, средняя за сезон биомасса бентоса варьировала по вариантам от 0,04 до 0,26 г/м^2. Более высокие показатели отмечались в прудах 1 и 2 вариантов, куда вносились компосты на основе КАС.

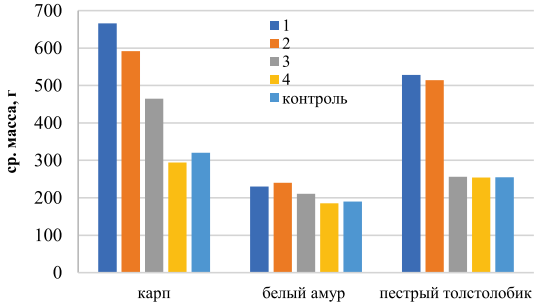
Расчет естественной рыбопродуктивности экспериментальных прудов за вегетационный период проводился по методике И.В. Морузи и др., 2016 г. [7] с использованием собственных данных по продукции фито-, зоопланктона и бентоса и с учетом 190-дневного вегетационного сезона. Он показал эффективность применения компостных смесей в качестве органического удобрения. Так, внесение компостов способствовало росту естественной рыбопродуктивности по сравнению с контрольным значением (84,1 кг/га) на 48–109 % с максимальным значением для второго опытного варианта (176 кг/га). Отмеченное ниже контрольного значение показателя в прудах 1 варианта может быть связано с выеданием кормовых организмов, а также естественными сукцессиями, происходящими в пруду.

По результатам проведенных обловов отмечено увеличение рыбопродуктивности экспериментальных прудов (рис. 1), в которые вносились компосты, по сравнению с контрольной группой прудов (2,2 ц/га) на 25,5–96,8 %.

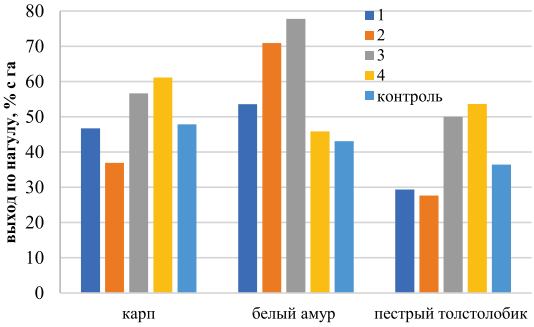
Более высокие значения общей рыбопродуктивности отмечались при внесении компоста на основе КАС (4,33 и 3,39 ц/га в 1 и 2 вариантах) и при внесении обеих компостных смесей в разовой дозе 5 т/га (4,33 ц/га в 1 варианте и 3,56 ц/га в 3 варианте). Таким образом, самая высокая рыбопродуктивность отмечена для 1 варианта опыта (в общем она составила 4,33 ц/га, рыбопродуктивность по карпу составила 2,93 ц/га).



а) общая рыбопродуктивность



б) средняя масса двухлетка



в) процент выхода

Рис. 1. Рыбоводные данные по экспериментальным прудам рыбхоза «Вилейка» при внесении компостных смесей, 2022 г: а) общая рыбопродуктивность; б) средняя масса двухлетка; в) процент выхода

Fig. 1. Fish-breeding data on experimental ponds of the fish farm «Vileyka» when compost mixtures are applied, 2022: a) total fish productivity; b) average weight of a two-year-old; c) percentage of yield

Аналогичная тенденция отмечена и в отношении влияния внесенных компостов на среднюю конечную навеску двухлетков рыб, особенно выраженная в отношении *двухлетков карпа*. Средняя навеска контроля, составившая 320 г (при нормативной величине 400–440 г), оказалась на 108,85 и 45 % ниже полученной средней навески в 1 (666 г), 2 (592 г) и 3 (465 г) вариантах опыта. Очень эффективно сказалось и внесение компостных смесей на основе КАС на прирост средней конечной массы *пестрого толстолобика*. Отмечено 2-кратное увеличение средней навески в 1–2 вариантах (514–528 г) по сравнению с контрольной (255 г).

Выход двухлетков карпа (36,9–61,2 %) и пестрого толстолобика (27,7–53,7 %) во всех вариантах был ниже соответствующих нормативных значений, составляющих 85 % и 75 % по карпу и пестрому толстолобику соответственно. При этом в вариантах 3 и 4, куда вносили компосты на основе Полибакта, выход по нагулу для обоих видов и превосходил полученные контрольные показатели (47,9 % и 36,5 % по карпу и пестрому толстолобику). Все 4 экспериментальных варианта дали больший выход по белому амуру по сравнению с контролем (43,05 %), максимальные значения, близкие к нормативному выходу по белому амуру (85 %), были достигнуты во 2 (70,9 %) и 3 (77,8 %) вариантах.

Выводы. Изучено действие биокомпостов двух видов, составленных на основе местного сырья с применением различных биоактиваторов, на гидрохимический режим и развитие естественной кормовой базы экспериментальных прудов, показатели их рыбопродуктивности. Отработаны разные дозы внесения компостов в пруды, составившие 5 и 2,5 т/га.

Отмечено увеличение содержания в воде фосфатов при внесении компостов на основе препарата Полибакт и минерального азота с внесением компоста на основе КАС в дозе 5 т/га.

Выявлено положительное влияние внесения компостов на развитие сообществ фитопланктона, зоопланктона и макрозообентоса, что в конечном счете приводило к увеличению естественной рыбопродуктивности прудов на 48–109 %.

Отмечено увеличение рыбопродуктивности при внесении компостов по сравнению с контролем (2,2 ц/га): до 4,33 и 3,39 ц/га при применении компоста на основе КАС из расчета 5 и 2,5 т/га и до 3,56 и 2,76 ц/га при применении компоста на основе Полибакта из расчета 5 и 2,5 т/га.

Больший прирост рыбопродукции отмечался в вариантах с внесением компостов на основе КАС и обоих видов компостов в дозировке 5 т/га. Самый высокий выход рыбопродукции, близкий к общему нормативному 4,6–5,2 ц/га, отмечен в варианте с внесением компоста на основе КАС в разовой дозе 5 т/га.

Список использованных источников

1. Винберг, Г.Г. Удобрение прудов / Г.Г. Винберг, В.П. Ляхнович. — М. : Пищевая пром-сть, 1965. — 271 с.
2. Мартышев, Ф.Г. Прудовое рыбоводство / Ф.Г. Мартышев — М. : Кн. по требованию, 2012. — 428 с.
3. Болтовский, В.С. Проблемы гидролитической переработки растительной биомассы и перспективные пути их решения / В.С. Болтовский, Ю.В. Кардаш, О.В. Остроух // Новейшие достижения в области инновационного развития в химической промышленности и производстве строительных материалов : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 18–20 нояб. 2015 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; редкол.: И.М. Жарский [и др.]. — Минск, 2015. — С. 305–308.
4. Кольга, Д.Ф. Переработка навоза в экологически безопасные органические удобрения / Д.Ф. Кольга, А.С. Васько. — Минск : БГАТУ, 2017. — 126 с.
5. Вода рыбоводческих прудов. Требования : СТБ 1943-2009. — Введ. 01.08.09. — Минск : Госстандарт, 2009. — 10 с.
6. Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых и садковых хозяйств Беларуси / В.В. Кончиц [и др.] ; ред. В.В. Кончиц. — Минск : [б. и.], 2011. — 85 с.
7. Морузи, И.В. Определение величины естественной рыбопродуктивности прудов / И.В. Морузи, Е.В. Пищенко, П.В. Белоусов // Рыбоводство и рыб. хоз-во. — 2016. — № 2. — С. 50–52.

References

1. Vinberg G.G., Lyakhnovich V.P. *Fertilizing ponds*. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1965. 271 p. (in Russian).
2. Martyshev F.G. *Pond fish breeding*. Moscow, Kniga po trebovaniyu Publ., 2012. 428 p. (in Russian).
3. Boltovskii V.S., Kardash Yu.V., Ostroukh O.V. Problems of hydrolytic processing of plant biomass and promising ways to solve them. *Noveishie dostizheniya v oblasti innovatsionnogo razvitiya v khimicheskoi promyshlennosti i proizvodstve stroitel'nykh materialov: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, 18–20 noyabrya 2015 g.* [The latest in innovative development in the chemical industry and the production of building materials: proceedings of the International scientific and technical conference, November 18–20, 2015]. Minsk, 2015, pp. 305–308 (in Russian).

4. Kol'ga D.F., Vas'ko A.S. *Processing manure into environmentally friendly organic fertilizers*. Minsk, Belarusian State Agrarian Technical University, 2017. 126 p. (in Russian).
5. STB 1943-2009. *Water of fish ponds. Requirements*. Minsk, Gosstandart Publ., 2009. 10 p. (in Russian).
6. Konchits V.V. (ed.). *Fish and biological standards for the operation of pond and cage farms in Belarus*. Minsk, 2011. 85 p. (in Russian).
7. Moruzi I.V., Pishchenko E.V., Belousov P.V. Idefinition of magnitude natural fish productivity ponds. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaistvo = Fish Breeding and Fisheries*, 2016, no. 2, pp. 50–52 (in Russian).

Сведения об авторах

Литвинова Анастасия Геннадьевна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник 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: 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@mail.by

Дашкевич Виктор Карлович — кандидат химических наук, заведующий 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: v.dashkevich@gmail.com

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@mail.by

Хотин Виталий Андреевич — младший 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@mail.by

Information about the authors

Anastasiya G. Litvinava — PhD. (Biology), assistant professor, Leading Researcher of Lab. Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nastya_litvinova_1986@mail.ru

Galina P. Voronova — PhD (Biology), Leading Researcher of Lab. Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Viktor K. Dashkevich — PhD (Chemical), Heard of Laboratory Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v.dashkevich@gmail.com

Svetlana I. Rakach — Researcher of Lab. Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Vitaliy A. Khotin — Junior researcher of Lab. Hidrobiology and Hidrochemistry, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

УДК 639.3.07: 639.371/.374

Поступила в редакцию 01.10.2022
Received 01.10.2022

С.Н. Пантелей, В.Д. Сенникова, М.Н. Исаенко

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА БЕЛОГО АМУРА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. В статье приведено обоснование необходимости исследований, направленных на увеличение эффективности производства посадочного материала белого амура и, следовательно, увеличение его производства в условиях прудовой аквакультуры Беларуси. Приведен краткий анализ существующих проблем в этой области и определены основные пути их решения. Приведены предварительные результаты исследований в избранном направлении, в частности, материалы по количественным и качественным характеристикам питания молоди белого амура на различных этапах выращивания, полученные в ходе исследований рыбоводные результаты, данные по биохимическому составу сеголетков при разных вариантах выращивания в монокультуре в конце вегетационного сезона. Также приведен сравнительный анализ результатов зимовки белого амура, выращенного в различных условиях, в частности, оценены выживаемость, биохимические и физиологические показатели у полученных годовиков белого амура.

В ходе исследований установлена перспективность выбранного направления исследований, а также использованных способов повышения эффективности получения посадочного материала белого амура и его зимовки в условиях прудовой аквакультуры республики. Установлено, что подращивание личинки белого амура при совместном использовании живых и концентрированных кормов является эффективным приёмом увеличения выживаемости на начальных этапах выращивания молоди и обеспечивает высокие производственные показатели — выживаемость и темп роста. Установлены существенные отличия в характеристиках питания молоди белого амура по сравнению с другими прудовыми карповыми рыбами по истечении ориентировочно 40-суточного периода жизни. Выявлено, что организмы зоопланктона, являющиеся

целевыми объектами при стимулировании развития кормовой базы прудов, составляют основу питания молоди белого амура только на протяжении 20 (в случае подрощенной личинки) — 35 суток содержания в прудах. За такой период выраженный эффект может дать только навоз, используемый в полной дозе до залития прудов и используемый зоопланктоном в качестве источника углерода почти непосредственно, использование минеральных удобрений малоэффективно. При выращивании белого амура в монокультуре во всех вариантах достигнуты высокие показатели рыбопродуктивности (348–361 кг/га). В вариантах, зарыбленных подрощенной личинкой, средняя индивидуальная навеска сеголетков была выше, чем в вариантах с неподрощенной. Выживаемость в варианте с неподрощенной личинкой была более низкой. Сеголеток, полученный из подрощенной личинки, обладал, на уровне тенденции, более благоприятным для зимовки биохимическим составом, поскольку им накоплено большее количество питательных веществ при более высокой средней индивидуальной массе (25,8 г). Годовик, полученный из подрощенной личинки, не проявил в заметной степени разницы с годовиком из неподрощенной личинки по выживаемости в ходе зимовки. Выживаемость составила 80 и 78 %, соответственно. Однако в биохимическом составе наблюдались некоторые различия: годовик, полученный из подрощенной личинки, обладал несколько лучшими биохимическими показателями по сравнению с годовиком, полученным из неподрощенной личинки. Гематологические показатели у всех годовиков белого амура после зимовки были в пределах возрастной нормы, что свидетельствует о хорошем физиологическом состоянии годовиков белого амура и способности адаптироваться к условиям выращивания.

Ключевые слова: белый амур, монокультура, посадочный материал, личинка, сеголетки, годовики, питание, биохимический состав, физиологическое состояние

Sergey N. Panteley, Violetta D. Sennikova, Marina N. Isaenko

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

RESULTS OF RESEARCH ON INCREASING THE EFFICIENCY OF WHITE AMUR PLANTING MATERIAL PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. The article provides a justification for the need for research aimed at increasing the production efficiency of grass carp planting material and, consequently, increasing its production in the conditions of pond aquaculture

in Belarus. A brief analysis of the existing problems in this area is given and the main ways to solve them are identified. Preliminary results of research in the chosen direction are presented, in particular, materials on quantitative and qualitative characteristics of feeding of grass carp juveniles at various stages of cultivation, fish-breeding results obtained during research, data on the biochemical composition of fingerlings with different variants of growing in monoculture at the end of the growing season. A comparative analysis of the results of wintering of the grass carp, grown in various conditions, is also given, in particular, the survival rate, biochemical and physiological indicators of the obtained yearlings of the grass carp are evaluated.

In the course of the research, the prospects of the chosen research direction, as well as the methods used to increase the efficiency of obtaining grass carp seeds and its wintering in the conditions of pond aquaculture of the republic were established. It has been established that the rearing of the larva of the grass carp with the combined use of live and concentrated feeds is an effective method of increasing survival at the initial stages of growing juveniles and provides high production indicators — survival and growth rate. Significant differences have been established in the feeding characteristics of the juvenile grass carp compared with other pond carp fish after an approximately 40-day life period. It has been revealed that zooplankton organisms, which are the target objects for stimulating the development of the pond feeding base, form the basis of feeding of the young grass carp only for 20 (in the case of an undergrown larva) — 35 days of keeping in ponds. During such a period, only manure used in full dose before flooding ponds and used by zooplankton as a carbon source almost directly can give a pronounced effect, the use of mineral fertilizers is ineffective. When growing grass carp in a monoculture, high fish productivity indicators (348–361 kg/ha) were achieved in all variants. In the variants stocked with an undergrown larva, the average individual weight of fingerlings was higher than in the variants with an ungrown one. The survival rate in the variant with an untamed larva was lower. The fingerling obtained from an undergrown larva had, at the trend level, a more favorable biochemical composition for wintering, since it accumulated more nutrients with a higher average individual weight (25,8 g). The yearling obtained from the undergrown larva did not show a noticeable difference with the yearling from the ungrown larva in survival during wintering. Survival rates were 80 and 78 %.

Keywords: grass carp, monoculture, seeds, larva, fingerlings, yearlings, nutrition, biochemical composition, physiological state

Введение. По данным ФАО белый амур является видом, объём производства которого как в количественном, так и в стоимостном выражении является наибольшим. С 2010 до 2020 г его производство выросло с 3,80 до 5,32 % от общей продукции аквакультуры. Приоритет белого амура в прудовой аквакультуре обусловлен низкой себестоимостью

(на 8–9 % ниже по сравнению с карпом), более высокими по сравнению с толстолобиками пищевыми и кулинарными качествами, более низкой стоимостью кормов и значительным сокращением потребности в применении дорогостоящих животных белков для обеспечения рациона, что важно с точки зрения устойчивого роста производства и продовольственной безопасности.

В настоящее время наблюдается снижение уровня производства рыбы в условиях прудовой аквакультуры Беларуси. Общий вылов в 2020 г составил 10626 т, что составляет менее 80 % к уровню 2016 г. Это обусловлено рядом объективных причин и в первую очередь высокой стоимостью комбикормов. Дефицит средств в хозяйствах определяет снижение показателей интенсивности эксплуатации площадей, поскольку при более разреженных посадках затраты кормов на единицу площади ниже. В то же время эффективность эксплуатации площадей снижается, а относительные затраты труда увеличиваются.

В таких условиях применение усовершенствованных технологий выращивания рыбы может позволить нивелировать создавшуюся ситуацию. В частности, выращивание товарной рыбы в прудах в поликультуре является научно обоснованным способом увеличения продуктивности рыбоводческих прудов, соответствующие технологии, используемые в рыбоводстве Беларуси, основаны на результатах многолетних исследований, направленных на изучение взаимоотношений различных видов в поликультуре, максимальное использование доступных ресурсов и минимальную конкуренцию за них отдельных видов. В большинстве прудов имеется достаточное количество доступных ресурсов (макрофитов) для увеличения показателей рыбопродуктивности на 5–10 % за счёт увеличения доли белого амура в поликультуре. Однако в настоящее время такой подход сопряжен с определёнными сложностями, обусловленными дефицитом посадочного материала белого амура.

Потомство белого амура в Беларуси может быть получено только в специальных условиях. Имеющиеся возможности единственного хозяйства, способного осуществлять воспроизводство растительноядных рыб, ограничены объёмом около 40 млн личинки за сезон, из них на белого амура приходится 40–50 %. Этот фактор обуславливает экстенсивный тип производства данного вида по традиционным технологиям.

При анализе материалов по производственным показателям прудовой аквакультуры за последние годы можно констатировать, что выход сеголетка от полученного количества личинки белого амура (около

20 млн экз.) составил 12,7 % (норматив 25–30 %, в зависимости от условий выращивания). Если обратить внимание на значительное расхождение фактических продукционных показателей производства посадочного материала белого амура с нормативными (12,7 и 27,5 % для сеголетка, соответственно), очевидными становятся как возможный подход к решению проблемы и потенциальная цель исследования (увеличение выживаемости при выращивании посадочного материала и сохранение его жизнестойкости при зимовке), так и необходимость к выработке доступных способов достижения этой цели.

Существующая практика выращивания младших возрастных групп тех же видов, обусловленная рядом экономических причин, экологически несовершенна. В первый год жизни совместное содержание белого амура с другими видами рыб менее эффективно по сравнению с монокультурой по следующим причинам:

- Личинкой карпа пруды зарыбляют в сроки, более ранние по сравнению с личинкой белого амура, поскольку созревание производителей белого амура требует большей суммы эффективных температур. Карп начинает питаться раньше, имеет более крупные размеры и поэтому в конкуренции за пищевые ресурсы имеет более выгодное положение;
- При облове выростных прудов, в которых карп и белый амур выращивались совместно, сортировка, как правило, не осуществляется для снижения затрат труда и исключения избыточной травматизации рыбы. Белый амур более чувствителен к условиям зимовки, поэтому при совместном содержании наблюдается его повышенная смертность;
- В весенний период совместно содержащийся посадочный материал также зарыбляется совместно, без определения доли отдельных видов, что зачастую не позволяет достигать оптимальных соотношений видов в поликультуре при выращивании товарной рыбы для достижения максимальных производственных показателей.

Для изменения существующей ситуации нужна реструктуризация производства, которая не является кардинальной и сводится к разделению площадей, используемых для выращивания отдельных видов, с отработкой оптимальных режимов кормления и других рыбоводно-биологических параметров выращивания сеголетков белого амура в монокультуре, а также к организации зимовки, позволяющей содержать

более чувствительный к неблагоприятным воздействиям окружающей среды материал способами, минимизирующими это воздействие. Своевременная реализация мелиоративных мероприятий (органическое, минеральное удобрение прудов, другие способы стимулирования развития компонентов естественной кормовой базы, ограниченное кормление) обеспечит достижение приемлемых рыбоводных показателей (4–5 ц/га). При этом выживаемость выращиваемых сеголетков приблизится к нормативным показателям (25–30 %). Экономический эффект в данном случае будет формироваться за счёт интенсификации использования основных производственных площадей для производства посадочного материала карпа, за счёт чего общий объём будет сохранен. За счёт централизации производства карпа будет высвобождена часть площадей, ранее использовавшиеся с недостаточной интенсивностью из-за высокой стоимости комбикормов и по другим объективным причинам. Они будут использованы для выращивания сеголетков белого амура в монокультуре. Кормление на этих площадях может осуществляться более дешевыми малокомпонентными кормами. За счёт этого высвободятся средства, необходимые для обеспечения достаточного уровня интенсификации производства посадочного материала карпа. Раздельное содержание видов позволит осуществлять также раздельную посадку на зимовку, не прибегая к трудозатратной и травматичной для посадочного материала ручной сортировке. Это упростит дальнейшую работу по получению продукции за счёт возможности чёткого контроля качества и количества посадочного материала при посадке на выращивание в нагульные производственные пруды, что необходимо для получения прогнозируемых результатов, расчёта норм кормления и необходимых объёмов мелиоративных мероприятий.

Учитывая изложенное, изучение условий, позволяющих получать посадочный материал белого амура с улучшенными производственными показателями в монокультуре, включая отработку комплекса мелиоративных мероприятий, плотностей посадок, необходимых объёмов кормления, других рыбоводно-биологических параметров, в том числе организации зимовки, позволяющей поддерживать выживаемость полученного посадочного материала и его физиологические показатели в оптимальных пределах, является одной из приоритетных целей научно-исследовательской деятельности в сфере прудовой аквакультуры.

Цель настоящего исследования — изучить питание молоди белого амура на различных этапах выращивания в условиях монокультуры,

биохимический состав сеголетков при разных вариантах выращивания в конце вегетационного сезона, провести сравнительный анализ результатов зимовки белого амура, содержавшегося в различных условиях: выживаемость, биохимические и физиологические показатели у полученных годовиков белого амура.

Ставились следующие задачи:

- Изучить количественные и качественные характеристики питания молоди белого амура на различных этапах выращивания;
- Оценить рыбоводные результаты, определить биохимический состав сеголетков при разных вариантах выращивания в конце вегетационного сезона;
- Провести сравнительный анализ результатов зимовки белого амура, содержавшегося в различных условиях: выживаемость, биохимические и физиологические показатели у полученных годовиков белого амура.

Материалы и методы исследований. Объект исследований — сеголетки и годовики белого амура, выращиваемые в монокультуре, содержимое их кишечников.

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

Исследования проводились в 2021 г. на базе двух рыбоводческих хозяйств — рыбхоза «Вилейка» и СГК «Изобелино». В ходе исследований отрабатывалось два основных направления увеличения производственных показателей по целевому объекту (сеголетку белого амура). На основании анализа доступной информации одним из таких направлений было определено подращивание личинки до более крупных размеров, обладающей развитой пищеварительной системой и навыками поиска корма, в том числе искусственного. Исходя из этого, было осуществлено на базе цеха воспроизводства и подращивания СГК «Изобелино» 16-суточное подращивание полученной из отделения «Белоозёрское» ОРХ «Селец» 3–5-суточной личинки белого амура. Также одним из стандартных подходов к увеличению производственных показателей сеголетков карповых рыб является направленное формирование кормовой базы, использование невысоких плотностей посадок, организация полнорационного кормления рыбы, что является основой традиционных технологий выращивания рыбы. Такой подход, оправдывающий себя при выращивании сеголетков карпа, а также зоопланктофагов — толстолобиков, как выяснилось при анализе характера питания, не

в полной мере соответствует биологическим потребностям сеголетков белого амура, выращиваемым в монокультуре.

Исследования включили 2 варианта опытов, основанных на зарыблении прудов в первом случае (с учётом высокой смертности неподрощенной личинки на начальных этапах) при создании более высокой плотности посадки (60 тыс. экз/га), во втором случае более низкой плотности (40 тыс. экз/га), создаваемой за счёт подрощенной личинки. При этом общие затраты полученной из отделения «Белоозёрское» 3–5-суточной личинки, использованной на каждый вариант, различались незначительно, так как 33 % личинок погибло в ходе подращивания.

На этом этапе исследований применялась стандартная методика стимулирования развития кормовой базы сеголетков карповых рыб. Использовался компостированный навоз (2,5 т/га), сульфоаммофос (260 кг/га) и карбамид (215 кг/га), при этом минеральные удобрения вносились в течение сезона дробно, из расчёта 25 кг/га в декаду. Кормление концентрированными кормами осуществляли из расчёта планируемой рыбопродуктивности 400 кг/га и природной рыбопродуктивности прудов 120 кг/га, кормового коэффициента 4. Исходя из этого, общий расход комбикормов в прудах всех вариантов составил 1120 кг/га.

Определение количественных и качественных характеристик питания молоди белого амура на различных этапах выращивания, биохимического состава сеголетков, выживаемости, биохимических и физиологических показателей у полученных годовиков белого амура осуществлялись по общепринятым методикам [1–5].

Основная часть. Количественные и качественные характеристики питания личинки белого амура. В ходе проведенных исследований установлено, что в ходе подращивания актуально совместное кормление живыми (науплии артемии) и концентрированными (высокобелковые стартовые смеси) кормами. При этом на смешанное питание личинка переходит на 5–6 сутки жизни и в первые 5 суток подращивания науплии артемии в пищу не использует (ввиду их высокой подвижности и относительно крупных размеров). В ночное время личинка не питается, при 6-разовом кормлении в течение светлого времени суток из расчёта 100 % от массы личинки в сутки поддерживаются приемлемые (310–460 $‰_{00}$) индексы наполнения кишечников. При снижении нормы кормления комбикормами встречаемость науплиев артемии в содержимом кишечника не увеличивается, а индекс наполнения кишечника эквивалентно снижается (110–180 $‰_{00}$ при суточном рационе 50 % от

массы личинки). При увеличении интенсивности кормления комбикормами в этот период в резервуарах остаётся значительное количество неиспользуемого корма, ухудшаются гидрохимические показатели, при этом заметного увеличения интенсивности питания не происходит.

На 6 сутки подращивания (при средней температуре 20,2 °С) в содержимом кишечников появляются науплии артемии, а также мелкие формы зоопланктона (копеподы), попадающие в резервуары для подращивания с водой из водоисточника (до 10 %). На следующие сутки живой корм, задававшийся с этого момента в количестве 50 % от массы личинки, составлял 40–45 % содержимого кишечников подращиваемой личинки белого амура. Поскольку поедаемость концентрированных кормов эквивалентно снизилась, интенсивность кормления ими также снизили до 50 % от массы личинки. Индексы наполнения кишечников составляли в этот период подращивания 110–350 $‰_{00}$). Следует отметить, что наименьшая интенсивность питания (110–140 $‰_{00}$) была отмечена при снижении температуры поступающей в цех воды до 17,5–17,9 °С, обусловленном естественным температурным фоном.

В течение периода подращивания средняя масса личинок увеличилась более чем в 20 раз (с 1,5 до 31,0 мг), выживаемость составила 67 %.

Исходя из вышеперечисленного, можно заключить, что подращивание личинки белого амура при совместном использовании живых и концентрированных кормов обеспечивает высокие производственные показатели — выживаемость и темп роста. В первые 5 суток кормления использование живых кормов нецелесообразно, оптимальный рацион, обеспечиваемый высокобелковыми стартовыми кормами — 100 % от массы личинки в сутки. В следующие 10 суток оптимальный рацион — 50 % науплиев артемии и 50 % концентрированных кормов от общей массы подращиваемой личинки. Важным моментом при организации подращивания является то, что личинка в ночное время, а также при температуре ниже 18 °С практически не питается.

Количественные и качественные характеристики питания молоди белого амура в прудах при выращивании в монокультуре. Одним из стандартных подходов к увеличению производственных показателей сеголетков карповых рыб является направленное формирование кормовой базы, использование невысоких плотностей посадок, организация полнорационного кормления рыбы, что является основой традиционных технологий выращивания рыбы. Такой подход, оправдывающий себя при выращивании сеголетков карпа, а также зоопланктофагов — толстоло-

биков, как выяснилось при анализе характера питания, не в полной мере соответствует биологическим потребностям сеголетков белого амура, выращиваемым в монокультуре.

В ходе исследования были установлены существенные отличия в характеристиках питания молоди белого амура по сравнению с другими прудовыми карповыми рыбами по истечении ориентировочно 40-суточного периода жизни. До этого периода основу питания молоди белого амура составлял зоопланктон (50–90 %содержимого кишечников) и комбикорм. При этом индексы наполнения кишечников были относительно невысокими (190–270 $‰$). В дальнейшем доля зоопланктона в питании существенно снизилась, основу содержимого кишечников составляли колониальные водоросли и другая водная растительность. Таксономическое определение в связи с чрезвычайно высокой степенью измельчения растительной пищи в кишечнике методами прямой микроскопии практически нереализуемо. Доля комбикорма была на уровне 25–35 %. При проявлении такого характера питания индексы наполнения кишечников в период наиболее активного питания (3 декада июня — 2 декада августа) существенно возросли, сохраняясь на уровне 450–600 $‰$ и практически не различаясь в двух вариантах исследований.

Исходя из вышеперечисленного, можно заключить, что организмы зоопланктона, являющиеся целевыми объектами при стимулировании развития кормовой базы прудов, составляют основу питания молоди белого амура только на протяжении 20 (в случае подрощенной личинки) — 35 суток содержания в прудах. За такой период выраженный эффект может дать только навоз, используемый в полной дозе до залития прудов и используемый зоопланктоном в качестве источника углерода почти непосредственно. Использование минеральных удобрений при выращивании сеголетков белого амура, возможно, неактуально. Достаточный уровень количественного развития доступной для питания сеголетков белого амура водной растительности (нитчатых водорослей, рдестов, ряски и т.п.), а также кормление концентрированными кормами является необходимым условием обеспечения высокой интенсивности питания и, соответственно, роста этой рыбы на первом году жизни.

Результаты выращивания сеголетков белого амура в монокультуре. Биохимический состав сеголетков при разных вариантах выращивания.

Как уже говорилось, варианты исследований отличались плотностями посадки и, соответственно, схемой кормления на разных этапах выращивания, корректируемых на основании результатов контрольных ловов.

Динамика роста в разных вариантах эксперимента отличалась. Так, при выращивании сеголетка из неподрощенной личинки средняя масса молоди в конце июня составила 2,8 г, в июле 7,8 г, в августе 14,7 г, в 1 декаде сентября 16,5 г. При выращивании из подрощенной личинки средняя масса молоди в конце июня составила 3,9 г, в июле 9,1 г, в августе 21,1 г, в 1 декаде сентября 22,6 г.

При выращивании белого амура в монокультуре во всех вариантах достигнуты высокие показатели рыбопродуктивности (348–361 кг/га).

В вариантах, зарыбленных подрощенной личинкой, средняя индивидуальная навеска сеголетков была выше (25,8 г), чем в вариантах с неподрощенной (17,4 г).

Выживаемость в варианте с неподрощенной личинкой была более низкой по сравнению со вторым вариантом исследований (16,7 %). При первоначальной плотности посадки 60000 экз/га выловлено 10020 экз/га.

Исходя из полученной рыбопродуктивности (348 кг/га), фактические затраты комбикорма на единицу прироста составили 4,9 ед.

В варианте с подрощенной личинкой выживаемость составила 35,5 % от зарыбленного объёма или 23,8 % от первоначального количества, использованного в подращивании. Из зарыбленных 39400 экз/га выловлено 13992 экз/га. Исходя из полученной рыбопродуктивности (361 кг/га), фактические затраты комбикорма на единицу прироста составили 4,6 ед.

С использованием полученного материала были проведены биохимические исследования сеголетков белого амура из разных вариантов проведенного эксперимента.

Полученный во втором варианте (из подрощенной личинки) посадочный материал отличался на уровне тенденции несколько более высокой жирностью (1,8 %) по сравнению с сеголетком белого амура, полученному из неподрощенной личинки (1,5 %), однако статистически достоверной разницы на этом этапе исследований выявлено не было. Также мало различалось содержание протеина и зольность. Так, у сеголетка, выращенного из подрощенной личинки, эти показатели составили 16,6 % и 1,5 %, соответственно, у сеголетка, выращенного из неподрощенной личинки, 15,9 % и 1,5 %, соответственно.

Исходя из приведенных цифр, сеголеток, полученный из подрощенной личинки, обладает, на уровне тенденции, более благоприятным для зимовки биохимическим составом, поскольку им накоплено большее количество питательных веществ при более высокой средней индивидуальной массе (25,8 г).

Сравнительный анализ результатов зимовки белого амура, выращенных в различных условиях. Выживаемость, биохимические и физиологические показатели у полученных годовиков белого амура.

Зимовка сеголетков, полученных в этих вариантах исследований, проводилась раздельно при сходных плотностях посадки. Годовик, полученный из подрощенной личинки, не проявил в заметной степени разницы с годовиком из неподрощенной личинки по выживаемости в ходе зимовки. Выживаемость составила 80 и 78 %, соответственно. Однако в биохимическом составе наблюдались некоторые различия (табл. 1).

Таблица 1. **Динамика величин основных биохимических показателей у молоди белого амура, полученной в различных условиях, в ходе зимовки, СПУ «Изобелино», 2021–2022 гг.**

Table 1. **Dynamics of the values of the main biochemical parameters in young Amur whites obtained under various conditions during wintering, SPU «Isobelino», 2021–2022**

Вариант	Влажность, %	Сухое Вещество, %	Зола в веществе, %		Жир в веществе, %		Протеин в веществе, %	
			сухом	сыром	сухом	сыром	сухом	сыром
1*, перед зимовкой	-	-	-	1,5	-	2,8	-	16,6
после зимовки	77,3	22,7	4,1	0,9	14,3	3,2	57,1	13,0
2*, перед зимовкой	-	-	-	1,5	-	2,5	-	15,9
после зимовки	78,0	22,1	3,6	0,8	13,9	3,1	58,4	12,9

Примечание. 1* — посадочный материал, полученный из подрощенной личинки; 2* — посадочный материал, полученный из неподрощенной личинки.

Исходя из данных, приведенных в табл. 1, годовик, полученный из подрощенной личинки, обладал несколько лучшими биохимическими показателями по сравнению с годовиком, полученным из неподрощенной личинки. Так, содержание золы в сыром веществе уменьшилось на

0,6 % и 0,7 %, соответственно. Содержание протеина составило в конце зимовки 13,0 и 12,9 %, соответственно, содержание жира 3,2 и 3,1 %. В то же время показатели биохимического состава во всех вариантах укладывались в нормативные пределы. Таким образом, способ летнего выращивания посадочного материала не оказывал существенного влияния на результаты зимовки молоди белого амура.

Обращает на себя внимание тот факт, что содержание жира в тканях белого амура после зимовки было выше по сравнению с показателями, наблюдавшимися у сеголетков после вылова из выростных прудов.

Это объясняется, вероятно, ранними сроками облова (начало 3 декады сентября), поскольку в этот период процессы подготовки организма рыб к зимовке ещё не завершены, так что накопление жира за счёт биотрансформации веществ, составляющих ткани, продолжалось в зимовальных прудах и сопровождалось накоплением жира.

В апреле 2022 г. с целью изучения физиологического состояния годовиков белого амура были проведены гематологические исследования. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о зависимости изменений форменных элементов крови от физиологического состояния рыб и от условий их обитания [6–14]. Поэтому одним из объективных методов контроля физиологического состояния организма рыб является морфологический анализ крови. Основным приемом этого метода является дифференцированный подсчет клеток крови, потому что клетки различных категорий на разных этапах своего развития функционально неравнозначны, кроме того, картина крови меняется в процессе роста и созревания рыб [7].

Кровь была взята у годовиков белого амура непосредственно после зимовки при весеннем облове зимовальных прудов. Пробы крови отбирали из сердца и фиксировали гепарином. Дальнейшую обработку проб крови проводили по общепринятым методикам, определяли количество гемоглобина, число эритроцитов и лейкоцитов, скорость оседания эритроцитов (СОЭ) и лейкоцитарную формулу [6–13]. Полученные материалы были обработаны статистически с определением средней, ошибки средней, среднеквадратичного отклонения и коэффициента вариации.

В списке физиологических констант, принятых для сельскохозяйственных животных, содержание гемоглобина в крови рыб изменяется в интервале 70–120 г/л [15]. В работах ряда авторов отмечается, что общей для всех изученных форм и видов рыб является тенденция к увеличению с возрастом содержания гемоглобина и числа эритро-

цитов [15–19]. Как установлено настоящими исследованиями, у годовиков белого амура средняя концентрация гемоглобина в красной крови составляет 88,00±2,0 г/л, изменяясь в пределах 62,0–110,0 г/л (табл. 2). В перечне основных физиологических констант сельскохозяйственных животных указан диапазон изменения числа эритроцитов в крови разных видов рыб, который составляет 0,7–3,5 млн/мкл. У молоди количество эритроцитов в красной крови находится в пределах 0,7–1,5 млн/мкл, у рыб старшего возраста — 1,5–3,5 млн/мкл [15]. Как видно из данных, приведенных в табл. 2, концентрация эритроцитов в крови годовиков белого амура составляет достаточно значительную величину — 1,24±0,07 млн/мкл. Таким образом, физиологическом состояние годовиков белого амура после зимовки было удовлетворительным.

Таблица 2. **Средние показатели крови годовиков белого амура, ХРУ «Изобелино», апрель 2022 г.**
Table 2. **Average blood counts of yearlings of the white Amur, HRU «Isobelino», April 2022**

Показатели крови	Среднее значение	Среднеквадратичное отклонение	Ошибка средней	Коэффициент вариации, %
Гемоглобин, г/л	88,0	1,60	2,00	20,30
СОЭ, мм/час	3,17	1,08	0,85	24,69
Число эритроцитов, млн/мкл	1,24	0,15	0,07	21,69
Число лейкоцитов, тыс./мкл.	26,53	2,81	1,19	16,57
Лейкоцитарная формула, %				
Лимфоциты	75,0	3,40	2,5	12,8
Моноциты	5,5	3,88	3,12	14,1
Нейтрофилы	17,5	2,44	3,28	11,1
Эозинофилы	2,0	1,24	2,50	10,3

Достаточно высокое содержание гемоглобина в крови годовиков белого амура после зимовки свидетельствует о хорошей адаптации белого амура к условиям выращивания.

Лейкоциты содержатся в крови рыб в меньших количествах, чем эритроциты. По мере роста рыб их число возрастает. В соответствии с перечнем гематологических показателей, принятых в качестве основных физиологических констант сельскохозяйственных животных (25–50 тыс./мкл), количество лейкоцитов в крови годовиков белого

амура после зимовки находится в пределах нормативных значений и составляет 26,53±1,19 тыс./мкл [6–8, 15].

Как показали проведенные исследования, кровь годовиков белого амура относится к лимфоцитарному типу. Среднее количество основных иммунокомпетентных клеток — лимфоцитов — в белой крови годовиков белого амура для данной возрастной группы было высоким (75±2,5 %), что говорит о хорошем иммунитете рыб. В связи с высоким количеством лимфоцитов в белой крови у годовиков белого амура, роль нейтрофилов в поддержании иммунитета наряду с лимфоцитами, выполняющих фагоцитарную функцию и выделяющих бактерицидные вещества, закономерно снижалась и составила в среднем 17,5±3,28 % (норма — 30–50 % у молоди, 10–15 % у взрослой рыбы). Доля моноцитов и эозинофилов, уничтожающих продукты распада клеток и инактивирующих токсины, в белой крови у годовиков белого амура после зимовки составила в среднем 5,5±3,12 % и 2,0±2,5 %, соответственно (норма — до 10–12 % у молоди, у взрослых рыб — в пределах 1 %) [10–14]. СОЭ составила 3,17±0,85 мм/час, что не выходит за пределы нормативных показателей и говорит об отсутствии воспалительных процессов у рыб (норма СОЭ для молодых рыб в пределах 2 — 10 мм/час).

Таким образом, исходя из проведенных исследований, можно констатировать, что гематологические показатели у годовиков белого амура после зимовки были в пределах возрастной нормы, а некоторые из них даже превышали таковую (отмечено высокое количество основных иммунокомпетентных клеток — лимфоцитов в белой крови годовиков белого амура), что свидетельствует о хорошем физиологическом состоянии годовиков белого амура и способности адаптироваться к условиям выращивания.

Выводы. Установлено, что при подращивании на смешанное питание личинка белого амура переходит на 5–6 сутки жизни и в первые 5 суток подращивания науплии артемии в пищу не использует. В ночное время личинка не питается, при 6-разовом кормлении в течение светлого времени суток из расчёта 100 % от массы личинки в сутки поддерживаются приемлемые (310–460 $‰$) индексы наполнения кишечников. При снижении нормы кормления комбикормами встречаемость науплиев артемии в содержимом кишечника не увеличивается, а индекс наполнения кишечника эквивалентно снижается (110–180 $‰$ при суточном рационе 50 % от массы личинки).

Установлено, что зоопланктон (науплии артемии и копеподы) появляются в питании личинок белого амура на 6 сутки подращивания (при средней температуре 20,2 °С) в количестве до 10 % от содержимого кишечников. На следующие сутки живой корм, задававшийся с этого момента в количестве 50 % от массы личинки, составлял 40–45 % содержимого кишечников подращиваемой личинки белого амура. Поедаемость концентрированных кормов эквивалентно снижается, поэтому целесообразно с этого момента уменьшить расход концентрированных кормов до 50 % от массы личинки. Индексы наполнения кишечников составляли в этот период подращивания 110–350 $‰_{00}$. Наименьшая интенсивность питания (110–140 $‰_{00}$) отмечена при снижении температуры поступающей в цех воды до 17,5–17,9 °С, обусловленном естественным температурным фоном.

Выявлено, что в течение периода подращивания средняя масса личинок увеличилась более чем в 20 раз (с 1,5 до 31,0 мг), выживаемость составила 67 %. Таким образом, подращивание личинки белого амура при совместном использовании живых и концентрированных кормов обеспечивает высокие производственные показатели — выживаемость и темп роста;

Установлены существенные отличия в характеристиках питания молоди белого амура по сравнению с другими прудовыми карповыми рыбами по истечении ориентировочно 40-суточного периода жизни. До этого периода основу питания молоди белого амура составлял зоопланктон (50–90 %содержимого кишечников) и комбикорм. При этом индексы наполнения кишечников были относительно невысокими (190–270 $‰_{00}$). В дальнейшем доля зоопланктона в питании существенно снизилась, основу содержимого кишечников составляли колониальные водоросли и другая водная растительность. Доля комбикорма была на уровне 25–35 %. При проявлении такого характера питания индексы наполнения кишечников в период наиболее активного питания (3 декада июня — 2 декада августа) существенно возросли, сохраняясь на уровне 450–600 $‰_{00}$ и практически не различаясь в двух вариантах исследований. Исходя из вышеперечисленного, можно заключить, что организмы зоопланктона, являющиеся целевыми объектами при стимулировании развития кормовой базы прудов, составляют основу питания молоди белого амура только на протяжении 20 (в случае подрощенной личинки) — 35 суток содержания в прудах. По истечении этого периода достаточный уровень количественного развития доступной

для питания сеголетков белого амура водной растительности (нитчатых водорослей, рдестов, ряски и т.п.), а также кормление концентрированными кормами является необходимым условием обеспечения высокой интенсивности питания и, соответственно, роста этой рыбы на первом году жизни;

Доказана высокая рыбоводная эффективность выращивания белого амура в монокультуре, поскольку во всех вариантах достигнуты высокие показатели рыбопродуктивности (348–361 кг/га). Несколько более высокие рыбоводные показатели наблюдались в варианте с использованием подрощенной личинки: средняя индивидуальная навеска сеголетков была выше (25,8 г), чем в вариантах с неподрощенной (17,4 г), выживаемость в варианте с неподрощенной личинкой была более низкой по сравнению со вторым вариантом исследований (16,7 % и 23,8 % от первоначального количества, соответственно), рыбопродуктивность составила 348 и 361 кг/га, соответственно. Исходя из полученной рыбопродуктивности, фактические затраты комбикорма на единицу прироста были заметно выше в варианте с неподрощенной личинкой (4,9 и 4,6 ед., соответственно).

Отмечено, что полученный из подрощенной личинки посадочный материал отличался на уровне тенденции более высокой жирностью, содержанием протеина и зольностью. Таким образом, сеголеток, полученный из подрощенной личинки, обладает, вероятно, более благоприятным для зимовки биохимическим составом, поскольку им накоплено большее количество питательных веществ при более высокой средней индивидуальной массе (25,8 г).

При анализе результатов зимовки установлено, что годовик, полученный из подрощенной личинки, не проявил в заметной степени разницы с годовиком из неподрощенной личинки по выживаемости в ходе зимовки. Выживаемость составила 80 и 78 %, соответственно. В биохимическом составе наблюдались незначительные различия, однако показатели биохимического состава во всех вариантах укладывались в нормативные пределы. Таким образом, способ летнего выращивания посадочного материала не оказывал существенного влияния на результаты зимовки молоди белого амура.

Гематологические показатели у годовиков белого амура после зимовки были в пределах возрастной нормы, что свидетельствует о хорошем физиологическом состоянии годовиков белого амура и способности адаптироваться к условиям дальнейшего выращивания.

Список использованных источников

1. Алекин, О.А. Руководство по химическому анализу вод суши / О.А. Алекин, А.Д. Семенов, Б.А. Скопинцев. — Л. : Гидрометеоиздат, 1973. — 269 с.
2. Киселев, И.А. Методы исследования планктона / И.А. Киселев // Жизнь пресных вод СССР : в 5 т. / Акад. наук СССР, Зоол. ин-т ; под ред. Е.Н. Павловского, В.И. Жадина. — М. ; Л., 1956. — Т. 4, ч. 1. — С. 183–265.
3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / Гос. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва, Акад. наук СССР, Зоол. ин-т ; [сост.: А.А. Салазкин и др.]. — Л. : ГосНИОРХ, 1984. — 51 с.
4. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / Акад. наук СССР, Науч. совет по проблемам гидробиологии, ихтиологии и использования биол. ресурсов водоемов ; редкол.: Е.В. Боруцкий (отв. ред.) [и др.]. — М. : Наука, 1974. — 254 с.
5. Иванов, А.А. Физиология рыб : учеб. пособие / А.А. Иванов. — М. : Мир, 2003. — 280 с.
6. Головина, Н.А. Гематология прудовых рыб / Н.А. Головина, И.Д. Тромбицкий. — Кишинев : Штиинца, 1989. — 158 с.
7. Аминева, В.А. Физиология рыб : учебник / В.А. Аминева, А.А. Яржомбек. — М. : Лег. и пищевая пром-сть, 1984. — 200 с.
8. Житенева, Л.Д. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб : справочник / Л.Д. Житенева, О.А. Рудницкая, Т.Н. Калюжная ; Азов. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. — Ростов н/Д : Молот, 1997. — 151 с.
9. Житенева, Л.Д. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб / Л.Д. Житенева, Т.Г Полтавцева, О.А Рудницкая ; Азов. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. — Ростов н/Д : Рост. кн. изд-во, 1989. — 111 с.
10. Иванова, Н.Т. Материалы к морфологии крови рыб : учеб. пособие / Н.Т. Иванова ; Рост. гос. пед. ин-т. — Ростов н/Д : [б. и.], 1970. — 136 с.
11. Иванова, Н.Т. Система крови. Материалы к сравнительной морфологии системы крови человека и животных / Н.Т. Иванова ; Рост. гос. пед. ин-т. — Ростов н/Д : РГПИ, 1995. — 156 с.
12. Иванова, Н.Т. Атлас клеток крови рыб: сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб / Н.Т. Иванова. — М. : Лег. и пищевая пром-сть, 1983. — 80 с.
13. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб : утв. М-вом сел. хоз-ва и продовольствия Рос. Федерации 02.02.1999, № 13-4-2-/1487. — М. : Департамент ветеринарии, 1999. — 36 с.
14. Пищенко, Е.В. Гематология пресноводной рыбы : учеб. пособие / Е.В. Пищенко ; Новосиб. гос. аграр. ун-т. — Новосибирск : [б. и.], 2002. — 47 с.
15. Физиология сельскохозяйственных животных : учеб. пособие / А.Н. Голиков [и др.] ; под ред. А.Г. Голикова. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Агропромиздат, 1991. — 432 с.
16. Сенникова, В.Д. Сравнительная характеристика гематологических показателей разноразмерных годовиков ленского осетра / В.Д. Сенникова,

С.И. Докучаева // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. — Минск, 2016. — Вып. 32. — С. 162–168.
17. Сенникова, В.Д. Сравнительная характеристика гематологических показателей сеголеток веслоноса и ленского осетра / В.Д. Сенникова, С.И. Докучаева // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. — Минск, 2015. — Вып. 31. — С. 110–116.
18. Сенникова, В.Д. Сравнительная характеристика гематологических показателей сеголеток веслоноса и ленского осетра / В.Д. Сенникова, С.И. Докучаева // Тезисы докладов 6 съезда NACEE, Горки, 18–22 мая 2015 г. — Горки, 2015. — С. 57.
19. Сенникова, В. Сравнительная характеристика гематологических показателей разновозрастного сибирского осетра / В. Сенникова, С. Докучаева // Международная научно-практическая конференция «Аквакультура осетровых: современные тенденции и перспективы» (Херсон, 18 мая 2016 г.) / Херсон. гос. аграр. ун-т [и др.]. — Херсон, 2016. — С. 171–176.

References

1. Alekin O.A., Semenov A.D., Skopintsev B.A. *Guidelines for the chemical analysis of land waters*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1973. 269 p. (in Russian).
2. Kiselev I.A. Plankton research methods. *Zhizn' presnykh vod SSSR. T. 4. Ch. 1* [Life of fresh waters of the USSR. Vol. 4. Pt. 1]. Moscow, Leningrad, 1956, pp. 183–265 (in Russian).
3. Salazkin A.A. (comp.) [et al.]. *Guidelines for the collection and processing of materials for hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Zoobenthos and its products*. Leningrad, State Research Institute of Lake and River Fisheries, 1984. 51 p. (in Russian).
4. Borutskii E.V. (ed.). *Methodical manual for the study of nutrition and food relations of fish in natural conditions*. Moscow, Nauka Publ., 1974. 254 p. (in Russian).
5. Ivanov A.A. *Physiology of fish*. Moscow, Mir Publ., 2003. 280 p. (in Russian).
6. Golovina N.A., Trombitskii I.D. *Hematology of pond fish*. Chisinau, Shtiintsa Publ., 1989. 158 p. (in Russian).
7. Amineva V.A., Yarzhombek A.A. *Fish physiology*. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1984. 200 p. (in Russian).
8. Zhiteneva L.D., Rudnitskaya O.A., Kalyuzhnaya T.N. *Ecological and hematological characteristics of some fish species: a reference book*. Rostov-on-Don, Molot Publ., 1997. 151 p. (in Russian).
9. Zhiteneva L.D., Poltavtseva T.G., Rudnitskaya O.A. *Atlas of normal and pathologically altered blood cells in fish*. Rostov-on-Don, Book publishing house, 1989. 111 p. (in Russian).
10. Ivanova N.T. *Materials for the morphology of fish blood*. Rostov-on-Don, 1970. 136 p. (in Russian).

11. Ivanova N.T. *Blood system. Materials for the comparative morphology of the blood system of humans and animals.* Rostov-on-Don, Rostov State Pedagogical Institute, 1995. 156 p. (in Russian).
12. Ivanova N.T. *Atlas of fish blood cells: comparative morphology and classification of blood cells in fish*. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1983. 80 p. (in Russian).
13. *Guidelines for conducting hematological examination of fish: approved by the Ministry of Agriculture and Food of the Russian Federation 02.02.1999, no. 13-4-2-*/1487. Moscow, Department of Veterinary Medicine, 1999. 36 p. (in Russian).
14. Pishchenko E.V. *Hematology of freshwater fish*. Novosibirsk, 2002. 47 p. (in Russian).
15. Golikov A.N., Bazanova N.U., Kozhebekov Z.K., Meshcheryakova M.F., Parshutin G.V., Safonov N.A. *Physiology of farm animals.* 3nd ed. Moscow, Agropromizdat Publ., 1991. 432 p. (in Russian).
16. Sennikova V.D., Dokuchaeva S.I. Comparative characteristics of hematological parameters of different-sized yearlings of the Lena sturgeon. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers.* Minsk, 2016, iss. 32, pp. 162–168 (in Russian).
17. Sennikova V. D., Dokuchaeva S. I. Comparative characteristics of hematological parameters of the yearlings of the paddlefish and the Lena sturgeon. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers.* Minsk, 2015, iss. 31, pp. 110–116 (in Russian).
18. Sennikova V.D., Dokuchaeva S.I. Comparative characteristics of hematological parameters of the yearlings of the paddlefish and the Lena sturgeon. *Tezisy dokladov 6 s"ezda NACEE, Gorki, 18–22 maya 2015 g.* [Abstracts of the 6th NACEE Congress, Gorki, May 18–22, 2015]. Gorki, 2015, p. 57 (in Russian).
19. Sennikova V., Dokuchaeva S. Comparative characteristics of hematological parameters of the Siberian sturgeon of different ages. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Akvakul'tura osetrovykh: sovremennye tendentsii i perspektivy» (Kherson, 18 maya 2016 g.)* [International scientific and practical conference «Sturgeon aquaculture: current trends and prospects» (Kherson, May 18, 2016)]. Kherson, 2016, pp. 171–176 (in Russian).

Сведения 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@mail.ru

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@mail.ru

Information about the authors

Sergey N. Panteley — Ph.D. (Agriculture), Head 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pantsialei@yandex.ru

Violetta D. Sennikova — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.ru

Marina N. Isaenko — Junior researcher at 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.ru

УДК 639. 3; 611.018.5; 591.1

Поступила в редакцию 18.05.2023
Received 18.05.2023

С.Н. Пантелей, В.Д. Сенникова, О.Н. Марцуль, М.Н. Исаенко

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

ВЛИЯНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА КАЧЕСТВО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ЧЕРНОГО АМУРА ПЕРЕД ЗИМОВКОЙ

Аннотация. В статье изложены данные по характеристике физиологического состояния сеголетков черного амура перед зимовкой. Для этого проводили изучение биохимического состава тела и гематологических показателей сеголетков черного амура. Было установлено, что в основном, все исследованные показатели биохимического состава тела рыб находились в пределах рекомендуемых значений для зимостойких сеголетков и характеризовались низким уровнем изменчивости с коэффициентами вариации менее 12,65 %. Показано, что у сеголетков черного амура перед зимовкой было повышенное содержание белка в сухом веществе, которое составило в среднем 13,96 %, при очень низкой изменчивости по данному признаку — 0,27 %. Содержание влаги и сухого вещества в теле сеголетков черного амура соответствовали рекомендуемому количеству данных компонентов перед зимовкой и составили, соответственно, в среднем 73,34 % и 26,66 % при достаточно низкой вариабельности 0,54 % и 1,49 %, соответственно.

Установлено, что гематологические показатели сеголетков черного амура перед зимовкой были в возрастной норме, что свидетельствует об их удовлетворительном физиологическом состоянии. Средняя концентрация гемоглобина у сеголеток черного амура составила — 48,8 г/л, СОЭ — 4,8 мм/час, эритроцитов — 0,6 млн./мкл, лейкоцитов — 19,4 тыс./мкл. У черного амура лейкограмма носит ярко выраженный лимфойдный характер. В лейкоцитарной формуле преобладали агранулоциты, их среднее содержание составило свойственную данному возрасту величину — 64,8 % (лимфоциты — 54,3 %, моноциты — 10,5 %, гранулоциты — 35,2 %).

Ключевые слова: черный амур, сеголетки, зимостойкость, физиологическое состояние, биохимический состав тела, гематологические показатели

Sergey N. Panteley, Violetta D. Sennikova, Olga N. Martsul, Marina N. Isaenko

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

THE INFLUENCE OF BIOCHEMICAL AND HEMATOLOGICAL PARAMETERS ON THE QUALITY OF THE PLANTING MATERIAL OF THE BLACK AMUR BEFORE WINTERING

Abstract. The article presents data on the characteristics of the physiological state of black Amur fingerlings before wintering. To do this, the biochemical composition of the body and hematological parameters of black cupid fingerlings were studied. It was found that basically all the studied indicators of the biochemical composition of the fish body were within the recommended values for winter-hardy fingerlings and were characterized by a low level of variability with coefficients of variation of less than 12.65 %. It was shown that the fingerlings of the black Amur before wintering had an increased protein content in the dry matter, which averaged 13.96 %, with very low variability on this basis — 0.27 %. The moisture and dry matter content in the body of black Amur fingerlings corresponded to the recommended amount of these components before wintering and averaged 73.34 % and 26.66 %, respectively, with a sufficiently low variability of 0.54 % and 1.49 %, respectively.

It was found that the hematological parameters of the black Amur fingerlings before wintering were in the age norm, which indicates their satisfactory physiological condition. The average concentration of hemoglobin in black Amur fingerlings was 48.8 g/l, ESR — 4.8 mm/hour, erythrocytes — 0.6 million/ml, leukocytes — 19.4 thousand/ml. In black cupid, the leukogram has a pronounced lymphoid character. The leukocyte formula was dominated by agranulocytes, their average content was 64.8 % characteristic of this age (lymphocytes — 54.3 %, monocytes — 10.5 %, granulocytes — 35.2 %).

Keywords: black cupid, fingerlings, winter hardiness, physiological state, biochemical composition of the body, hematological parameters

Введение. Необходимым условием успешного ведения интенсивного рыбоводства и воспроизводства разных видов рыб является тщательный контроль за физиологическим состоянием объектов выращивания. Важным звеном в технологическом процессе выращивания товарной рыбы является зимовка рыбопосадочного материала, успешность которой зависит от физиологического состояния рыбы, сведения до минимума травматизации ее при облове и перевозке, а также от условий среды в зимовальных прудах. Перед посадкой рыбы на зимовку важно

определить ее физиологическое состояние, ее зимостойкость. Изучение физиологического состояния сеголетков черного амура, выращенных из собственного посадочного материала, позволит установить жизнестойкость выращиваемой рыбы и определить качество посадочного материала. Критериями оценки качества посадочного материала является масса, коэффициент упитанности, химический состав тела, состояние здоровья рыб. Более точно готовность сеголетков к зимовке характеризуют биохимические (содержание в теле рыб воды, сухого вещества, белка и жира) и гематологические показатели.

Методы исследования. Исследования проводили в СПУ «Изобелино» Минской области. Материалом для биохимических исследований служили сеголетки черного амура, выращенные в прудовых условиях Беларуси. Биохимический состав тела определяли по методике к прибору «FoodScan 2Lab/Pro» [1]. Пробы крови у сеголетков черного амура отбирали из сердца, фиксировали гепарином. Дальнейшую обработку проб крови проводили по общепринятым методикам, определяли количество гемоглобина в гемометре ГС — 2 (типа Сали), число эритроцитов и лейкоцитов подсчитывалось в камере Горяева, скорость оседания эритроцитов (СОЭ) определяли в аппарате Панченкова. Мазки для подсчета лейкоцитарной формулы под микроскопом фиксировали метиловым алкоголем и окрашивали по Романовскому [2–7].

Основные результаты и их обсуждение. Характеризуя готовность сеголетков черного амура к зимовке по биохимическим показателям тела можно констатировать, что в основном все исследованные показатели биохимического состава тела рыб находились в пределах рекомендуемых значений для зимостойких сеголетков и характеризовались низким уровнем изменчивости с коэффициентами вариации менее 12,65 %.

Как известно из литературы, зимостойкие сеголетки, независимо от зоны рыбоводства, должны иметь осенью 72–76 % воды, 24–28 % сухого вещества и 6–8 % жира, рекомендуемое содержание белка в теле сеголетков — 12 % [8]. Мы установили, что у сеголетков черного амура перед зимовкой было повышенное содержание белка в сухом веществе, которое составило в среднем 13,96 %, при очень низкой изменчивости по данному признаку — 0,27 %, табл. 1.

Количество жира в теле изученных сеголетков черного амура было на уровне 4,14 % в сухом веществе и 15,54 % в сыром, в среднем, также при незначительной вариабельности (0,23 % и 1,26 %). Содержание влаги и сухого вещества в теле сеголетков черного амура соответство-

вали рекомендуемому количеству данных компонентов перед зимовкой и составили, соответственно, в среднем 73,34 % и 26,66 % при достаточно низкой вариабельности 0,54 % и 1,49 %, соответственно. Количество золы составило 5,80 % в сухом веществе и по данному признаку нами отмечена наибольшая изменчивость — 12,65 %.

Таблица 1. **Химический состав тела сеголетков черного амура, СПУ «Изобелино», 2022 г.**
Table 1. **Chemical composition of the body of black Amur fingerlings, SBA «Isobelino», 2022**

№ пробы	Влага, %	Сухое вещество, %	Зола, %		Жир, %		Протеин, %	
			в сыром веществе	в сухом веществе	в сыром веществе	в сухом веществе	в сыром веществе	в сухом веществе
1	73,79	26,21	8,46	6,24	15,56	4,08	53,38	13,99
2	73,04	26,96	8,49	6,20	15,49	4,18	51,85	13,98
3	73,19	26,81	6,76	4,95	15,56	4,17	51,92	13,92
Среднее значение	73,34	26,66	7,90	5,80	15,54	4,14	52,38	13,96
Среднеквадратичное отклонение	0,40	0,40	0,99	0,73	0,04	0,06	0,86	0,04
Среднестатистическая ошибка	0,23	0,23	0,57	0,42	0,02	0,03	0,50	0,02
Коэффициент вариации, %	0,54	1,49	12,49	12,65	0,26	1,33	1,64	0,27
Дисперсия	0,47	0,47	2,92	1,61	0,005	0,01	2,22	0,004

Кровь, как наиболее лабильная ткань, быстро реагирует на действие различных факторов и приводит к восстановлению равновесия между организмом и средой. Поэтому важное значение для оценки зимостойкости сеголетков черного амура также имеет анализ крови. Ранее исследования физиологического состояния сеголетков черного амура по гематологическим показателям в Беларуси не проводились.

В списке физиологических констант, принятых для сельскохозяйственных животных, содержание гемоглобина в крови рыб изменяется в интервале 70–120 г/л [9]. В работах ряда авторов [9–11] отмечается,

что общей для всех изученных является тенденция к увеличению с возрастом содержания гемоглобина и числа эритроцитов.

В результате проведенных исследований установлено, что гематологические показатели у сеголетков черного амура перед зимовкой были в возрастной норме, что свидетельствует об их удовлетворительном физиологическом состоянии. Средняя концентрация гемоглобина у сеголеток черного амура составила 48,8 г/л, изменяясь в пределах 40,0–58,0 г/л, что характерно для крови сеголетков рыб (табл. 2). Согласно нашим данным количество эритроцитов у сеголеток черного амура, в среднем, было 0,6 млн./мкл, изменяясь в небольших пределах 0,5–0,7 млн./мкл, что характерно для младших возрастных групп рыб [9–11].

Таблица 2. **Показатели крови сеголетков черного амура, СПУ «Изобелино»,2022 г.**
Table 2. **Blood counts of black Amur fingerlings, SBA «Isobelino», 2022**

№ п/п рыбы	Гемоглобин, г/л	СОЭ, мм/час	Число эритроцитов, млн./мкл.	Число лейкоцитов, тыс./мкл.
1	40,0	5,8	0,5	16,0
2	54,0	3,3	0,7	21,0
3	43,0	4,8	0,5	17,0
4	45,0	7,6	0,6	17,0
5	58,0	2,5	0,7	22,0
6	56,0	3,3	0,7	22,0
7	46,0	4,9	0,5	19,8
8	57,0	2,4	0,7	22,0
9	45,0	5,7	0,5	19,6
10	44,0	7,7	0,6	17,2
Средняя	48,8±2,68	4,8±0,88	0,6±0,02	19,4±4,31

Лейкоциты содержатся в крови рыб в меньших количествах, чем эритроциты (в 100 раз). Главная функция лейкоцитов — защитная, против проникновения бактерий (фагоцитоз). Общее количество лейкоцитов в крови рыб сильно изменяется в течение года, у карповых оно повышается летом и понижается зимой при голодании в связи со снижением интенсивности обмена. В перечне гематологических показателей, принятых в качестве основных физиологических констант сельскохозяйственных животных, значения числа лейкоцитов в крови рыб составляют 25–50 тыс./мкл [9]. Число лейкоцитов в крови рыб по мере

их роста увеличивается. Исследования крови сеголеток черного амура показали, что число лейкоцитов в их крови составляет в среднем 19,4 тыс./мкл, изменяясь в пределах 16,0–22,0 тыс./мкл, что свидетельствуют об удовлетворительном иммунитете обследованных рыб.

В списке гематологических показателей животных для СОЭ в крови у рыб принята величина, равная 4 мм/ч [9]. Значения СОЭ, определенные для сеголеток черного амура, находятся в пределах 2,5–7,7 мм/час, составив в среднем величину несколько выше нормативной — 4,8 мм/час.

Соотношение разных форм лейкоцитов в крови рыб зависит от возраста и условий выращивания. В лейкоцитарной формуле с возрастом происходят изменения, свидетельствующие о повышении иммунности и стабилизации на определенном этапе развития рыб их физиологического состояния. Это, прежде всего, выражается в том, что в лейкоформуле по мере роста рыб снижается процентное содержание нейтрофилов. У черного амура лейкограмма носит ярко выраженный лимфойдный характер. В лейкоцитарной формуле сеголеток черного амура преобладали агранулоциты, их среднее содержание составило свойственную данному возрасту величину — 64,8 %, из них лимфоцитов было 54,3 %, моноцитов — 10,5 %. Гранулоциты составили — 35,2 % и были представлены, в основном, нейтрофилами — 32,2 %, в среднем, что также является нормой для младших возрастных групп. При этом основу нейтрофилов составляли палочкоядерные формы — 23,5 %, сегментоядерных было обнаружено — 8,7 %. Эозинофилы не обнаружены, они встречаются редко (у карповых, амурских растительноядных, некоторых окуневых).

Выводы.

1. Установлено, что в основном все исследованные показатели биохимического состава тела рыб находились в пределах рекомендуемых значений для зимостойких сеголетков и характеризовались низким уровнем изменчивости с коэффициентами вариации менее 12,65 %.

2. Определено, что у сеголетков черного амура перед зимовкой было повышенное содержание белка в сухом веществе, которое составило в среднем 13,96 %, при очень низкой изменчивости по данному признаку — 0,27 %,

3. Показано, что содержание влаги и сухого вещества в теле сеголетков черного амура соответствовали рекомендуемому количеству данных компонентов перед зимовкой и составили, соответственно, в сред-

нем 73,34 % и 26,66 % при достаточно низкой вариабельности 0,54 % и 1,49 %, соответственно. Количество золы составило 5,80 % в сухом веществе и по данному признаку нами отмечена наибольшая изменчивость — 12,65 %.

4. В результате проведенных исследований установлено, что гематологические показатели у сеголетков черного амура перед зимовкой были в возрастной норме, что свидетельствует об их удовлетворительном физиологическом состоянии.

5. Средняя концентрация гемоглобина у сеголеток черного амура составила — 48,8 г/л, СОЭ — 04,8 мм/час, эритроцитов — 0,6 млн./мкл. У черного амура лейкограмма носит ярко выраженный лимфойдный характер. В лейкоцитарной формуле преобладали агранулоциты, их среднее содержание составило свойственную данному возрасту величину — 64,8 % (лимфоциты — 54,3 %, моноциты — 10,5 %, гранулоциты — 35,2 %).

6. Исследования крови сеголеток черного амура показали, что число лейкоцитов в их крови составляет в среднем 19,4 тыс./мкл, изменяясь в пределах 16,0–22,0 тыс./мкл, что свидетельствуют об удовлетворительном иммунитете обследованных рыб.

Список использованных источников

1. Анализатор мяса рыбы FoodScan™ 2 [Электронный ресурс] // FOSS. — Режим доступа: https://www.fossanalytics.com/ru-ru/products/olivescan-2. — Дата доступа: 01.06.2023.
2. Головина, Н.А. Гематология прудовых рыб / Н.А. Головина, И.Д. Тромбицкий. — Кишинев : Штиинца, 1989. — 158 с.
3. Житенева, Л.Д. Эволюция крови = Evolution of blood / Л.Д. Житенева, Э.В. Макаров, О.А. Рудницкая ; Азов. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. — Ростов н/Д : Деловой мир, 2001. — 112 с.
4. Житенева, Л.Д. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб : справочник / Л.Д. Житенева, О.А. Рудницкая, Т.Н. Калюжная. — Ростов н/Д : Молот, 1997. — 151 с.
5. Житенева, Л.Д. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб / Л.Д. Житенева, Т.Г Полтавцева, О.А Рудницкая ; Азов. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. — Ростов н/Д : Рост. кн. изд-во, 1989. — 111 с.
6. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб : утв. М-вом сел. хоз-ва и продовольствия Рос. Федерации 02.02.1999, № 13-4-2-/1487. — М. : Департамент ветеринарии, 1999. — 36 с.
7. Иванова, Н.Т. Атлас клеток крови рыб: сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб / Н.Т. Иванова. — М. : Лег. и пищевая пром-сть, 1983. — 80 с.

8. Кулаченко, В.П. Физиологическое состояние организма карповых рыб перед зимовкой / В.П. Кулаченко, И.В. Кулаченко // Достижения науки и техники АПК. — 2010. — № 10. — С. 40–42.
9. Технология разведения и выращивания черного амура / Науч.-произв. обние по рыбоводству, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т прудового рыб. хоз-ва. — М : ВНИИПРХ, 1990. — 10 с.
10. Технология производства посадочного материала черного амура // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре / Всерос. науч.-исслед. ин-т пресновод. рыб. хоз-ва ; под общ. ред. А.М. Баграва. — М., 2001. — С. 70–80.
11. Технология выращивания черного амура в прудах / С.В. Пономарев [и др.] // Технологии фермерского рыбоводства : учеб. пособие / С.В. Пономарев [и др.] ; под ред. С.В. Пономарева. — Астрахань, 2008. — С. 46–49.

References

1. FoodScan™ 2 Fish Analyser. *FOSS*. Available at: https://www.fossanalytics.com/en/products/foodscan-fish-analyser#:~:text=The%20FoodScan%E2%84%A2%202%20Fish,material%20to%20final%20product%20control (accessed 12.02.2023).
2. Golovina N.A., Trombitskii I.D. *Hematology of pond fish*. Chisinau, Shtiintsa Publ., 1989. 158 p. (in Russian).
3. Zhiteneva L.D., Makarov E.V., Rudnitskaya O.A. *Evolution of blood*. Rostov-on-Don, Delovoi mir Publ., 2001. 112 p. (in Russian).
4. Zhiteneva L.D., Rudnitskaya O.A., Kalyuzhnaya T.N. *Ecological and hematological characteristics of some fish species: a reference book*. Rostov-on-Don, Molot Publ., 1997. 151 p. (in Russian).
5. Zhiteneva L.D., Poltavtseva T.G., Rudnitskaya O.A. *Atlas of normal and pathologically altered blood cells in fish*. Rostov-on-Don, Rostov book publishing house, 1989. 111 p. (in Russian).
6. *Guidelines for conducting hematological examination of fish: approved by the Ministry of Agriculture and Food of the Russian Federation 02.02.1999, no. 13-4-2-/1487*. Moscow, Department of Veterinary Medicine, 1999. 36 p. (in Russian).
7. Ivanova N.T. *Atlas of fish blood cells: comparative morphology and classification of blood cells in fish*. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1983. 80 p. (in Russian).
8. Kulachenko V.P., Kulachenko I.V. Hysiological state of carps' fish before wintering. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*, 2010, no. 10, pp. 40–42 (in Russian).
9. *Technology of breeding and cultivation of black cupid*. Moscow, All-Union Research Institute of Pond Fisheries, 1990. 10 p. (in Russian).
10. Technology for the production of grass carp planting material. *Sbornik nauchno-tekhnologicheskoi i metodicheskoi dokumentatsii po akvakul'ture* [Collection of scientific, technological and methodological documentation on aquaculture]. Moscow, 2001, pp. 70–80 (in Russian).

11. Ponomarev S.V., Lagutkina L.B., Ponomareva E.N., Fedorovykh Yu.V. Technology of growing black carp in ponds. *Tekhnologii fermerskogo rybovodstva* [Fish farming technologies]. Astrakhan, 2008, pp. 46–49 (in Russian).

Сведения 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@mail.ru

Марцуль Ольга Николаевна — кандидат сельскохозяйственных наук, Ученый секретарь РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»; Беларусь, г. Минск, улица Стебенева, 22. 220024. E-mail: martsul_v@mail.ru. Номер ORCID: 0000-0002-2043-5752.

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@mail.ru

Information about the authors

Sergey N. Panteley — Ph.D. (Agriculture), Head 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pantsialei@yandex.ru

Violetta D. Sennikova — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.ru

Olga N. Martsul — Ph. D. (Agricultural), Scientific Secretary, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: martsul_v@mail.ru. ORCID number: 0000-0002-2043-5752.

Marina N. Isaenko — Junior researcher at 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@mail.ru

УДК 639.371/.374

Поступила в редакцию 10.05.2023
Received 10.05.2023

В.Д. Сенникова, С.Н. Пантелей, О.Н. Марцуль, М.Н. Исаенко

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

ВОЗДЕЙСТВИЕ УСЛОВИЙ ПРЕДНЕРЕСТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ ЧЕРНОГО АМУРА НА РЕПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САМОК

Аннотация. Проведено изучение условий преднерестового содержания производителей черного амура (гидрохимический режим воды в теплом канале в месте установки садков, уровень проточности), биотехнологии воспроизводства черного амура, биологических особенностей репродуктивных процессов и продукционной характеристики. В отделении «Белоозерск» ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» Брестской области республики Беларусь уровень проточности, температурный и гидрохимический режим воды в канале, в месте установки садков с производителями черного амура полностью соответствовал рыбоводным требованиям. Скорость течения воды в теплом сбросном канале Березовской гидроэлектростанции находилась на оптимальном уровне и составляла 0,50 м/сек, pH среды в преднерестовый период также находилась на стабильном уровне 8,10–8,30, температура воды была в пределах 10–23 °С. Величины перманганатной окисляемости 11,70–13,10 мг О/л, концентрации углекислоты 2,80–3,00 мг/л, содержание фосфатов 0,02–0,12 мг/л, железа 0,04–0,17 мг/л, нитритов 0,008–0,101 мг/л и аммонийного азота 0,01–0,18 мг/л не выходили за пределы допустимых величин. Самки имели достаточно высокие продукционные характеристики. Рабочая плодовитость находилась на уровне 214,87–650,3 тыс. шт. икринок, что заметно превышает норму для конкретной весовой категории. Относительная плодовитость была достаточно высокой от 15,92 до 60,78 тыс. штук икринок, что является хорошим результатом, так как средняя относительная плодовитость самок черного амура разных генераций в южных районах России в 5–6 рыбоводной зоне составляет от 30 до 70 тыс. шт. икринок. Достаточно высокие абсолютная и относительная плодовитость самок свидетельствуют о том, что условия содержания в преднерестовый период (температура, химический состав воды, уровень проточности)

были благоприятными для роста рыбы и подготовки производителей к нересту.

Ключевые слова: черный амур; преднерестовое содержание; производители; гидрохимические показатели; самки; плодовитость

Violetta D. Sennikova, Sergey N. Panteley, Olga N. Martsul, Marina N. Isaenko

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

THE IMPACT OF PRE-SPAWNING CONDITIONS OF THE BLACK CUPID ON THE REPRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF FEMALES

Abstract. The conditions of pre-spawning maintenance of black Amur producers (hydrochemical regime of water in a warm channel at the place of installation of cages, the level of flow), biotechnology of reproduction of black amur, biological features of reproductive processes and production characteristics were studied. In the department «Beloozersk» of OJSC «Experimental fish farm «Selets» of the Brest region of the Republic of Belarus, the level of flow, temperature and hydrochemical regime of water in the channel, at the installation site of cages with producers of black amur fully met the fish-breeding requirements. The water flow velocity in the warm discharge channel of the Berezovskaya hydroelectric power plant was at an optimal level and was 0.50 m/sec, the pH of the medium in the pre-spawning period was also at a stable level of 8.10–8.30, the water temperature was in the range of 10–23 °C. The values of permanganate oxidizability 11.70–13.10 mg O/l, carbon dioxide concentrations 2.80–3.00 mg/l, phosphate content 0.02–0.12 mg/l, iron 0.04–0.17 mg/l, nitrites 0.008–0.101 mg/l and ammonium nitrogen 0.01–0.18 mg/l did not exceed the permissible values. The females had rather high production characteristics. The working fecundity was at the level of 214.87–650.3 thousand eggs, which significantly exceeds the norm for a specific weight category. The relative fecundity was quite high from 15.92 to 60.78 thousand eggs, which is a good result, since the average relative fecundity of black Amur females of different generations in the southern regions of Russia in the 5–6 fish breeding zone is from 30 to 70 thousand eggs. Sufficiently high absolute and relative fecundity of females indicate that the conditions of keeping in the pre-spawning period (temperature, chemical composition of water, flow rate) were favorable for the growth of fish and the preparation of producers for spawning.

Keywords: black amur; pre-spawning content; producers; hydrochemical indicators; females; fertility

Введение. В Беларуси получило распространение выращивание карпа, как основного объекта, в поликультуре с фито — и зоопланктофагами (пёстрым, белым толстолобиками и их гибридами), макрофитофагами (белым амуром), а также хищниками-мелиораторами (щука, сом). В то же время такие организмы, как моллюски, а также личинки и имаго крупных водных насекомых, зачастую составляющие в пробах макрозообентоса прудов свыше 50 % биомассы, остаются невостребованными поликультурой рыб.

Водные моллюски в рыбоводческих прудах являются нежелательными объектами, так как являются промежуточными хозяевами многих паразитов рыб. Устранение моллюсков из рыбоводческих прудов может быть достигнуто за счёт включения в состав поликультуры черного амура — типичного моллюскофага [14–17]. Широкое использование этого объекта в рыбоводстве страны сдерживается отсутствием ремонтно-маточного стада черного амура, нормативной документации получения посадочного материала. Основная проблема в данном случае — низкий выход рыбопосадочного материала — может быть устранена за счёт целенаправленной научно-исследовательской работы в этом направлении.

Необходимо разработать биологические основы воспроизводства, подращивания молоди до жизнестойких стадий и дальнейшего выращивания в прудах черного амура, полученного в условиях рыбоводных хозяйств Беларуси. Использование данной разработки в рыбоводных хозяйствах республики позволит на основе сформированного полноценного ремонтно-маточного стада черного амура получать качественный посадочный материал в достаточном количестве для оздоровления прудов, рыболовных угодий и увеличить рыбопродуктивность прудовых площадей рыбоводных хозяйств республики на 2–3 ц/га.

Актуальность данных исследований заключается в том, что в Беларуси нет технологии воспроизводства черного амура, поскольку для конкретных климатических условий требуется свой дифференцированный подход и именно сейчас работа с таким перспективным объектом прудового рыбоводства, как черный амур, в Беларуси достигла той стадии, когда можно приступать к массовому воспроизводству, отрабатывать его биотехнику разведения в умеренно-континентальном климате [10, 11].

Новизна разработки состоит в том, что впервые будет проведено изучение биологических особенностей у ремонтно-маточного стада черного амура, сформированного в климатических условиях Беларуси.

Целью данного этапа исследований являлось изучение условий преднерестового содержания производителей черного амура (гидрохимический режим воды в теплом канале в месте установки садков, уровень проточности), проведение экспериментов по воспроизводству черного амура, изучение биологических особенностей репродуктивных процессов и составление продукционной характеристики производителей черного амура.

Методы исследования. Опытные работы проводились на базе цеха инкубации ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» Брестской области республики Беларусь. Материалом для проведения работ служили производители черного амура (самки, самцы), половые продукты, икра, личинки, вода. Все работы проводились в лаборатории прудового и индустриального рыбоводства РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по животноводству». Измерение концентрации растворенного в воде кислорода и активной реакции среды (pH) проводили с использованием приборов оперативного контроля «Hanna», промеры температуры дублировали ртутным термометром. Концентрацию нитритов и аммонийного азота определяли в соответствии с Межгосударственным стандартом ГОСТ33045-2014 (Межгосударственный стандарт. ГОСТ 33046-2014. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ. — Москва, 2019 — 24 с.). Содержание кислорода, фосфатов, углекислоты, железа, перманганатную окисляемость определяли в соответствии с Методическими указаниями по организации гидрохимической службы в прудовых рыбоводных хозяйствах [6]. Сбор и обработку ихтиологического материала проводили по методике И.Ф. Правдина [8]. В качестве фиксаторов использовали 10 % формалин и 96-ти процентный этанол [8].

Основные результаты и их обсуждение. Для достижения поставленной цели весной 2021 г. в ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» Березовского района Брестской области республики Беларусь было проведено искусственное воспроизводство черного амура.

Преднерестовое содержание производителей черного амура в отделении «Белоозерск» ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» после зимовки и до начала нереста осуществлялось в 26 делевых садках совместно с производителями белого амура. Садки установлены на теплом сбросном канале Березовской ГРЭС, температура воды в котором в летний период превышает 22 °С. Исходя из того, что воспроизводство черного амура проводится уже два года, а возраст производителей восемь лет,

можно констатировать, что половая зрелость наступила в возрасте шести-семи лет, что характерно для черного амура в подогреваемых водоемах [2, 5, 8]. В условиях 5–6 зоны рыбоводства и в подогреваемых водоемах функциональной зрелости самцы чёрного амура достигают в возрасте 6–7 лет, самки — 7–8 лет при длине тела 70 см и более и массе тела до 18 кг, в то время как в прудах с обычным температурным режимом — только в 10–13 лет. Продолжительность эксплуатации производителей пять лет. Работу по получению половых продуктов начинают при установлении устойчивой среднесуточной температуры воды 19–20 °С.

Решающее значение для подготовки производителей к воспроизводству имеет их преднерестовое содержание [4]. Преднерестовым является период содержания производителей, наступающий после окончания зимовки и завершающийся к началу нереста. У теплолюбивых видов рыб, в том числе и у черного амура, этот период составляет до 2,5 мес. Важную роль при этом играют скорость течения воды, разреженные посадки, кормление, а также благоприятные гидрохимические условия [4, 12].

При выращивании в садках различной рыбы, в том числе и производителей, важную роль играет скорость течения воды. Водообмен должен обеспечить поступление кислорода в количестве 0,6 г на 1 кг массы рыбы в час. Благоприятными считаются небольшие скорости течения воды, при оптимуме 0,2–0,5 м/с [3, 6]. Скорость течения воды в теплом сбросном канале Березовской ГРЭС находилась на оптимальном уровне и составила 0,5 м/сек, что способствует созданию благоприятных условий для содержания стада черного амура.

Черного амура интенсивно кормили гранулированными карповыми кормами марки К-111. Нормы кормления принимались те же, что и для племенного материала карпа. При благоприятной температуре (не ниже 20 °С) и хорошем кислородном режиме (не ниже 4–5 мг/л) ориентировочный расход кормов в среднем составлял от массы рыбы — 2,5–3,0 %. Молодые производители менее требовательны к условиям выращивания по сравнению с самками старшего возраста, которым необходима лучшая обеспеченность пищей.

В преднерестовый период осуществляли контроль за температурным режимом и гидрохимическими условиями теплого канала, в котором размещены садки с черным амуром. Как видно из рис. 1, в марте-мае 2021 г. температура воды в сбросном канале Березовской ГРЭС находилась на уровне 10–23 °С.

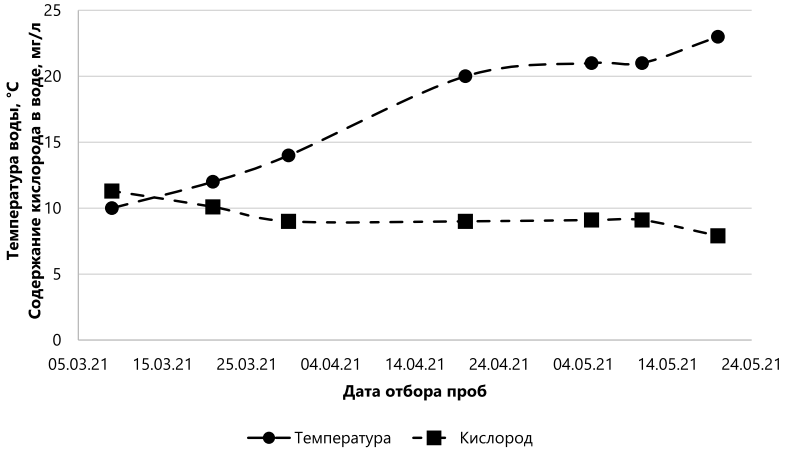


Рис. 1. Температура воды и содержание кислорода в теплом сбросном канале Березовской ГРЭС в районе садков, март-май 2021 г
Fig. 1. Water temperature and oxygen content in the warm discharge channel of the Berezovskaya GRES in the Sadkov area, March-May 2021

В середине апреля, вслед за подъемом температуры воды выше 20 °С, произошло уменьшение содержания кислорода с 11,3 до 7,9 мг/л, оставаясь в пределах нормативных значений при выращивании рыбы в садках [3, 19, 13]. Черный амур относится к умеренно требовательным к кислородному режиму рыбам [2, 4, 5, 7, 12].

Активная реакция среды (pH) в преднерестовый период находилась на стабильном уровне (8,1–8,3), что является хорошим показателем, так как повышение pH среды до 9 и более является крайне неблагоприятным для производителей рыб (табл. 1). Повышение уровня pH среды происходит чаще всего в связи с «цветением» водоема. Все эти факторы наряду со снижением содержания кислорода в воде могут привести к ухудшению физиологического состояния производителей.

На протяжении всего преднерестового периода перманганатная окисляемость (11,7–13,1 мг O/л), концентрация углекислоты (2,8–3,0 мг/л), содержание фосфатов (0,02–0,12 мг/л), железа (0,04–0,17 мг/л), нитритов (0,008–0,101 мг/л) и аммонийного азота (0,01–0,18 мг/л) не выходили за пределы допустимых величин [9]. В момент пересадки производителей черного амура из сетчатых садков в пруды для проведения воспроизводства температура воды в канале составляла 23 °С, активная реакция среды 8,2, аммонийный азот — 0,16 мг/л; нитриты — 0,10 мг/л;

фосфаты — 0,09 мг/л; железо общее — 0,13 мг/л; кислород — 7,9 мг/л. В малых прудах, где находились производители непосредственно перед нерестом, температура воды составляла 20–21 °С.

Таблица 1. **Данные гидрохимического анализа воды в теплом сбросном канале Березовской ГРЭС в районе садков с производителями черного амура**
Table 1. **Data of hydrochemical analysis of water in the warm discharge channel of the Berezovskaya HPS in the area of cages with producers of the Black Amur**

Показатели	Дата отбора проб						
	09 марта	21 марта	30 марта	20 апреля	05 мая	11 мая	20 мая
Активная реакция среды, pH	8,1	8,3	8,3	8,3	8,3	8,2	8,2
Кислород растворенный, мг/л	11,3	10,1	9,0	9,0	9,1	9,1	7,9
Диоксид углерода растворенный, мг/л	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	-	-
Перманганатная окисляемость, мг О/л	11,7	12,3	12,7	13,1	13,1	-	-
Азот аммонийный, мг/л	0,16	0,18	0,01	0,057	0,053	0,078	0,16
Нитриты, мг/л	0,06	0,06	0,008	0,07	0,016	0,013	0,101
Фосфаты, мг/л	0,10	0,12	0,02	0,02	0,03	0,03	0,09
Железо общее, мг/л	-	0,17	0,05	0,06	0,04	0,06	0,13

В ходе проведенных исследований установлено, что поддержание температуры воды на уровне 20–23 °С в ходе подготовки производителей к нересту при соответствии показателей качества воды стандарту СТБ 1943-2009 (Вода рыбоводческих прудов. Требования. СТБ1943-2009. — Мн.: Госкомитет по стандартизации республики Беларусь от 11 февраля 2009 г. — № 7) для воды, поступающей в инкубационные цеха, цеха подращивания позволяет осуществлять подготовку к воспроизводству производителей черного амура. Уровень проточности в бассейнах (лотках) с производителями (самцы) должен быть достаточным для поддержания уровня растворённого кислорода не ниже 6–8 мг/л (именно такой уровень кислорода поддерживался на протяжении всего эксперимента, в котором были получены положительные результаты).

Таким образом, как свидетельствуют проведенные исследования, в отделении «Белоозерск» ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» уровень проточ-

ности, температурный и гидрохимический режим воды в канале, в месте установки садков с производителями черного амура, а также в прудах и лотках полностью соответствовал рыбоводным требованиям.

При увеличении среднесуточной температуры воды до 20 °С в мае 2021 г. провели сортировку производителей черного амура. Первоначально готовность к нересту определяли по внешнему виду рыб. Основными внешними признаками, свидетельствующим о готовности самок к нересту, является наличие выпуклого, мягкого брюшка. В ходе весенней бонитировки для оценки состояния и степени зрелости гонад у одновозрастных производителей черного амура у самок был осуществлен эндоскопический отбор образца икры с помощью щупа. Отобранный образец содержал икру без признаков внешнего повреждения и наличия тканей стенок яичников, диаметр икринок составил 1,0–1,7 мм. Наличие практически зрелой икры свидетельствовало о половозрелости самок и их пригодности для воспроизводства. Всего было отобрано 5 самок для проведения экспериментов по воспроизводству.

У самцов черного амура при наступлении половой зрелости грудные плавники обретают шершавость, что и было использовано при их отборе. Все самцы черного амура были половозрелыми и пригодными для воспроизводства. Всего было отобрано 10 самцов из 11 имеющихся в стаде. Самок пересадили в специальные маленькие, неглубокие пруды. В каждый пруд высаживали по две самки. Отобранных для нерестовой компании самцов черного амура разместили в лотках в инкубационном цехе 26 мая 2021 г. У отобранных для нереста производителей черного амура была получена икра в количестве 5,63 кг и молоки в количестве более 80 мл (что более чем вдвое превышало достигнутые в предыдущий год показатели).

Для стимуляции созревания производителей применяли гипофизы карпа. При получении половых продуктов у черного амура в ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» применяли двукратную гипофизарную инъекцию. Предварительная доза гипофиза для самок составила 0,7 мг/кг массы самки, разрешающая — 9 мг/кг массы рыбы. Интервал между инъекциями составлял 24 ч. Самцам инъекцию делали также дважды из расчета 0,7 мг/кг массы и 6 мг/кг массы.

Осеменение икры проводили «сухим» способом смесью молок от 2–4 самцов сразу после ее получения. Для инкубации икры использовали аппараты «ВНИИПРХ».

Продолжительность инкубации икры зависит от температуры воды. При температуре воды в инкубационном цеху на уровне 23 °С выклев личинок произошел через 26–28 ч 27 мая 2021 г., что является нормой для черного амура [4].

Для изучения показателей продуктивности маточного стада черного амура во время воспроизводства был осуществлен отбор икры, ее взвешивание, определение диаметра икринок, рабочей и относительной плодовитости.

Согласно литературным данным рабочая плодовитость у черного амура колеблется от 140 до 700 тыс. шт. икринок в зависимости от возраста и условий нагула [4, 5, 12]. В соответствии с литературными данными рабочая плодовитость впервые нерестящихся самок черного амура с массой 10–12 кг составляет 140–240 тыс. шт. икринок [4]. Далее рабочая плодовитость сохраняется на одном уровне — 500–700 тыс. шт. икринок [4, 5, 12].

Как видно из данных, приведенных в табл. 2, рабочая плодовитость самок черного амура в отделении «Белоозерск» была достаточно высокой и находилась на уровне 214,87–650,3 тыс. шт. икринок, что значительно превышает норму для конкретной весовой категории.

Таблица 2. **Продукционная характеристика самок черного амура, отделение «Белоозерск» ОАО «Опытный рыбхоз «Селец»**
Table 2. **Production characteristics of black Amur females, department «Beloozersk» of JSC «Experimental fish farm «Selets»**

№ п/п	Масса, кг	Длина рыбы, см	Количество икры, г	Диаметр икры, мм	Абсолютная плодовитость, тыс. шт	Относительная плодовитость, тыс. шт
1	10,7	99	1490	1,5	650,3	60,78
2	11,2	101	1350	1,6	364,5	32,55
3	12,3	103	1130	1,25	363,0	29,51
4	12,6	103	900	1,4	217,06	17,23
5	13,5	104	760	1,05	214,87	15,92

Это свидетельствует о благоприятных условиях выращивания и содержания производителей в преднерестовый период. Как известно, лучшие рыбоводные результаты получаются при использовании самок на 2–4 году эксплуатации [4].

Относительная плодовитость у самок черного амура также была достаточно значительной. Она находилась в пределах 15,92–60,78 тыс. шт. икринок, что также является хорошим результатом, так как средняя

относительная плодовитость самок черного амура разных генераций в южных районах России в 5–6 рыбоводной зоне составляет от 30 до 70 тыс. шт. икринок [4].

Таким образом, как следует из проведенных наблюдений, достаточно высокие продукционные характеристики (абсолютная и относительная плодовитость) самок черного амура свидетельствуют о том, что условия содержания в преднерестовый период (температура, химический состав воды, уровень проточности) были благоприятными для роста рыбы и подготовки производителей к нересту.

Выводы. В процессе проведения исследований изучено преднерестовое содержание производителей черного амура. Проведены эксперименты по воспроизводству черного амура и дана продукционная характеристика производителей черного амура.

В результате проведения исследований установлены следующие особенности:

1. Установлено, что производители черного амура в отделении «Белоозерск» ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» в преднерестовый период содержится в делевых садках, установленных на теплом сбросном канале Березовской ГРЭС совместно с производителями белого амура. Показано, что в условиях рыбоводческих хозяйств Беларуси самки и самцы черного амура достигли половой зрелости в возрасте 6–7 лет при содержании их на теплых водах.

2. Выявлено, что температурный и гидрохимический режим воды в канале в месте установки садков с производителями черного амура в преднерестовый период (март-май 2021 г) полностью соответствовал рыбоводным требованиям.

3. Отмечено, что при преднерестовом содержании в садках производителей черного амура скорость течения воды в теплом сбросном канале Березовской ГРЭС в месте установки садков находится на оптимальном уровне и составляет — 0,5 м/сек, что способствует достаточному поступлению кислорода и созданию благоприятных условий для содержания производителей черного амура.

4. Для стимуляции созревания производителей использовали гипофизы карпа. При получении половых продуктов у черного амура в ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» применяли двукратную гипофизарную инъекцию. Предварительная доза гипофиза для самок составила 0,7 мг/кг массы самки, разрешающая — 9 мг/кг массы рыбы. Интервал между инъекциями составлял 24 ч. Самцам инъекцию дела-

ли также дважды из расчета 0,7 мг/кг массы и 6 мг/кг массы. Осеменение икры проводили «сухим» способом смесью молок от 2–4 самцов сразу после ее получения. Для инкубации икры использовали аппараты «ВНИИПРХ».

5. Установлено, что самки черного амура обладают достаточно высокой рабочей плодовитостью (214,87–929,43 тыс. шт.) значительно превышающей норму для конкретной весовой категории, что свидетельствует о благоприятных условиях выращивания и содержания в преднерестовый период.

6. Относительная плодовитость у самок черного амура также была значительной, находясь в пределах 15,92–60,78 тыс. шт. икринок, что является хорошим результатом, так как средняя относительная плодовитость самок черного амура разных генераций в южных районах России в 5–6 рыбоводной зоне составляет от 30 до 70 тыс. шт. икринок.

Список использованных источников

1. Методические рекомендации по биотехнике разведения и выращивания черного амура / А.И. Балан [и др.] ; Укр. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. — Херсон, 1976. — 12 с.
2. Балтаджи, Р.А. Опыт получения потомства и выращивания сеголетков черного амура в Мироновском рыбопитомнике / Р.А. Балтаджи, И.Н. Иванов, В.В. Исаевич // Рыбное хозяйство : респ. межведомств. темат. науч. сб. / Укр. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. — Киев, 1976. — Вып. 23. — С. 7–10.
3. Беляев В.И. Рыбоводство на теплых водах // Справочник по рыбоводству и рыболовству / В.И. Беляев. — Минск, 1986. — С. 82–89.
4. Воропаев, С.Н. Рыбоводно-биологическая характеристика черного амура (Mylopharyngodon piceus (Rich.) как объекта искусственного воспроизводства : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.10 / С.Н. Воропаев ; Всерос. науч.-исслед. ин-т прудового рыб. хоз-ва. — М., 1993. — 26 с.
5. Козлов, В.И. Справочник фермера-рыбовода / В.И. Козлов. — М. : ВНИРО, 1998. — 342 с.
6. Методические указания по организации гидрохимической службы в прудовых рыбоводных хозяйствах : утв. 14 апр. 1976 г. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т прудового рыб. хоз-ва. — М. : [б. и.], 1976. — 115 с.
7. Мухамедова, А.Ф. Черный амур в Цимлянском водохранилище / А.Ф. Мухамедова, С.В Аксенов, Н.П. Шаповалова // Сб. науч. тр. / Гос. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва. — Л., 1989. — Вып. 301 : Растительноядные рыбы в водоемах разного типа. — С. 149–156.
8. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин ; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Пищевая пром-сть, 1966. — 376 с.

9. Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых и садковых хозяйств Беларуси / В.В. Кончиц [и др.] ; ред. В.В. Кончиц. — Минск : [б. и.], 2011. — 85 с.
10. Сазанов, В.Б. Черный амур в Беларуси / В.Б. Сазанов // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. — 2006. — № 5. — С. 185–187.
11. Сазанов, В.Б. Обоснование технологических элементов выращивания черного амура в поликультуре прудового рыбоводства Беларуси : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.04 / В.Б. Сазанов ; Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. — Жодино, 2008. — 20 с.
12. Технология разведения и выращивания черного амура / Науч.-произв. обние по рыбоводству, Всесоюз. науч.-ислед. ин-т прудового рыб. хоз-ва. — М : ВНИИПРХ, 1990. — 10 с.
13. Титарев, Е.Ф. Индустриальное рыбоводство [Электронный ресурс] / Е.Ф. Титарев // Библиотека фермера рыбовода. — Режим доступа: https://biblio.arktikfish.com/index.php/ind-ryb. — Дата доступа: 13.03.2023.
14. Ben-Ami, F. Biological control of aquatic pest snails by the black carp Mylopharyngodon piceus / F. Ben-Ami, J. Heller // Biol. Control. — 2001. — Vol. 22, № 2. — P. 131–138. https://doi.org/10.1006/bcon.2001.0967
15. Use of black carp (Mylopharyngodon piceus) in biological control of intermediate host snails of fish-borne zoonotic trematodes in nursery ponds in the Red River Delta, Vietnam / N. M. Hung [et al.] // Parasites a. Vectors. — 2013. — Vol. 6, № 1. — Art. 142. https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-142
16. Nico, L.G. *Mylopharyngodon piceus* (Richardson, 1846) [Electronic resource] / L. G. Nico, M. E. Neilson // Nonindigenous Aquatic Species. — Mode of access: https://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?SpeciesID=573. — Date of access: 12.07.2023.
17. Wui, Y.S. The economic impact of restricting use of black carp for snail control on hybrid striped bass farms / Y. S. Wui, C. R. Engle // North Amer. J. of Aquaculture. — 2007. — Vol. 69, № 2. — P. 127–138. https://doi.org/10.1577/A05-088.1

References

1. Balan A.I., Baltadzhi R.A., Prikhod'ko V.A., Ivanov I.N. *Methodological recommendations on biotechnology of breeding and cultivation of black amur.* Herson, 1976. 12 p. (in Russian).
2. Baltadzhi R.A., Ivanov I.N., Isaevich V.V. The method of obtaining offspring, carrying young black Cupid in the Mironovsky rib nursery. *Rybnoe khozyaistvo: respublikanskii mezhvedomstvennyi tematicheskii nauchnyi sbornik* [Fish farming: republican interdepartmental thematic scientific collection]. Kiev, 1976, iss. 23, pp. 7–10 (in Russian).
3. Belyaev V.I. Fish farming in warm waters. *Spravochnik po rybovodstvu i rybolovstvu* [Reference book on fish farming and fishing]. Minsk, 1986, pp. 82–89 (in Russian).
4. Voropaev S.N. *Fish-breeding and biological characteristics of the black Amur as an object of artificial reproduction*. Abstract of Ph.D. diss. Moscow, 1993. 26 p. (in Russian).

5. Kozlov V.I. *Handbook of a fish farmer*. Moscow, All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, 1998. 342 p. (in Russian).
6. All-Union Research Institute of Pond Fisheries. *Methodological guidelines for the organization of hydrochemical service in pond fish farms*. Moscow, 1976. 115 p. (in Russian).
7. Mukhamedova A.F., Aksenov S.V., Shapovalova N.P. Black Amur in the Tsimlyansk reservoir. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ozernogo i rechnogo rybnogo khozyaistva. Vyp. 301. Rastitel'noyadnye ryby v vodoemakh raznogo tipa* [Collection of scientific works of the State Research Institute of Lake and River Fisheries. Iss. 301. Herbivorous fish in various types of water bodies]. Leningrad, 1989, pp. 149–156 (in Russian).
8. Pravdin I.F. *Guide to the study of fish (mainly freshwater)*. 4th ed. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1966. 376 p. (in Russian).
9. Konchits V.V. (ed.). *Fish-breeding and biological standards for the operation of pond and cage farms in Belarus*. Minsk, 2011. 85 p. (in Russian).
10. Sazanov V.B. Black Amur in Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2006, no. 5, pp. 185–187 (in Russian).
11. Sazanov V.B. *Substantiation of technological elements of growing black amur in the polyculture of pond fish farming in Belarus*. Abstract of Ph.D. diss. Minsk, 2008. 20 p. (in Russian).
12. *Technology of breeding and cultivation of black cupid*. Moscow, All-Union Research Institute of Pond Fisheries, 1990. 10 p. (in Russian).
13. Titarev E.F. Industrial fish farming. *Fish farmer's library*. Available at: https://biblio.arktikfish.com/index.php/ind-ryb (accessed 11.04.2023) (in Russian).
14. Ben-Ami F., Heller J. Biological control of aquatic pest snails by the black carp Mylopharyngodon piceus. *Biological Control*, 2001, vol. 22, no. 2, pp. 131–138. https://doi.org/10.1006/bcon.2001.0967
15. Hung N.M., Duc N.V., Stauffer J.R., Madsen H. Use of black carp (Mylopharyngodon piceus) in biological control of intermediate host snails of sh-borne zoonotic trematodes in nursery ponds in the Red River Delta, Vietnam. *Parasites and Vectors*, 2013, vol. 6, no. 1, art. 142. https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-142
16. Nico L.G., Neilson M.E. Mylopharyngodon piceus (Richardson, 1846). *Nonindigenous Aquatic Species*. Available at: https://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?SpeciesID=573 (accessed 12.07.2023).
17. Wui Y.S., Engle C.R. The economic impact of restricting use of black carp for snail control on hybrid striped bass farms. *North American Journal of Aquaculture*, 2007, vol. 69, no. 2, pp. 127–138. https://doi.org/10.1577/A05-088.1

Сведения об авторах

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

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

Марцуль Ольга Николаевна — кандидат сельскохозяйственных наук, Ученый секретарь РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»; Беларусь, г. Минск, улица Стебенева, 22. 220024. E-mail: martsul_v@ mail.ru. Номер ORCID: 0000-0002-2043-5752

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

Violetta D. Sennikova — 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Sergey N. Panteley — Ph.D. (Agriculture), Head 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pantsialei@yandex.ru

Olga N. Martsul — Ph. D. (Agricultural), Scientific Secretary, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: martsul_v@mail.ru. ORCID number: 0000-0002-2043-5752

Marina N. Isaenko — Junior researcher at 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» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

УДК 639.2.052:639.371.2

Поступила в редакцию 26.05.2023
Received 26.05.2023

А.С. Сафронов[1], О.П. Филиппова[1], И.В. Яхонтова[1], Н.А. Козовкова[2], А.В. Мищенко[2]

[1]Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Москва, Российская Федерация
[2]Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ВНИРО (ВНИИПРХ), Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Рыбное, Российская Федерация

РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕСТЕРА «БУРЦЕВСКОЙ» ПОРОДЫ 5 ПОКОЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АКВАКУЛЬТУРЕ

Аннотация. Целесообразность использования гибридов в аквакультуре связана с возможностью сочетания в них желательных качеств исходных видов. К настоящему времени изучено и апробировано в промышленных хозяйствах аквакультуры большое число межвидовых гибридов осетровых рыб, но 3 породы, выведенные на основе скрещиваний белуги со стерлядью (бестера), первыми зарегистрированы Государственной комиссией РФ по испытанию и охране селекционных достижений в 2000 г. под названиями «бурцевская», «внировская» и «аксайская». Выращивание реципрокных форм бестера породы «бурцевская» (белуга × стерлядь; стерлядь × белуга) было начато в прудах Саратовской области, продолжено в Ростовской области до 4-го поколения. 5 поколение целиком было выращено в бассейнах УЗВ под Москвой.

Целью данного исследование являлось сравнение производителей «бурцевского» бестера 3-го и 5-го поколений селекции для определения стабильности породы. Оценку вели путем сравнения разных поколений по величине экстерьерных показателей: индексам прогонистости, толщины тела, обхвата тела, коэффициента упитанности (K_F) и хозяйственно-ценным признакам: продуктивности самок, жизнеспособности потомства и уровню эмбриональных нарушений в раннем онтогенезе

В работе приведены данные динамики изменений морфометрических индексов тела, выживаемости и плодовитости от 3-го к 5-му поколению у бестера (*Huso huso* (Linnaeus) × *Acipenser ruthenus* (Linnaeus)). Обобщены данные экспериментальных исследований, проведенных

в период 2002–2018 гг. в контролируемых условиях замкнутых систем ВНИРО в Московской области (Россия), для производителей и потомства породы бестера «бурцевская» При организации исследований применяли методы прижизненного получения икры, ультразвуковой диагностики, биопсии с использованием щупа и анестезии. Установлено, что 5-е поколение «бурцевской» породы бестера сохраняет основные отличия от родительских форм. Эмбриональные нарушения и их уровень у потомства 5-го поколения «бурцевского» бестера аналогичны предыдущим поколениям, за исключением «тяжелых вариантов», отмеченных для F_2. Произошло уменьшение рабочей плодовитости у самок F_5, а величины относительной плодовитости и оосоматического индекса, наоборот увеличились, что связано с направленным отбором по этим показателям. У самцов F_5 средняя масса половозрелых рыб увеличилась относительно F_3.

Ключевые слова: аквакультура, гибриды осетровых, бестер, замкнутая система водоснабжения (УЗВ), созревание, эмбриональные нарушения, рыбоводно-биологические показатели

Alexander St. Safronov[1], Olga P. Filippova[1], Irina V. Yakhontova[1], Nadezshda A. Kozovkova[2], Alexander V. Mishchenko[2]

[1]Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), The Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation
[2]Branch for freshwater fisheries VNIRO (VNIIPRKh), The Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

FISH-BREEDING AND BIOLOGICAL INDICATORS OF THE BESTER «BURTSEVSKAYA» BREED OF THE 5th GENERATION OF BREEDING WHEN GROWING IN INDUSTRIAL AQUACULTURE

Abstract. The expediency of using hybrids in aquaculture is associated with the possibility of combining the desirable qualities of the original species in them. To date, a large number of interspecific hybrids of sturgeon fish have been studied and tested in industrial aquaculture farms, but 3 breeds bred on the basis of crosses of beluga with sterlet (bester) were the first registered by the State Commission of the Russian Federation of Breeding Achievements in 2000 under the names «Burtsevskaya», «Vnirovskaya» and «Aksaiskaya». The cultivation of reciprocal forms of the Burtsevskaya breed bester (beluga × sterlet; sterlet × beluga) was started in the ponds of the Saratov region, continued in the Rostov region until the 4th generation. The 5th generation was entirely grown in the pools of the RAS near Moscow. The purpose of this study was to

compare the producers of the bester «Burtsevskaya» of the 3rd and 5th generations of breeding to determine the stability of the breed. The assessment was carried out by comparing different generations in terms of the value of exterior indicators: indices of progenity, body thickness, body girth, fatness coefficient (K_F) and economically valuable traits: female productivity, viability of offspring and the level of embryonic disorders in early ontogenesisThe data on the dynamics of changes in morphometric body indices, survival and fertility from the 3rd to the 5th generation in the sturgeon hybrid are presented. The data of experimental studies conducted in the period 2002–2018 under controlled conditions of closed systems of VNIRO in the Moscow region (Russia), for spawners and offspring of the Burtsevskaya bester breed (Huso huso (Linnaeus) × Acipenser ruthenus (Linnaeus)) are summarized. Methods of intravital eggs extraction, ultrasound diagnostics, biopsy with the probe and anesthesia are applied. It has been established that the 5th generation of the «Burtsevskaya» breed of Bester retains the main differences from the parental forms. Embryonic disorders and their level in the offspring of the 5th generation of the Burtsev Bester are similar to the previous generations, with the exception of the "severe variants" noted for F_2. There was a decrease in working fecundity in F_5 females, and the values of relative fecundity and oosomatic index, on the contrary, increased, which is associated with directional selection for these indicators. In F_5 males, the average weight of mature fish increased relative to F_3.

Keywords: aquaculture, sturgeon hybrids, bester, recycling aquaculture system (RAS), maturation, embryonic disorders, fish-breeding and biological parameters

Введение. Целесообразность использования гибридов в аквакультуре связана с возможностью сочетания в них желательных качеств исходных видов, например, как у бестера, большой потенции роста и большой плодовитости белуги со скороспелостью и высокими вкусовыми качествами стерляди [1, 2]. Гибридизация осетровых нашла широкое применение благодаря технической простоте скрещивания при искусственном осеменении икры и возможности массового получения гибридов вследствие высокой плодовитости рыб. Как правило, гибриды отличаются также высокой адаптивной пластичностью, т.е. способностью переносить необычные для чистых видов условия среды в рыбоводных хозяйствах [3].

Практическое использование гибридов идет по двум классическим направлениям:

1) скрещивание и выращивание гетерозисных гибридов 1-го поколения, отличающихся повышенной продуктивностью;

2) синтетическая селекция гибридов в ряду поколений с целью создания новых пород с оптимальным сочетанием признаков и свойств исходных видов [4].

Начиная с работ профессора Н.И. Николюкина [5], к настоящему времени изучено и апробировано в промышленных хозяйствах аквакультуры большое число гибридов между видами осетровых рыб, обитающими в водоемах России, но 3 породы, выведенные на основе скрещиваний белуги со стерлядью (бестера), были первыми зарегистрированы Государственной комиссией РФ по испытанию и охране селекционных достижений в 2000 г. под названиями «бурцевская», «внировская» и «аксайская».

Выращивание реципрокных форм бестера породы «бурцевская» (белуга×стерлядь; стерлядь×белуга) было начато в прудах Саратовской области (Тепловский рыбопитомник), и продолжено в Ростовской области (Аксайский рыбхоз и ЗАО «Казачка») до 4-го поколения гибридизации с постоянным мониторингом диагностических породных признаков [6, 7, 8]. В 2002 и 2005 гг. потомство 3-го поколения гибридизации в виде сеголеток и развивающихся эмбрионов было перевезено в экспериментальные установки с замкнутым водообеспечением (УЗВ) ФГБНУ «ВНИРО в Московской области, где и продолжалось выращивание рыб по половой зрелости. Фактически в бассейнах УЗВ было повторно сформировано маточное стадо «бурцевского» бестера 4-го поколения гибридизации.

Половой зрелости самки 4-го поколения достигли в период с 2009 по 2011 гг. В 2012 г. было заложено ремонтное стадо «бурцевского» бестера 5-го поколения (F_5) из второй генерации потомства самок и самцов 4-го поколения, предварительно оцененных по выживаемости первой генерации их эмбрионов и личинок.

Целью данной работы являлось определение стабильности «бурцевской» породы бестера путем сравнения ее показателей с аналогичными у предшествующего поколения гибридизации. Для этого провели сравнение производителей «бурцевской» породы бестера 3-го (когда проводили испытание породы на отличимость, однородность и стабильность) и 5-го поколений селекции по величине экстерьерных показателей — индексу прогонистости (L/H), индексу толщины тела (B/L), индексу обхвата тела O/L, коэффициенту упитанности (K_F) и хозяйственно-ценным признакам: продуктивности самок, жизнеспособности потомства и уровню эмбриональных нарушений в раннем онтогенезе

В данном случае под общим термином «жизнеспособность потомства» понимали выживаемость эмбрионов на стадиях с 18-й (стадия щелевидного бластопора) по 20-ю (стадия широкой нервной пластинки) согласно классификации Т.А. Детлаф с соавторами и выживаемость личинок после вылупления (стадия 36) [9].

Для оценки продуктивности самок использовали плодовитость, как один из наиболее генетически закрепленных признаков, в наименьшей степени подверженных модификационной изменчивости. Рассчитывали рабочую, относительную плодовитости и оосоматический индекс, как отношение массы овулировавшей икры к массе тела самки.

Основная часть. Пятое поколение «бурцевской» породы бестера целиком было выращено в бассейнах УЗВ (с последовательным чередованием емкостей разного размера (от 2×2×0,7 м для молоди до круглых ∅ 4,5 м и глубиной 0,85 м для старшего ремонта) с кормлением осетровыми линейками искусственных комбикормов 4-х зарубежных (Aller aqua, Biomar, Coppens, Skretting) и отечественной (ООО НПК «Агротех») компаний. Первые самцы достигли полового созревания в возрасте 3+ при сумме тепла 21890 градусо-дней, первые самки — в возрасте 5+ при сумме тепла 35550 градусо-дней. Плотность посадки при выращивании рыб в бассейнах ∅ 4,5 м и высотой 0,85 м не превышала 47 кг/м^3.

Все работы по подготовке и стимуляции производителей к нересту, получению половых продуктов, осеменению и инкубации икры проводили согласно стандартным методикам [10, 11]. Статистическую обработку выборочных данных проводили с использованием программы Microsoft Excel 2003. Вычисляли средние значения показателей и их ошибку (M±m), величину среднего квадратичного отклонения (δ), коэффициент вариации (*CV*).

Сравнение групп «бурцевского» бестера 3-го и 5-го поколений показало некоторое их отличие по величине основных морфометрических индексов (табл. 1). Самки 5-го поколения стали менее прогонистыми, с несколько большими значениями индексов толщины и обхвата в связи с работами по отбору в 4-м поколении особей по максимальной плодовитости. Отбор на увеличение плодовитости вели для формирования в УЗВ маточного стада «икорного» направления и отработки технологии производства пищевой икры, что было связано с выполнением государственной тематики ФГБНУ «ВНИРО».

Таблица 1. **Экстерьерные показатели производителей «бурцевского» бестера разных поколений**
Table1. **Exterior indexes of different generations of «Burtsevskaya» bester breeders**

Пол рыбы	Индекс прогонистости: отношение длины тела к наибольшей высоте, L/H	Индекс толщины в % длины тела, B/L	Индекс обхвата в % длины тела, O/L, %	Коэффициент упитанности по Фультону, K_F
Самки:				
F_3*(N=40)	6,9	11,3	40,5	1,1
F_5 (N=68)	6,68±0,06	13,9±0,15	45,56±0,41	0,86±0,02
Самцы:				
F_3*(N=18)	6,9	10,7	37,3	0,9
F_5 (N=63)	5,91±0,07	13,77±0,17	43,92±0,42	0,82±0,02

Примечание. * — по литературным данным [12]; N — количество особей в выборке, экз.

Специального отбора самцов по морфометрическим индексам в 4-м поколении не проводили, что привело к некоторым изменениям облика рыб в 5-м поколении. Самцы стали более короткотелыми, с большей толщиной и обхватом, что объясняется условиями содержания в ограниченном пространстве бассейнов УЗВ и высокобелковым питанием рыб экструдированными кормами (малоподвижный образ жизни и калорийное питание). С учетом общей направленности работ на получение пищевой икры, для репродукции стада оставили только 35 % от отобранных методом ультразвуковой диагностики (УЗИ) неполовозрелых самцов.

Следует отметить, что в 4-м поколении у части самцов бестера отмечалось снижение рыбоводного качества продуцируемой спермы (снижение концентрации и оплодотворяющей способности), и таких самцов (50 % от оставленных «на племя»), после теста на оплодотворяемость икры, исключали из репродуктивного процесса. Таким образом, напряженность отбора для самцов 4-го поколения бестера составила 32,5 %. В 5-м поколении самцов и самок «бурцевского» бестера специального отбора по индексам тела так же не проводили.

Масса самок 3-го и 5-го поколений, достигших половой зрелости, имеет близкие значения, а вот самцы 5-го поколения стали более крупными (табл. 2).

Рабочая плодовитость созревающих самок 5-го поколения была несколько меньше, чем у самок 3-го поколения. При этом относительные величины (относительная плодовитость и оосоматический индекс) несколько увеличились, т.к. именно по этим критериям отбирались для репродукции самки 4-го поколения.

Таблица 2. **Рыбоводно-биологические показатели «бурцевского» | бестера разных поколений**
Table 2. **Fish-breeding and biological indicators of different generations of «Burtsevskaya» bester**

Показатели	Порода «бурцевская» волжского происхождения				
	F_3*		F_5		
	средняя	мин. — макс	средняя	мин. — макс	CV, %
Масса самок при достижении половой зрелости, кг					
- самки	9,6	5–14	9,38±0,39	5,2–13,0	21,5
- самцы	-	3–6	6,17±0,17	4,2–9,4	16,3
Плодовитость:					
- рабочая, тыс. шт. икринок	90,3	45–150	80,3±5,51	35,2–144,3	37,6
- относительная, тыс. шт./кг массы самок	9,4	9–10,7	10,5±0,95	2,9–22,64	49,7
- оосоматический индекс, %	16,0	9–24	16,77±0,17	11,07–33,04	41,3
Выживаемость эмбрионов, %	85	80–90	72,1±3,8	12,0–95,0	30,5
Выживаемость личинок, %	60	–	48,5±3,06	17,6–86,1	35,3

Примечание. * — по литературным данным [12].

Эмбриональная смертность в потомствах производителей 5-го поколения «бурцевского» бестера увеличилась как на ранних стадиях развития, так и при вылуплении личинок, что является тревожным сигналом для дальнейшей репродукции породы. При дальнейшей селекции следует обратить особое внимание именно на выживаемость потомства. Учитывая высокую изменчивость (*CV*=30,5 % и 35,3 %) по выживаемости эмбрионов и личинок у производителей 5-го поколения, селек-

ционные работы на снижение эмбриональной смертности путем индивидуального подбора пар рыб должны иметь хороший результат.

В 5-м поколении основная элиминация развивающихся эмбрионов большинства самок происходит на ранних стадиях развития (низкая оплодотворяемость ооцитов, нарушения в период гаструляции). Если эти этапы пройдены успешно, у большой доли самок (63–80 %), исключение составил только 2021 г., выход личинок превышает 40 % от числа заложенных на инкубацию икринок (табл. 3).

Таблица 3. **Выживаемость эмбрионов и личинок, полученных от самок 5-го поколения селекции «бурцевского» бестера при первом созревании**
Table 3. **Viability of embryos and larvae, which obtained from females of the 5th generation of the «Burtsevskaya» bester breeders at the first maturation**

Показатели	Доля самок в % от общего количества половозрелых рыб		
	2020 г. (N=12 экз.)	2021 г. (N=24 экз.)	2022 г. (N= 13 экз.)
Эмбрионы			
Эмбриональное развитие отсутствует	28	29	38
Доля развивающихся эмбрионов на 18–20 ст. выше 40 %	72	58	47
Доля развивающихся эмбрионов на 18–20 ст. ниже 40 %	-	13	15
Личинки			
Доля вылупившихся личинок выше 40 %	80	47	63
Доля вылупившихся личинок ниже 40 %	20	53	37

Сравнивая эмбриональные нарушения и их уровень у потомства 5-го поколения «бурцевского» бестера (табл. 4) с аналогичными данными по 1 и 2-му поколениям можно отметить, что типичные для белуги, стерляди и бестера нарушения сохраняются, за исключением «тяжелых вариантов», отмеченных для F_2 [13]. Характер долевого соотношения эмбриональных нарушений у F_5 более сходен с аналогичным, отмеченным для F_1: преобладают фрагментарные типы аномалий (36,8 %) и отсутствие нормального оплодотворения (20,7 %). Наиболее редкими являются водянка околосердечной сумки (перикардиальной полости) — 3,1 % и слепота личинок 5,5 % (табл. 4).

Таблица 4. **Типичные эмбриональные нарушения у потомств 5 поколения «бурцевского» бестера, при первом созревании самок**
Table 4. **Typical embryonic disorders in the offspring of the 5th generation of the «Burtsevskaya» bester, at the first maturation of females**

Аномалии в развитии эмбрионов	Доля аберрантных эмбрионов, %			
	M±m	min-max	δ	Cv, %
Неоплодотворённые и партеногенетические ооциты	20,7±2,7	2,7-41,7	11,4	54,9
Эмбрионы, погибшие до стадии малой желточной пробки, незаконченная инвагинация	14,0±2,4	1,9-35,6	10,3	84,1
Эмбрионы с водянкой перикардиальной полости и желточного мешка	3,1±0,8	0,0-9,9	3,4	92,3
Эмбрионы с фрагментарными нарушениями (недоразвитие или полное отсутствие передних отделов тела, безголовые зародыши, зародыши с частью туловища и укороченным или искривленным хвостом, или в виде короткого и толстого придатка)	36,8±2,1	21,8–54,1	8,9	24,1
Деформация желточного мешка у личинок	6,6±1,3	0,0-16,3	5,4	81,3
Личинки с искривлением хорды и хвостового отдела	13,3±2,4	0,9–34,6	6,4	75,0
Слепые личинки	5,5±1,15	0,0-19,4	9,9	75,2

Заключение. Подводя итоги исследований, можно отметить, что 5-е поколение «бурцевской» породы бестера сохраняет основные отличия от родительских форм (наличие небольшой кожной складки в межжаберном промежутке, поперечно-полулунная форма рта и его ширина, длина рострума до хрящевого свода рта, число тычинок на 1 жаберной дуге, число лучей в анальном плавнике) [12], при этом изменения величин морфометрических индексов тела были незначительными, и связаны с условиями содержания рыб 4 и 5 поколений в УЗВ (произошло снижение двигательной активности и усиление питания высококалорийными искусственными кормами).

Произошло уменьшение рабочей плодовитости у самок F_5, при равной с другими поколениями средней массой. Величины относительной плодовитости и оосоматического индекса, наоборот увеличились, что связано с направленным отбором по этим показателям. У самцов F_5 средняя масса половозрелых рыб увеличилась относительно F_3.

У производителей F_5 произошло снижение выживаемости потомства в эмбриональный и личиночный периоды.

Исследование тератогенеза выявило сходный характер аномалий и их долевого распределения в потомствах бестера F_1 и F_5, и отличие от F_2.

Благодарности. Авторы выражают благодарность Министерству сельского хозяйства Российской Федерации, руководству и сотрудникам Филиала по пресноводному рыбному хозяйству и отдела «Конаковский» ВНИИПРХ за поддержку и активную помощь в проведении данных исследований.

Список использованных источников

1. Николюкин, Н.И. Гибридизация белуги со стерлядью / Н.И. Николюкин, Н.А. Тимофеева // Докл. Акад. наук СССР. — 1953. — Т. 93, № 5. — С. 899–902.
2. Бурцев, И.А. Биологические основы и взаимосвязь товарной и пастбищной аквакультуры осетровых рыб = Biological foundations and correlation between the commercial and pasture aquaculture of sturgeons / И.А. Бурцев ; Всерос. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва и океанографии. — М. : ВНИРО, 2015. — 196 с.
3. Сухарев, Д.С. Особенности эмбрионального развития бестера разных поколений селекции / Д.С. Сухарев, А.С. Сафронов // Современные проблемы и перспективы рыбохозяйственного комплекса : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, Москва, 10–11 нояб. 2022 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва и океанографии ; под ред. И.И. Гордеева [и др.]. — М., 2022. — С. 58–59.
4. Кирпичников, В.С. Генетика и селекция рыб / В.С. Кирпичников ; отв. ред. В.А. Струнников. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1987. — 520 с.
5. Николюкин, Н.И. Гибридизация в сем. Acipenseridae и перспективы использования ее в осетровом хозяйстве / Н.И. Николюкин // Труды / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т мор. рыб. хоз-ва и океанографии. — М., 1970. — Т. 76, вып. 3 : Акклиматизация рыб и кормовых беспозвоночных в морях СССР. — С. 56–69.
6. Крылова, В.Д. Изменчивость и наследование признаков гибридами белуги со стерлядью — Huso huso (L.)×Acipenser ruthenus L. Первого и второго поколений в связи с селекционной работой / В.Д. Крылова // Вопр. ихтиологии. — 1980. — Т. 20, № 2 (121). — С. 232–247.
7. Крылова, В.Д. Индивидуальная оценка самок бестера по морфологическим показателям и жизнеспособности потомства в раннем онтогенезе / В.Д. Крылова // Морское рыбоводство : сб. науч. тр. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т мор. рыб. хоз-ва и океанографии. — М., 1984. — С. 159–170.
8. Крылова, В.Д. Использование морфологических признаков-тестов в диагностике селекционируемых форм бестера / В.Д. Крылова // Генетические

исследования морских гидробионтов : материалы III Всесоюз. совещ. по генетике, селекции и гибридизации рыб, Тарту, сент. 1986 г. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т мор. рыб. хоз-ва и океанографии. — М., 1987. — С. 119–138.
9. Детлаф, Т.А. Развитие осетровых рыб: созревание яиц, оплодотворение, развитие зародышей и предличинок / Т.А. Детлаф, А.С. Гинзбург, О.И. Шмальгаузен. — М. : Наука, 1981. — 224 с.
10. Сборник инструкций и нормативно-методических указаний по промышленному разведению осетровых рыб в Каспийском и Азовском бассейнах : [утв. Минрыбхозом СССР 25.12.86] / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т мор. рыб. хоз-ва и океанографии. — М. : ОНТИ, 1986. — 272 с.
11. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб : техн. докл. ФАО по рыб. хоз-ву, № 558 / подгот.: М.С. Чебанов, Е.В. Галич. — Анкара : Продовольств. и с.-х. орг. Объед. Наций, 2013. — 325 с.
12. Комплекс пород бестера (Acipenser nikoljukinii) / И.А. Бурцев [и др.] // Породы и одомашненные формы осетровых рыб (Acipenseridae) : сб. ст. / Федер. селекц.-генет. центр рыбоводства. — М., 2008. — С. 4–22.
13. Крылова В.Д. Нарушения в развитии бестера на ранних этапах онтогенеза при искусственном разведении / В.Д. Крылова // Тезисы докладов V Всесоюзной конференции по раннему онтогенезу рыб, Астрахань, 1–3 октября 1991 г. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т мор. рыб. хоз-ва и океанографии, Ихтиол. комис., Касп. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. — М., 1991. — С. 194–198.

Reference

1. Nikolyukin N.I., Timofeeva N.A. Hybridization of beluga with sterlet. *Doklady akademii nauk SSSR* [Reports of the Academy of Sciences of the USSR], 1953, vol. 93, no. 5, pp. 899–902 (in Russian).
2. Burtsev I.A. *Biological foundations and correlation between the commercial and pasture aquaculture of sturgeons*. Moscow, All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, 2015. 196 p. (in Russian).
3. Sukharev D.S., Safronov A.S. Peculiarities of embryonic development of bester of different generations of breeding. *Sovremennye problemy i perspektivy rybokhozyaistvennogo kompleksa: materialy X Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov, Moskva, 10–11 noyabrya 2022 g.* [Modern problems and prospects of the fishery complex: proceedings of the X International scientific and practical conference of young scientists and specialists (November 10–11, 2022)]. Moscow, 2022, pp. 58–59 (in Russian).
4. Kirpichnikov V.S. *Genetics and selection of fishes*. 2nd ed. Leningrad, Nauka Publ., 1987. 520 p. (in Russian).
5. Nikoljukin N.I. Hybridization in the family Acipenseridae and prospects for its application in sturgeon cultureg. *Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta morskogo rybnogo khozyaistva i okeanografii. T. 76, vyp. 3. Akklimatizatsiya ryb i kormovykh bespozvonochnykh v moryakh SSSR* [Proceedings of the All-Union

Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography. Vol. 76, iss. 3. Acclimatization of fish and food organisms in the seas of the USSR]. Moscow, 1970, pp. 56–69 (in Russian).

6. Krylova V.D. Variability and inheritance of characters by *Huso huso* (L.) *Acipenser ruthenus* L. hybrids of the first and second generations in relation to selective breeding. *Voprosy ikhtiologii = Journal of Ichthyology,* 1980, vol. 20, no. 2 (121), pp. 232–247 (in Russian).
7. Krylova V.D. Individual assessment of bester females according to morphological indicators and viability of offspring in early ontogenesis. *Morskoe rybovodstvo: sbornik nauchnykh trudov* [Marine fish farming: collection of scientific papers]. Moscow, 1984, pp. 159–170 (in Russian).
8. Krylova V.D. The use of morphological signs-tests in the diagnosis of breeding forms of bester. *Geneticheskie issledovaniya morskikh gidrobiontov: materialy III Vsesoyuznogo soveshchaniya po genetike, selektsii i gibridizatsii ryb, Tartu, sentyabr' 1986 g.* [Genetic studies of marine hydrobionts: proceedings of the III All-Union conference on genetics, selection and hybridization of fish, Tartu, September, 1986]. Moscow, 1987, pp. 119–138 (in Russian).
9. Detlaf T.A., Ginzburg A.S., Shmal'gauzen O.I. *Development of sturgeons: maturation of eggs, fertilization, development of embryos and prelarvae*. Moscow, Nauka Publ., 1981. 224 p. (in Russian).
10. All-Union Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography. *Collection of instructions and normative-methodical instructions for the industrial breeding of sturgeons in the Caspian and Azov basins.* Moscow, ONTI Publ., 1986. 272 p. (in Russian).
11. Chebanov M.S., Galich E.V. *Sturgeon hatchery manual. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, no. 558.* Ankara, FAO. 303 p.
12. Burtsev I.A., Krylova V.D., Nikolaev A.I., Safronov A.S., Filippova O.P. Bester breed complex (*Acipenser nikoljukinii*). *Porody i odomashnennye formy osetrovykh ryb (Acipenseridae): sbornik statei* [Breeds and domesticated forms of sturgeon fish (Acipenseridae): collection of articles]. Moscow, 2008, pp. 4–22 (in Russian).
13. Krylova V.D. Violations in the development of bester at the early stages of ontogenesis during artificial breeding. *Tezisy dokladov V Vsesoyuznoi konferentsii po rannemu ontogenezu ryb, Astrakhan', 1–3 oktyabrya 1991 g.* [Abstracts of the V All-Union conference on the early ontogenesis of fish, Astrakhan 1–3 October 1991]. Moscow, 1991, pp. 194–198 (in Russian).

Сведения об авторах

Сафронов Александр Станиславович — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии («ВНИРО»), Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Окружной проезд, 19, 105187, Москва, Российская Федерация). E-mail: maricul@vniro.ru

Филиппова Ольга Павловна — ведущий специалист, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии («ВНИРО»), Минис-

терство сельского хозяйства Российской Федерации (Окружной проезд, 19, 105187, Москва, Российская Федерация). E-mail: maricul@vniro.ru

Яхонтова Ирина Вадимовна — кандидат биологических наук, начальник отдела технологий и регулирования аквакультуры, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии («ВНИРО»), Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Окружной проезд, 19, 105187, Москва, Российская Федерация). E-mail: ivya@vniro.ru

Козовкова Надежда Александровна — главный специалист, отдел «Конаковский», Филиал по пресноводному рыбному хозяйству «ВНИРО» (ВНИИПРХ), Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (141821, Московская область, Дмитровский городской округ, пос. Рыбное, дом 40, Российская Федерация). E-mail: krasnov_nn@vniiprh.ru

Мищенко Александр Валерьевич — главный рыбовод, отдел «Конаковский», Филиал по пресноводному рыбному хозяйству «ВНИРО» (ВНИИПРХ), Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (141821, Московская область, Дмитровский городской округ, пос. Рыбное, дом 40, Российская Федерация). E-mail: krasnov_nn@vniiprh.ru

Information about the authors

Alexander St. Safronov — Ph.D. (Biology), leading researcher, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), The Ministry of Agriculture of the Russian Federation, (19, Okruzhnoy proezd, 105187, Moscow, Russian Federation). E-mail: maricul@vniro.ru

Olga P. Filippova — Leading Specialist, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), The Ministry of Agriculture of the Russian Federation, (19, Okruzhnoy proezd, 105187, Moscow, Russian Federation). E-mail: maricul@vniro.ru

Irina V. Yakhontova — Ph.D. (Biology), Head of aquculture technology and Regulation Department, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), The Ministry of Agriculture of the Russian Federation, (19, Okruzhnoy proezd, 105187, Moscow, Russian Federation). E-mail: ivya@vniro.ru

Nadezshda A. Kozovkova — Chief Specialist, Department Konakovskiy, Branch for freshwater fisheries VNIRO (VNIIPRKh), The Ministry of Agriculture of the Russian Federation, (141821, Moscow region, Dmitrov city district, village Rybnoye, 40, Russian Federation). E-mail: krasnov_nn@vniiprh.ru

Alexander V. Mishchenko — Chief Fish Farmer, Department Konakovskiy, Branch for freshwater fisheries VNIRO (VNIIPRKh), The Ministry of Agriculture of the Russian Federation, (141821, Moscow region, Dmitrov city district, village Rybnoye, 40, Russian Federation). E-mail: krasnov_nn@vniiprh.ru

АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОДОЁМОВ

УДК 639.2.05

Поступила в редакцию 02.05.2023
Received 02.05.2023

О.Д. Апсолихова, Г.П. Прищепов, Т.Л. Баран, Т.И. Попиначенко, В.А. Ласица, В.И. Лишко

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

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКОВ РЕКИ ДНЕПР В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗИМОВАЛЬНЫХ ЯМ

Аннотация. Представлены гидроэкологические условия участков р. Днепр в районах расположения зимовальных ям в пределах территориальных границ Витебской, Могилевской и Гомельской областей Республики Беларусь. Рассмотрен гидрохимический режим зимовальных ям с оценкой газового и температурных режимов. В целом вода исследуемых зимовальных ям в подлёдный и свободный ото льда периоды по солевому составу отвечает эвтрофному типу водоемов, с удовлетворительным газовым режимом, является пригодной к рыбохозяйственной деятельности. Проанализирована ихтиофауна р. Днепр верхнего, среднего и нижнего участков реки, отмечено процентное соотношение семейств рыб, склонных к залеганию в зимний период : карповые — 70,4 %, окунёвые — 21,3 %, щуковые — 4,7 %, осетровые и тресковые — 3,6 %. Установлены беспозвоночные — брюхоногие моллюски, возможно, являющиеся биоиндикаторами гидроэкологического состояния водотока. Высказано предположение о гидроэкологическом состоянии р. Днепр по изученным аспектам.

Ключевые слова: водоток, рыболовство, промысел, гидрохимические показатели, зимовальная яма, бентос, ихтиология

Olga D. Apsolikhova, Georgy P. Prishchepov, Tatsiana L. Baran, Taisia I. Popinachenko, Vladislav A. Lasitsa, Vladislav I. Lishko

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

HYDROECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE PARTS OF THE DNEPR RIVER IN THE AREAS OF WINTER PITS LOCATION

Abstract. The hydrogeological conditions of the river sections are presented the Dnieper river is located in the areas of wintering pits within the territorial

borders of the Vitebsk, Mogilev and Gomel regions of the Republic of Belarus. The hydrochemical regime of wintering pits is considered with an assessment of gas and temperature regimes. In general, the water of the studied wintering pits in the under-ice and ice-free periods in terms of salt composition corresponds to the eutrophic type of water bodies, with a satisfactory gas regime, and is suitable for fisheries. The ichthyofauna of the river was analyzed. Dnepr of the upper, middle and lower sections of the river, the percentage of fish families prone to occurrence in winter was noted — cyprinids — 70.4 %, perch — 21.3 %, pike — 4.7 %, sturgeon and cod — 3.6 %. Invertebrates, gastropod molluscs, were identified, which may be bioindicators of the hydroecological state of the watercourse. An assumption was made about the hydroecological state of the river Dnepr on the studied aspects.

Keywords: watercourse, fishing, fishing, hydrochemical indicators, wintering pit, benthos, ichthyology

Введение. Проблемы сохранения биологического разнообразия и его устойчивого использования в бассейне Днепра весьма актуальны. Особое значение они приобретают в таком важном социально-экономическом секторе, как рыбное хозяйство [1].

Рыбное хозяйство Республики Беларусь представлено двумя основными направлениями: аквакультура (рыбоводство) — выращивание рыбы в искусственных условиях, и ведение рыболовного хозяйства (рыболовство) — получение товарной продукции за счет вылова из естественных рыболовных угодий [2]. К настоящему времени промысловым ловом рыбы в естественных водоемах республики занимаются 77 арендаторов, из них 17 пользователей имеют рыболовные угодья на участках р. Днепр и его основных притоках — рр. Припять, Березина, Сож [3].

Основным фактором, определяющим промысловые запасы водных биоресурсов, является эффективность естественного воспроизводства, которое зависит от целого сложного комплекса абиотических и биотических процессов, в том числе условий и характера зимовки рыб. Места зимовки рыб следует рассматривать как важное условие сохранения биоресурсного потенциала водоемов [4].

В новой редакции Правил любительского рыболовства (Указ Президента Республики Беларусь от 21 июля 2021 г. № 284 «О рыболовстве и рыбном хозяйстве») введена норма запрета на всякое рыболовство в границах зимовальных ям и предписано Минсельхозпроду совместно с НАН Беларуси определять и ежегодно представлять актуализированный перечень зимовальных ям в рыболовных угодьях с указанием координат их границ. Согласно предписанию, РУП «Институт рыбного

хозяйства» НАН Беларуси в период 2022 г. проводил полевые работы на р. Днепр в пределах Витебской, Могилевской и Гомельской областей Республики Беларусь по уточнению границ зимовальных ям водотока. Поскольку зимовальные ямы представляют собой не просто углубления дна, а характеризуются сложным комплексом специфических гидрологических и гидрохимических параметров, их изучение включало в себя в том числе исследования гидроэкологических условий.

Изучать экологическое состояние водного объекта только с позиций качества водной среды методически не совсем корректно, т.к. подобное исследование не даёт возможности провести оценку состояния этой экосистемы [5–7]. Поэтому целью нашей работы явилось описать некоторые аспекты гидроэкологического состояния зимовальных ям р. Днепр, как важных для сохранения биоресурсного потенциала водотока мест. В связи с этим решались следующие задачи: изучение аспектов экологии, гидрохимических показателей (газового и температурных режимов), выявление организмов-индикаторов антропогенного загрязнения; фиксация состояния водной биоты в периоды исследований.

Материалы и методы исследований. Сбор материалов на зимовальных ямах р. Днепр проводился в феврале-октябре 2022 г. в рамках комплексных исследований по отдельному проекту научных исследований НАН Беларуси «Изучить условия формирования и выявить наличие зимовальных ям в рыболовных угодьях, сформировать базы данных и разработать интерактивные карты их расположения».

Места отбора проб были утверждены Календарным планом работ по отдельному проекту научных исследований — по территориальным участкам р. Днепр в пределах границ Витебской, Могилевской и Гомельской областей Республики Беларусь (рис. 1).

Отбор и обработка гидрохимического материала осуществлялись по общепринятым методикам [8–9]. Измерение концентрации растворенного в воде кислорода и активной реакции среды (pH) проводили с использованием приборов оперативного контроля «Hanna». Всего собрано и обработано 12 проб на общий химический анализ и окисляемость воды; из них 6 проб — на зимовальных ямах верхнего течения р. Днепр (Витебская область) и 6 проб — на участке среднего течения р. Днепр (Могилевская и Гомельская области). Пробы отбирались в русловой части водотока на зимовальных ямах по двум горизонтам — поверхностном и придонном. Для взятия проб воды с придонного горизонта использовали батометр Рутнера. Температуру воды определяли ртутным

водным термометром, прозрачность воды определяли по белому диску Секки диаметром 30 см. Минеральные формы азота (Nm) определяли в фильтрованной воде фотоколориметрическими методами: аммонийный азот — с реактивом Несслера, нитратный — с салицилатом натрия, нитритный — с реактивом Грисса, фосфор (Pm) — со смешанным молибденовым реактивом и аскорбиновой кислотой в качестве восстановителя.

Наличие или отсутствие организмов-биоиндикаторов на местах зимовки рыб определены с помощью подводной камеры «Язь-52 Компакт 9».

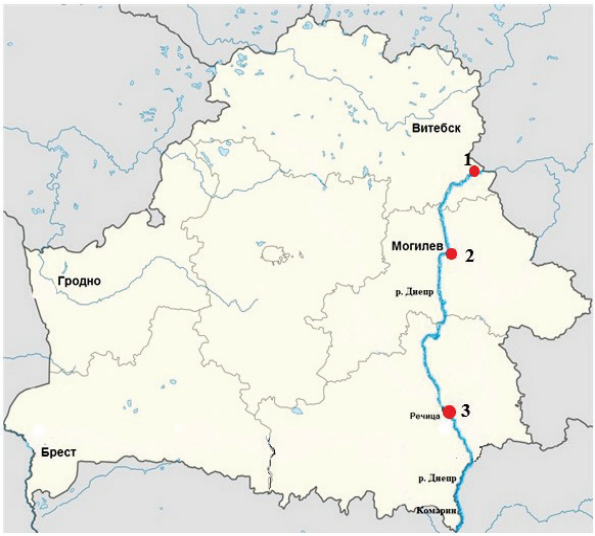


Рис. 1. Карта расположения мест отбора проб (1–3)
Fig 1. Sampling location map (1–3)

Результаты исследований. Вода для исследований была отобрана в русловой части р. Днепр на 3 станциях: 1 — зимовальная яма «Гончаровка» (Витебская область), 2 — зимовальная яма «Дебря» (Могилевская область), 3 — зимовальная яма «Речица» (Гомельская область) (табл. 1).

Лимитирующим фактором благоприятных условий нахождения рыб в подледный период выступает газовый режим: ни по одной зимовальной яме кислородные показатели не опускались ниже нормы, насыщение кислородом составило 77–86 %.

Таблица 1. **Показатели качества воды зимовальных ям р. Днепр**
Table 1. **Water quality parameters of wintering pits of the Dnieper River**

Показатели	Единицы измерения	Постановление МПР и ООС №13 от 30.03.2015 [10]	Величины, по № станции		
			1	2	3
Прозрачность	м	0,75–1,0	1,5	1,3	0,6
Температура	°С	до 28	12,0	1,7	1,0
pH	ед.	6,5-8,5	7,9	8,0	**8,9**
Концентрация O_2	мг/л	> 6,0	9,20	10,7	12,01
Насыщение O_2	%	расчётно	86	77	85
Концентрация NH_4^+	мгN/л	до 0,39	0,15	**0,76**	**1,02**
-//- NO_2^-	- // -	до 0,024	0,008	0,008	**0,028**
-//- NO_3^-	- // -	до 9,03	2,70	4,88	5,22
Концентрация Рмин.	мгР/л	до 0,066	**0,140**	0,026	0,028
Жесткость общая	мг-экв./л	не уст.	4,9	4,5	5,4
Концентрация Ca^{2+}	мг/л	не уст.	62	62	84
-//- Mg^{2+}	-//-	не уст.	21,5	17,0	14,6
Концентрация $Fe_{общ.}$	- // -	до 0,27	0,05	0,20	0,16
Окисляемость перманганатная	мгО/л	не уст.	6,28	7,80	19,46

Примечание: Жирным шрифтом выделены показатели, превышающие нормативные по Постановлению [10].

По результатам проведенных исследований по солевому составу вода на зимовальных ямах в целом относится к гидрокарбонатному классу кальциевой группы, средней минерализации. Прозрачность воды в среднем составляет от 0,6 до 1,5 м, температурная стратификация незначительная, как в зимний (станции 2, 3), так и в осенний (станция 1) периоды. Активная реакция среды в среднем слабощелочная, на станции 3 водородный показатель слегка превышает норму и составляет 8,3, что, возможно, связано с расположением станции в черте г. Речица.

Вода на исследуемых участках средней жесткости, преобладают катионы кальция и магния. Концентрация общего железа невысока (0,05–0,20 мг/л) и находится на уровне природного фона.

Основными биогенными элементами в ионном составе воды выступают соединения азота и фосфора, характеризующие продукционные

возможности водоема, а также степень биогенного загрязнения. По содержанию нитрат-ионов воду исследованных станций можно отнести к классу «достаточно чистая» по гидробиологической классификации. При этом отмечается более высокое содержание аммонийной формы азота на станциях 2 и 3 — от 0,76 до 1,02 мгN/л соответственно, что соответствует «умеренно загрязненным» водам [11]. Также в воде станции 3 регистрировались слегка повышенные концентрации нитрит-ионов (до 0,028), что может быть связано с поступлением дополнительных количеств минерального азота с водосбора.

Отмечается превышение содержания минеральных форм фосфора в воде станции 1 относительно ПДК для вод поверхностных водных объектов, которое в среднем составило 0,140 мгР/л, что выше рекомендуемой концентрации в 2 раза [10]. Это свидетельствует о наличии дополнительных источников поступления минерального фосфора в реку антропогенного характера. Величина перманганатной окисляемости воды невысока на станциях 1 и 2, а в воде станции 3 достаточно высокая, что свидетельствует о присутствии органических веществ в значительных концентрациях, вследствие расположения станции 3 в городской черте.

В целом вода исследуемых зимовальных ям в подлёдный и свободный ото льда периоды по солевому составу отвечает эвтрофному типу водоемов, с удовлетворительным газовым режимом, пригодная к рыбохозяйственной деятельности.

Согласно проведенным исследованиям, на зимовальных ямах р. Днепр наибольшей антропогенной нагрузке подвержено ее среднее течение (3 станция, Гомельская область). У проб воды со станции 3 были превышены показатели ПДК для вод поверхностных водных объектов — водородный показатель, аммонийная форма азота, нитрит-ионы и перманганатная окисляемость. У проб воды со станции 2 (Могилевская область) отмечено превышение аммонийных форм азота почти в 2 раза. Наиболее «чистая» вода оказалась на станции 1 верхнего течения р. Днепр (Витебская область), где отмечено только незначительное повышение концентрации минеральных форм фосфора (до 0,140 мгР/л) по сравнению с ПДК [10]. Здесь же, при исследовании характера донных отложений, зафиксировано обилие пресноводных двустворчатых моллюсков *Anodonta cygnea* (беззубка обыкновенная) (рис. 2).

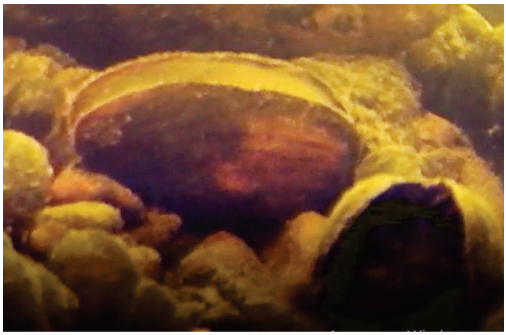


Рис. 2. Двустворчатые моллюски *Anodonta cygnea*
Fig 2. Bivalves *Anodonta cygnea*

Распространенный способ оценки качества воды в текущих водах основан на изучении донных беспозвоночных (макрозообентоса). Во-первых, большинство донных беспозвоночных сравнительно крупны, видны невооруженным взглядом, малоподвижны. Из-за малоподвижного образа жизни они не могут избежать влияния попавших в воду загрязняющих веществ. Это позволяет говорить о том, что состояние бентосных организмов лучше отражает качество воды в исследуемой реке. К тому же многие виды донных животных проводят в воде большую часть своего жизненного цикла, таким образом, на состояние сообществ бентоса влияет не только качество воды в данный момент, но и в прошлом [12].

П.В. Бедова и Б.И. Колупаев [13] предложили использовать для биоиндикации брюхоногих и двустворчатых моллюсков. Брюхоногие моллюски более устойчивы к дефициту кислорода и большой мутности воды в силу особенностей дыхательной системы. Двустворчатые моллюски являются обитателями чистых вод и очень уязвимой группой организмов, чувствительной к любому антропогенному воздействию, поэтому даже небольшие изменения в окружающей среде могут способствовать их исчезновению. В ряде стран Европы, таких как Германия, Польша, Украина и др., беззубка обыкновенная считается редким или даже исчезающим видом [14].

Гидрохимические показатели на зимовальной яме «Речица» (станция 3), Гомельская область характеризовались повышением концентраций минеральных форм азота, отмечалось снижение прозрачности воды (таблица 1). Здесь же на песчано-иловых донных отложениях преобла-

дали брюхоногие моллюски *Viviparus viviparus* (живородка) (рис. 3). Брюхоногие моллюски относятся к организмам со средней степенью чувствительности к загрязнениям, что и подтверждается нашими исследованиями.

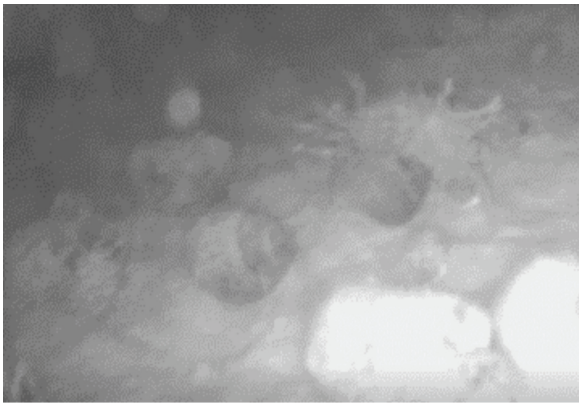


Рис. 3. Viviparus viviparus (живородка)
Fig 3. Viviparus viviparus (viviparus)

Из вышесказанного, отчасти, обилие брюхоногих моллюсков косвенно может говорить о некотором загрязнении воды, и также косвенно обилие двустворчатых моллюсков может свидетельствовать о чистой воде или незначительных ее загрязнениях.

Проведённые нами исследования [15] показали, что ихтиоценоз р. Днепр (на участке гг. Могилёв-Речица) был представлен 33 видами рыб, относящихся к 9 семействам (карповые, щуковые, окунёвые, тресковые, сомовые, вьюновые, бычковые, керчаковые, колюшковые). Среди них самые многочисленные виды относились к семейству карповых (20 видов). Согласно фаунистической классификации Г.В. Никольского [16] виды, обитающие в бассейне р. Днепр на территории Беларуси, могут быть отнесены к 6 фаунистическим комплексам. Верхнетретичный комплекс представлен 4 видами рыб (сом, карп, вьюн, горчак), бореальный предгорный — 3 видами (голец, быстрянка, подкаменщик), бореальный равнинный — 10 видами (щука, плотва, елец, язь, карась серебряный, щиповка, окунь, ёрш обыкновенный и др.) и арктический пресноводный — 1 видом (налим). К среднеземноморскому фаунистическому комплексу относятся усач и подуст. Из 6 фау-

нистических комплексов, находящихся в настоящее время в белорусской части Днепра, 2 из них — понтокаспийский пресноводный и бореальный равнинный объединяют в своём составе свыше 70 % всех видов рыб, большинство из которых (щука, язь, плотва, густера и др.) составляют основу промышленных уловов.

Видовой состав рыб на протяжении всей реки на территории Беларуси не одинаков [17]. В ихтиоценозе верхнего и среднего участка реки преобладали лещ, щука, плотва, густера, окунь. На верхнем участке водотока отмечена достаточно высокая плотность голавля. На нижнем участке водотока основу ихтиоценоза составляли плотва, краснопёрка, окунь, синец, лещ, густера, линь, горчак, щука, язь (табл. 2, 3).

Таблица 2. **Доля основных промысловых видов рыб в ихтиофауне р. Днепр (Могилёвская область)**
Table 2. **The proportion of the main commercial fish species in the ichthyofauna of the river. Dnipro (Mogilev region)**

№ п/п	Вид рыб	Доля вида, %	Промысловый запас**, кг/га	Средняя масса достижения половой зрелости, г	Способность вида к миграциям	Возраст ухода в море, реки	Время (сезон) ухода в море
1	Лещ	23,2	7,6	500	туводный	-	-
2	Язь	1,5	1,8	250	-	-	-
3	Голавль	0,48	0,7	140	-	-	-
4	Рыбец (сырть)	0,15	0,8	180	Мигрант анадромная	4 — 5 лет	середина мая
5	Угорь	0	0	0	Мигрант катадромная	♂ — в 4 — 8 лет ♀ — в 7 -12 лет	апрель–май сентябрь-октябрь
6	Подуст	0,3	1,5	80 — 150	туводный	-	-
7	Линь	0,3	2,1	120	-	-	-
8	Карась	13,4	7,7	80	-	-	-
9	Карп (сазан)	0,6	1,2	600	-	-	-
10	Плотва	33,5	16,6	50	-	-	-
11	Краснопёрка	1,22	0,36	130	-	-	-

Окончание табл. 3

№ п/п	Вид рыб	Доля вида, %	Промысловый запас**, кг/га	Средняя масса достижения половой зрелости, г	Способность вида к миграциям	Возраст ухода в море, реки	Время (сезон) ухода в море
12	Елец	0,6	0,30	75	-	-	-
13	Белоглазка	0,3	0,05	150	-	-	-
14	Густера	10,9	7,3	85	-	-	-
15	Синец	0,6	0,4	87	-	-	-
16	Уклея	1,8	0,20	38	-	-	-
17	Щука	2,74	10,5	275	-	-	-
18	Налим	0,3	0,15	155	-	-	-
19	Судак	0,9	3,6	350	-	-	-
20	Окунь	3,04	1,7	45	-	-	-
21	Ёрш	1,5	0,3	58	-	-	-
Всего 20 видов		96,8	64,9				

Таблица 3. **Доля основных промысловых видов рыб в ихтиофауне р. Днепр (Гомельская область)**
Table 3. **The share of the main commercial fish species in the ichthyofauna of the r. Dnipro (Gomel region)**

№ п/п	Вид рыб	Доля вида, %	**Промысловый запас, кг/га	Средняя масса достижения половой зрелости, г	*Способность вида к миграциям	Возраст ухода в море, реки	Время (сезон) ухода в море
1	Лещ	4,2	5,7	500	Туводный	-	-
2	Язь	1,24	5,7	250	-	-	-
3	Голавль	0		140	-	-	-
4	Рыбец (сырть)	0		180	анадромная	4–5 лет	с 15 мая
5	Угорь	0	0	0	катадромная	♂ — в 4–8 лет ♀ — в 7–12 лет	апрель–май сентябрь-октябрь
6	Подуст	0		80 — 150	туводный	-	-
7	Линь	1,06	4,7	120	-	-	-



Окончание табл. 3

№ п/п	Вид рыб	Доля вида, %	**Промысловый запас, кг/га	Средняя масса достижения половой зрелости, г	*Способность вида к миграциям	Возраст ухода в море, реки	Время (сезон) ухода в море
8	Карась	0	0	80	-	-	-
9	Карп	0	0	600	-	-	-
10	Плотва	71,4	27,4	50	-	-	-
11	Красноперка	6,37	2,5	130	-	-	-
12	Елец	0	0	75	-	-	-
13	Белоглазка	0,18	0,06	150	-	-	-
14	Густера	2,7	1,1	85	-	-	-
15	Синец	2,6	2,1	87	-	-	-
16	Уклея	0,8	0,20	38	-	-	-
17	Щука	2,1	10,5	275	-	-	-
18	Налим	0,09	0,07	155	-	-	-
19	Судак	0	0	350	-	-	-
20	Окунь	2,1	4,0	45	-	-	-
21	Ёрш	0,27	0,16	58	-	-	-
Всего 13 видов		95,08	69,83	-	-	-	-

Примечания — *Мигрант — виды рыб, совершающие протяжённые и длительные по времени миграции из речного бассейна в море и наоборот, миграции подразделяются на типы:

- анадромная миграция — рыбы при достижении половой зрелости идут на нерест из морей в реки, молодь развивается при этом в реке;
- катадромная миграция — рыбы при достижении половой зрелости идут на нерест из реки в море, первый этап развития молоди происходит в море.

*Туводный — виды рыб, совершающие непродолжительные (в течение одного сезона) и в границах одного речного бассейна нерестовые, кормовые и зимовальные миграции без выхода в море.

Виды рыб, совершающие значительные миграции, которые не включены в группу промысловых видов (являются охраняемыми видами).

угорь речной — катадромный мигрант. По достижению возраста 5 — 7 лет у самцов и 7 — 9 лет у самок они скатываются в море на икрометание и далее в Атлантический океан.

** Без учёта мигрирующих, угря и видов рыб, не относящихся к промысловым (быстрянка, пескарь, горчак, голец, щиповка, вьюн, колюшка трёхиглая, ёрш — балона, ёрш — носарь, бычок — подкаменщик).

Таблица 4. **Индекс доминантности (Id), популяционный коэффициент (Pk) и индекс плотности (Ip) для наиболее массовых видов рыб р. Днепр**

Table 4. **Dominance index (Id), population coefficient (Pk) and density index (Ip) for the most abundant fish species of the r. Dnieper**

Область	Виды рыб											X
	лещ	плотва	густера	красно-пёрка	язь	линь	го-лавль	карась серебр.	щука	судак	окунь	
Индекс доминантности (Id)												
Могилёвская	25,7	37,0	10,6	0,25	0,88	0,009	-	13,08	2,7	0,06	2,9	9,3
Гомельская	2,9	55,4	0,78	0,65	0,94	0,19	-	-	0,7	-	2,36	8,0
Популяционный коэффициент (Рк)												
Могилёвская	0,63	0,81	0,94	0,61	1,3	3,0	-	0,86	2,8	2,3	0,9	1,4
Гомельская	3,14	1,7	1,7	1,7	5,8	5,7	-	-	6,1	-	3,8	3,7
Индекс плотности (Ip)												
Могилёвская	15,0	27,3	10,2	0,75	1,94	0,9	-	11,6	6,2	2,05	2,6	7,9
Гомельская	13,2	120	4,6	10,9	7,2	6,06	-	-	12,8	-	7,9	26,0

Анализ структуры ихтиоценоза [18] показал, что популяции доминирующих видов на среднем и нижнем участках реки (Могилёвский, Гомельский) характеризовались высокими значениями индекса плотности (Ip), который в среднем составлял 7,9–26,0 соответственно, в то время, как на верхнем участке реки (Витебский) для доминирующих видов он находится в пределах 5,1 — 5,8. В целом отмечено увеличение средних величин индекса плотности (Ip) и популяционного коэффициента (Pк) рыб от среднего участка реки к нижнему с 7,9 до 26,0 и с 1,4 до 3,7 соответственно (табл. 4), с увеличением некоторых показателей структуры ихтиоценоза рыбопродуктивность промысловых рыб возросла с 11,8 кг/га на Могилёвском участке, до 42,1 кг/га на Гомельском участке. В то же время, с увеличением плотности распространения рыб на единицу площади и повышением рыбопродуктивности, отмечено снижение видового разнообразия рыб. Индекс видового разнообразия на Гомельском участке реки снизился в 0,75 раза по сравнению с вышележащим Могилёвским. Одновременно выявлено снижение индекса доминантности для ценных промысловых видов рыб (леща с 25,7 до 2,9; щуки с 2,7 до 0,7; окуня с 2,9 до 2,36) и увеличение индекса доминантности неохраняемого вида плотвы (с 37,0 до 55,4). (табл. 4, 5). На современное благосостояние водных биоресурсов водотоков воздействует комплекс биотических, абиотических и антропогенных факторов, в т. ч. качество зимовки и количество зимовальных ям оказывает прямое влияние на формирование промысловых запасов рыб.

В этой связи можно рассматривать рыбопродуктивность и показатели структуры ихтиоценоза р. Днепр на различных его участках [15], (табл. 5).

В нижнем участке р. Днепр уменьшается число видов, и соответственно, индекс видового разнообразия, но возрастают такие показатели как общая численность экз./га, соответствующая показателю индекса плотности. В соответствии с этими показателями возрастает рыбопродуктивность, что позволяет говорить о преобладающем количестве зимовальных ям на этом участке.

В зимовальных ямах рек Днепра и Сожа отмечены следующие виды рыб: лещ, плотва, густера, линь, карась серебряный, язь, белоглазка, синец, краснопёрка, карп (сазан), подуст, уклея, ёрш, сом, налим, щука, судак, окунь, усач, толстолобик, стерлядь.

Предположительно соотношение залегающих на зимовку рыб может быть следующим: карповые — 70,4 %, окунёвые — 21,3 %, щуковые — 4,7 %, осетровые и тресковые — 3,6 %.

Таблица 5. **Рыбопродуктивность и показатели структуры ихтиоценоза р. Днепр**
Table 5. **Fish productivity and indicators of the structure of the ichthyocenosis of the r. Dnieper**

Показатели	Участок реки	
	Могилёвский	Гомельский
Число видов, S	20	13
Общая численность, N экз/га	328	1132
Рыбопродуктивность кг/га	11,8	42,3
Средний индивидуальный вес, W, г	77	37
Индекс видового разнообразия, D	3,41	2,16
Популяционный коэффициент, Рк	1,36	3,70
Индекс плотности, Ip	7,9	26,0
Индекс доминантности, Id	9,3	8,0

Из охраняемых видов рыб, занесённых в Красную книгу, на зимовку могут залегать рыбец, стерлядь, обыкновенный усач.

Сырть — на всём ареале сырть считается проходной рыбой, нагуливающейся в приустьевых пространствах морей и входящая в реки лишь для икрометания, однако в водоёмах Беларуси она является чисто пресноводной рыбой в связи с зарегулированием её миграционных путей по Днепру, Неману, и Западной Двине.

Стерлядь — немногочисленна в ареале распространения. Является единственной из осетровых чисто речной рыбой. Типичный объект зимовки в нижних участках рек.

Заключение. Таким образом, гидроэкологическое состояние р. Днепр на участках исследования в пределах территориальных границ Витебской, Могилевской и Гомельской областей Республики Беларусь является удовлетворительным, пригодным к рыбохозяйственной деятельности. По гидрохимическим показателям в пределах диапазона/ниже ПДК для всех станций в течение года были значения растворенного кислорода, нитрат-ионов, общей жесткости, концентраций кальция, магния и общего железа. Превышения ПДК зафиксированы на станции 3 по водородному показателю (до 8,9 в подледный период), аммонийным формам азота (до 1,02 мгN/л в подледный период), нитрит-ионам (незначительно — до 0,028 мгN/л). У проб воды со станции 2 (Могилевская область) отмечено превышение аммонийных форм азота почти в 2 раза. Не фиксировались превышения ПДК на станции 1 верхнего течения р. Днепр (Витебская область),

где отмечено только незначительное повышение концентрации минеральных форм фосфора.

При исследовании структуры дна зимовальных ям, присутствие двустворчатых моллюсков — биоиндикаторов, чувствительных к антропогенному воздействию и предпочитающих чистые воды, отмечено в верхнем течении р. Днепр на зимовальной яме «Гончаровка». В среднем течении (зимовальная яма «Речица»), превышающем некоторые показатели ПДК, доминировали брюхоногие моллюски со средней степенью чувствительности к загрязнениям.

Экологическое состояние зимовальных ям р. Днепр характеризуется как удовлетворительное, соответствующее требованиям ПДК для поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных, а также иных поверхностных водных объектов.

Список использованных источников

1. Влияние рыбного хозяйства на биологическое разнообразие в бассейне реки Днепр. Определение пробелов и проблем / В.Д. Романенко [и др.]. — Киев : Академпериодика, 2003. — 187 с.
2. Агеец, В.Ю. О результатах рыбохозяйственной деятельности в Республике Беларусь за 2021 год / В.Ю. Агеец, В.Г. Костоусов, О.Н. Марцуль // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. — Минск, 2022. — Вып. 38. — С. 7–20. https://doi.org/10.47612/978-985-880-000000-0-2022-38-7-20.
3. Перечень арендаторов (пользователей) рыболовных угодий, предоставленных для осуществления платного любительского рыболовства по состоянию на 1 января 2023 г. [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. — Режим доступа: http://www.mshp.gov.by/documents/prod/perech_orend.pdf. — Дата доступа: 17.04.2023.
4. Отчет о работе Комитета рыбоохраны при Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за 1999 год / общ. ред. Г.П. Прищепова ; исполн.: В.С. Башунов [и др.]. — Минск, 1999. — 245 с.
5. Романенко, В.Д. Актуальні гідроекологічні проблеми в контексті європейської водної політики / В.Д. Романенко // Наук. зап. Терноп. держ. пед. ун-т ім. В. Гнатюка. Сер.: Біологія. — 2005. — № 3 (26). — С. 378–382.
6. Сондак, В.В. Відновна іхтіоекологія природних водойм Західного Полісся України / В.В. Сондак ; Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. — Рівне : Волин. обереги, 2008. — 296 с.
7. Романенко, В.Д. Учение В.И. Вернадского о природных водах и его роль в развитии современной гидроэкологии / В.Д. Романенко // Гидробиол. журн. — 2003. — Т. 39, № 3. — С. 3–10.

8. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР, Гидрохим. ин-т ; под ред. А.Д. Семенова. — Л. : Гидрометеоиздат, 1977. — 541 с.
9. Унифицированные методы анализа вод СССР / Гос. ком. гидрометеорологии и контроля природ. среды СССР, Гос. ком. Совета Министров СССР по науке и технике. — Л. : [б. и.], 1978. — Вып. 1. — 144 с.
10. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов [Электронный ресурс] : постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 30 марта 2015 г., № 13 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/W21529808_1429909200.pdf. — Дата доступа: 22.03.2023.
11. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О.П. Оксиюк [и др.] // Гидробиол. журн. — 1993. — Т. 29, № 4. — С. 62–76.
12. Держанская, А.В. Организмы-индикаторы антропогенного эвтрофирования некоторых водоемов Могилевской области / А.В. Держанская, А.Г. Сыса // Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века : материалы 19-й междунар. науч. конф., Минск, 23–24 мая 2019 г. : в 3 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Белорус. гос. ун-та ; редкол.: А. Н. Батян [и др.]. — Минск, 2019. — Ч. 2. — С. 76–79.
13. Бедова, П.В. Использование моллюсков в биологическом мониторинге состояния водоемов / П.В. Бедова, Б.И. Колупаев // Экология. — 1998. — № 5. — С. 410–411.
14. Коноплева, Е.С. Особенности филогеографии обыкновенной беззубки Anodonta cygnea / Е.С. Коноплева, А.В. Кондаков // Промысловые беспозвоночные : материалы IX Всерос. науч. конф., Керчь, 30 сент. — 2 окт. 2020 г. / Керч. гос. мор. технол. ун-т, Азово-Черномор. фил. Всерос. науч.-исслед. ин-та рыб. хоз-ва и океанографии. — Симферополь, 2020. — С. 78–81.
15. Видовое разнообразие гидробиоценозов реки Днепр в условиях антропогенного загрязнения / Г.П. Воронова [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси. — Минск, 2003. — Вып. 19. — С. 207–217.
16. Никольский, Г.В. Основные закономерности формирования и развития речной ихтиофауны / Г.В. Никольский // Очерки по общим вопросам ихтиологии / Акад. наук СССР, Ихтиол. комис. ; гл. ред. Е.Н. Павловский. — М. ; Л., 1953. — С. 77–90.
17. Прищепов, Г.П. Состояние популяций рыб в Днепре в условиях антропогенного воздействия / Г.П Прищепов, Г.П. Воронова // Проблемы воспроизводства аборигенных видов рыб : науч. сб. / ред.: А.С. Качный, С.И. Алымов, Н.В. Гринжевский. — Киев, 2005. — С. 137–142.
18. Иоганзен, Б Г. Об определении показателей встречаемости, обилия, биомассы и их соотношения у некоторых гидробионтов / Б.Г. Иоганзен, Л.В. Файзова // Труды / Акад. наук СССР, Зоол. ин-т, Всесоюз. гидробиол. о-во. — М., 1978. — Т. 22 : Элементы водных экосистем. — С. 215–225.

Reference

1. Romanenko V.D., Afanas'ev S.A., Petukhov V.B., Vasenko A.G., Shcherbak S.D., Kumani M.F., Kostousov V.G., Evtushenko N. Yu. *Impact of fisheries on biodiversity in the Dnieper basin. Identification of gaps and problems.* Kyiv, Akademperiodika Publ., 2003. 187 p. (in Russian).
2. Aheyets U., Kostousov V., Martsul O. On the results of fisheries activities in the Republic of Belarus for 2021. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers.* Minsk, 2022, iss. 38, pp. 7–20 (in Russian). https://doi.org/10.47612/978-985-880-000000-0-2022-38-7-20.
3. List of tenants (users) of fishing grounds provided for paid recreational fishing as of January 1, 2023. *Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus*. Available at: http://www.mshp.gov.by/documents/prod/perech_orend.pdf (accessed 11.03.2023) (in Russian).
4. Prishchepov G.P. (ed.). *Report on the work of the Committee for Fisheries Protection under the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus for 1999.* Minsk, 1999. 245 p. (in Russian).
5. Romanenko V.D. Actual hydroecological problems in the context of European water policy. *Naukovi zapiski Ternopil's'kogo natsional'nogo pedagogichnogo universitetu imeni V. Gnatyuka Seriya: Biologiya = Scientific notes of NTPU named Scientific Issue Ternopil V. Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*, 2005, no. 3 (26), pp. 378–382 (in Ukrainian).
6. Sondak V.V. *Restorative ichthyoecology of natural reservoirs of Western Polesie of Ukrain*e. Rivne, Volins'ki oberegi Publ., 2008. 296 p. (in Ukrainian).
7. Romanenko V.D. Teachings of V.I. Vernadsky about natural waters and its role in the development of modern hydroecology. *Gidrobiologicheskij zhurnal = Hydrobiological Journal*, 2003, vol. 39, no. 3, pp. 3–10 (in Russian).
8. Semenov A.D. (ed.). *Guidance on the chemical analysis of surface waters of land.* Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1977. 541 p. (in Russian).
9. State Committee of Hydrometeorology and Control of the Natural Environment of the USSR. *Unified methods of water analysis of the USSR. Iss. 1.* Leningrad, 1978. 144 p. (in Russian).
10. On the establishment of water quality standards for surface water bodie: Decree of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus dated March 30, 2015, no. 13. *National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus.* Available at: https://pravo.by/upload/docs/op/W21529808_1429909200.pdf (accessed 22.03.2023) (in Russian).
11. Oksiyuk O.P., Zhukinskii V.N., Braginskii L.P., Linnik P.N., Kuz'menko M.I., Klenus V. G. Complex ecological classification of the quality of land surface waters. *Gidrobiologicheskii zhurnal = Hydrobiological Journal*, 1993, vol. 29, no. 4, pp. 62–76 (in Russian).
12. Derzhanskaya A., Sysa A.G. Organisms-indicators of anthropogenous eutrophorism of some bodies of Mogilev region. *Sakharovskie chteniya 2019 goda: ekologicheskie problemy XXI veka: materialy 19-i mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, Minsk,*

23–24 maya 2019 g. [Saharov readings 2019: environmental problems of the XXI century: proceedings of the 19th International scientific conference, 23–24 May 2019]. Minsk, 2019, pt. 2, pp. 76–79 (in Russian).
13. Bedova P.V., Kolupaev B.I. Mollusks in biological monitoring of water quality. *Russian Journal of Ecology*, 1998, vol. 29, no. 5, pp. 367–368.
14. Konopleva E.S., Kondakov A.V. Phylogeography of the swan mussel Anodonta cygnea. *Promyslovye bespozvonochnye: materialy IX Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii, Kerch', 30 sentyabrya — 2 oktyabrya 2020 g.* [Commercial invertebrates: proceedings of the IX All-Russian scientific conference, Kerch, September 30 — October 2, 2020]. Simferopol, 2020, pp. 78–81 (in Russian).
15. Voronova G.P., Kopylova T.V., Prishchepov G.P., Sennikova V.D., Leshchenko A.V., Adamchik G. G. Species diversity of hydrobiocenoses of the Dnieper River under conditions of anthropogenic pollution. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers*. Minsk, 2003, iss. 19, pp. 207–217 (in Russian).
16. Nikol'skii G.V. Main patterns of formation in the development of river ichthyofaunal. *Ocherki po obshchim voprosam ikhtiologii* [Essays on general questions of ichthyology]. Moscow, Leningrad, 1953, pp. 77–90 (in Russian).
17. Prishchepov G.P., Voronova G.P. Status of fish populations in the Dnieper under conditions of anthropogenic influence. *Problemy vosproizvodstva aborigennykh vidov ryb* [Problems of reproduction of aboriginal species of fish]. Kyiv, 2005, pp. 137–142 (in Russian).
18. Ioganzen B.G., Faizova L.V. On determination of indicators of occurrence, abundance, biomass and their ratios in some hydrobiota. *Trudy Zoologicheskogo instituta Akademii nauk SSSR. T. 22. Elementy vodnykh ekosistem* [Proceedings of the Zoological Institute of the Academy of Sciences of the USSR. Vol. 22. Elements of aquatic ecosystems]. Moscow, 1978, pp. 215–225 (in Russian).

Сведения об авторах

Ансолихова Ольга Дмитриевна — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией 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

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: lablakeirh@gmail.com

Баран Татьяна Леонидовна — 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

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

Ласица Владислав Александрович — младший 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

Лишко Владислав Иванович — младший 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 the authors

Olga D. Apsolikhova — Ph.D. (Biology), Head of Laboratory of Fish Breeding and Fishing in Natural Water Bodies, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Georgy P. Prishchepov — Senior Researcher, Laboratory of Fish Breeding and Fishing in Natural Water Bodies, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lablakeirh@gmail.com

Tatsiana L. Baran — Researcher, Laboratory of Fish Breeding and Fishing in Natural Water Bodies, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lablakeirh@gmail.com

Taisia I. Popinachenko — Researcher, Laboratory of Fish Breeding and Fishing in Natural Water Bodies, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lablakeirh@gmail.com

Vladislav A. Lasitsa — Junior Researcher, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lablakeirh@gmail.com

Vladislav I. Lishko — Junior Researcher, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lablakeirh@gmail.com

УДК 639.215.3.032

Поступила в редакцию 10.04.2023
Received 10.04.2023

А.Ф. Кириллов[1], Л.И. Сидорова[1], О.Д. Апсолихова[2]

[1]Якутский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ЯкутскНИРО»), Якутск, Российская Федерация

[2]РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Республика Беларусь

ГИДРОБИОНТЫ АРКТИЧЕСКОГО ПОЯСА БАССЕЙНА РЕКИ ЛЕНЫ

Аннотация Арктический пояс бассейна реки Лены включает часть ее нижнего течения, дельту и более 30 тыс. озер. Водоемы играют важную роль в формировании фауны туводных, полупроходных и проходных рыб. Зоопланктон в реке представлен в основном кладоцерами и неполовозрелыми стадиями веслоногих ракообразных и коловратками. Численность и биомасса составляла 185–270 экз./м^3 и 0,879–1,766 мг/м^3, при общей биомассе 0,005 г/м^3. Озерный зоопланктон представлен коловратками, веслоногими и ветвистоусыми раками. Биомасса у коловраток составляла 2,54 мг/м^3, у веслоногих раков — 391,48 мг/м^3 и у ветвистоусых раков — 823,37, при общей биомассе 1,21 г/м^3. Речной зообентос представлен олигохетами, моллюсками, личинками хирономид и мокрецов. Численность и биомасса составляла 80–120 экз./м^2 и 0,1–0,23 г/м^2, при общей биомассе 0,15 г/м^3. Озерный представлен олигохетами, моллюсками, хирономидами, гаммаридами, жаброногими и листоногими раками, водяным осликом, личинками поденок, веснянок и ручейников. Биомасса у олигохет составляла 4,1 г/м^2, у моллюсков 2,8 г/м^2, у хирономиды 0,6 г/м^2, при общей биомассе 8,2 г/м^2 и плотности 1166 экз./м^2. Ихтиофауну на 88,5 % составляют пресноводные, полупроходные и проходные рыбы. Морские рыбы представлены 4 видами. Озера населяют *C. peled, Salvelinus alpinus*, *S. jacuticus*, *Pungitius pungitius.* Из паразитов, снижающих пищевую ценность рыбы, обнаружены *H. zschokkei* у омуля, опасных для здоровья человека — цестоды *D. dendriticum* у омуля и муксуна. Промышленным рыболовством осваиваются осетр, омуль, ряпушка, муксун, нельма, чир, сиг-пыжьян, ленок, валек, тугун, хариус, елец, налим, ерш, окунь, плотва, язь, щука, что составляет 51,4 % от общего видового состава ихтиофауны арктического пояса бассейна Лены. Среднемноголетний (1940–2020 гг.) промышленный вылов нель-

мы, муксуна, омуля и ряпушки составляет 1,61 тыс. т, а с учетом ННН-промысла — порядка 4,8 тыс. т.

Ключевые слова: арктический пояс, бассейн реки Лены, река Лена, дельта, озера, ихтиофауна, зоопланктон, зообентос, паразиты, кормовая база

Alexander F. Kirillov[1], Lena I. Sidorova[1], Olga D. Apsolikhova[2]

[1]Yakut branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Russian Federal Research Institute of Fisheries and oceanography" ("YakutskNIRO"), Yakutsk, Russian Federation

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

HYDROBIONTS OF THE ARCTIC BELT OF THE LENA RIVER BASIN

Abstract. The Arctic belt of the Lena River basin includes part of its lower reaches, delta and more than 30,000 lakes. The reservoirs play an important role in forming the fauna of the non-migratory, semi-anadromous and anadromous fish. The zooplankton in the river is mainly represented by the cladocerans and the immature stages of copepods, and rotifers. The number and biomass made 185–270 individuals/m^3 and 0.879–1.766 mg/m^3, with a total biomass of 0.005 g/m^3. The lake zooplankton is represented by rotifers, copepods, and cladocerans. The biomass of rotifers made 2.54 mg/m^3, copepods — 391.48 mg/m^3, and of cladocerans — 823.37, with a total biomass of 1.21 g/m^3. The river zoobenthos is represented by oligochaetes, mollusks, larvae of chironomids, and midges. The number and biomass made 80–120 individuals/m^2 and 0.1–0.23 g/m^2, with a total biomass of 0.15 g/m^3. The lake zoobenthos is represented by oligochaetes, mollusks, chironomids, gammarids, branchiopods and phyllopods, water louse, larvae of day-flies, caddis flies, and caddis worms. The biomass of oligochaetes made 4.1 g/m^2, of mollusks — 2.8 g/m^2, and of chironomids — 0.6 g/m^2, with a total biomass of 8.2 g/m^2 and a density of 1166 individuals/m^2. The ichthyofauna is 88.5 % freshwater, semi-anadromous and anadromous fish. Marine fish are represented by 4 species. The lakes are inhabited *by C. peled, Salvelinus alpinus, S. jacuticus, Pungitius pungitius. H. zschokkei* parasites, reducing the nutritional value of the fish, were detected in omul, and *D. dendriticum* cestodes, dangerous to human health, were detected in omul and muksun. Sturgeon, omul, vendace, muksun, nelma, broad whitefish, Siberian whitefish, lenok, round whitefish, tugun, grayling, dace, burbot, ruff, perch, roach, ide, and pike are fished commercially, which is 51.4 % of the total species composition of the ichthyofauna of the Arctic belt of the Lena basin. The long-term annual average (1940–2020)

commercial catch of nelma, muksun, broad whitefish and vendace is 1.61 thousand tons, and taking into account IUU fishing — about 4.8 thousand tons.

Keywords: Arctic belt, Lena River basin, Lena River, delta, lakes, ichthyofauna, zooplankton, zoobenthos, parasites, nutritive base

Введение. Арктический пояс бассейна р. Лены (рис. 1) занимает территорию, примерно, 87 тыс. км^2 и включает часть ее нижнего течения (около 120 км вверх по реке от о. Столб — начала дельты), дельту и более 30 тыс. озер, большая часть которых расположена в дельте реки. Из этой площади почти 30 % приходится на заповедник «Усть-Ленский» [1].



Рис. 1. Арктический пояс бассейна реки Лены (1 — арктический пояс)
Fig. 1. Arctic belt of the Lena River (1 — Arctic belt)

Водоемы арктической зоны бассейна р. Лены играют важную роль в формировании фауны туводных, полупроходных и проходных рыб. Ихтиофауна водной биоты этого участка речного бассейна включает 35 видов [2] с подвидами, из них свыше 95 % в промышленном рыболовстве составляют рыбы семейства Coregonidae.

Определяющим экологическим фактором в жизнедеятельности рыбного населения является их питание, обеспеченное соответствующей кормовой базой, основу которой составляют организмы зоопланктона и зообентоса.

Ихтиофауна и кормовая база рыб этого региона изучена лишь фрагментарно [3–13].

Цель работы — обобщение существующей информации по ихтиофауне, кормовой базе и паразитофауне промысловых рыб в арктическом поясе бассейна р. Лены.

Объекты и методы исследований. Исследования ихтиофауны и кормовой базы рыб проводились на водных объектах арктического пояса бассейна Лены в 2015–2021 гг.

Материал обработан по общепринятым в ихтиологии [14, 15] и гидробиологии методикам [16–18]. Лов рыбы осуществлялся ставными и плавными сетями с размером ячеи 10–90 мм, неводом и крючковой снастью.

Пробы по зоопланктону (52 пробы) отбирались процеживанием 100 л воды через сеть Апштейна (мельничный газ № 72), по зообентосу (16 проб) — скребком и дночерпателем Экмана-Берджи с площадью захвата 0,01 м^2, с последующей фиксацией 75 % спиртом.

Методом неполного паразитологического вскрытия [19] было обследовано 136 экз. рыб: 30 муксунов и 106 омулей. При видовом определении паразитов руководствовались «Определителем паразитов пресноводных рыб фауны СССР» [20–22].

Для оценки зараженности рыб использовались показатели экстенсивности (доля зараженных особей в процентах от общего числа обследованных рыб, ЭИ) и интенсивность инвазии (число паразитов, встреченных на одной рыбе, ИИ).

Результаты и обсуждение. Зоопланктон в русле р. Лены и протоке Булкурской представлен в основном кладоцерами (*Bosmina coregoni, B. longirostris, B. longispina, Chydorus sphaericus, C. ovalis, Daphnia galeata, Polyphemus pediculus, Sida crystalline)* и неполовозрелыми стадиями веслоногих ракообразных семейств Cyclopoida и Calanoida, коловратки в отобранных пробах были немногочисленны, доминирующей группой являлись веслоногие ракообразные.

Численность и биомасса колебались от 185–270 экз./м^3 и от 0,879–1,766 мг/м^3, достигая максимума в русловой части реки (табл. 1).

Количественные показатели зоопланктона за период исследований значительно колебались. Снижение показателей численности при росте биомассы связано с ухудшением гидрологических условий в местах отбора проб (высокий уровень воды), так как гидрологический режим является одним из главных факторов, определяющих состав, распределение и численность организмов в реке. Высокая скорость течения, взмучивание воды негативно воздействуют на развитие коловраток,

которых в пробах не обнаружено. Так как именно коловратки играют важную роль в численности зоопланктона, угнетение их привело к снижению общей численности.

Таблица 1. **Количественные показатели осеннего зоопланктона арктического пояса бассейна реки Лены**
Table 1. **Quantification of the autumn zooplankton of the Arctic belt of the Lena River**

Участок отбора проб	Кладоцеры	Копеподы	Общая
Протока Булкурская, р. Лена	45 0,351	140 0,528	185 0,879
Русло Лены	75 0,957	195 0,808	270 1,765

Примечание: над чертой — численность, экз./м^3; под чертой — биомасса, мг/м^3.

Доминирующей группой на исследованном участке нижнего течения р. Лена являются ветвистоусые ракообразные, за счет обилия *Bosmina (B.) longirostris* и *Bosmina (E.) longispina*.

В целом, состояние зоопланктона в нижнем течении р. Лена в период исследований характеризуется бедным видовым составом и низкими количественными показателями биомассы. Общая биомасса организмов зоопланктона составляет 0,005 г/м^3.

Зообентос на исследованных участках был представлен олигохетами, моллюсками, личинками хирономид и мокрецов. Доминантами являлись олигохеты. Численность и биомасса колебались от 80–120 экз./м^2 и от 0,1–0,23 г/м^2. Общая биомасса организмов зообентоса составляет 0,15 г/м^3.

Основную роль в бентофауне играют личинки хирономид. Показатели численности и биомассы сильно отличаются, что связано с характером биотопов, где были отобраны пробы.

Озера. Зоопланктон был представлен коловратками, веслоногими и ветвистоусыми раками доминирующей группой являлись ветвистоусые ракообразные.

Биомасса у коловраток составляла 2,54 мг/м^3, у веслоногих раков — 391,48 мг/м^3 и у ветвистоусых раков — 823,37. Общая биомасса организмов зоопланктона составляет 1,21 г/м^3.

Зообентос представлен олигохетами, моллюсками, хирономидами, гаммаридами, жаброногими и листоногими раками, водяным осликом, личинками поденок, веснянок и ручейников, при доминировании олигохет.

Биомасса у олигохет составляла 4,1 г/м^2 при плотности 536 экз., у моллюсков 2,8 г/м^2, у хирономиды 0,6 г/м^2, у остальных представителей организмов зообентоса количество и масса незначительны. Общая биомасса организмов бентоса составляет 8,2 г/м^2 при плотности населения 1166 экз./м^2.

Ихтиофауну на 88,5 % составляют пресноводные, полупроходные и проходные рыбы: тихоокеанская минога *Lethenteron camtschaticum*, сибирский осётр *Acipenser baerii*, сибирский голец *Barbatula toni*, язь *Leuciscus idus*, сибирский елец *L. leuciscus baicalensis*, речной гольян *Phoxinus phoxinus*, обыкновенная плотва *Rutilus rutilus*, сибирская щиповка *Cobitis melanoleuca granoei*, обыкновенная щука *Esox lucius*, азиатская корюшка *Osmerus dentex*, арктический омуль *Coregonus autumnalis*, сиг пыжьян *C. pidschian*, муксун *C. muksun*, чир *C. nasus*, пелядь *C. peled*, сибирская ряпушка *C. sardinella*, тугун *C. tugun*, обыкновенный валёк *Prosopium cylindraceum*, нельма *Stenodus leucichthys nelma*, сибирский хариус *Thymallus arcticus*, ленок *Brachymystax lenok*, сибирский таймень *Hucho taimen*, горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*, кета *O. keta*, арктический голец *Salvelinus alpinus*, якутский голец *S. jacuticus*, тонкохвостый налим *Lota lota leptura*, девятииглая колюшка *Pungitius pungitius*, восточносибирский пестроногий подкаменщик *Cottus poecilopus szanaga*, обыкновенный ёрш *Gymnocephalus cernua*, речной окунь *Perca fluviatilis*.

Морские рыбы представлены 4 видами, все они встречаются в устьевых протоках дельты р. Лены [23]: восточносибирская треска *Arctogadus borisovi*, полярная тресочка *Boreogadus saida*, четырехрогий бычок *Myoxocephalus quadricornis*, полярная камбала *Liopsetta glacialis*.

Озера населяют пелядь, арктический голец, якутский голец и девятииглая колюшка. Фауна рыб озер, имеющих периодическую связь с рекой, представлена, кроме вышеперечисленных видов, сибирской ряпушкой, полупроходным муксуном, чиром, сигом-пыжьяном, хариусом и щукой.

К видам водных биологических ресурсов, осваиваемых промышленным рыболовством, относятся ОДУемые — осетр, ряпушка, муксун, нельма, чир, сиг-пыжьян; рекомендованные объемы вылова — ленок, валек, тугун, хариус, елец, налим, ерш, окунь, плотва, язь, щука и прогнозируемый вылов — омуль, что составляет 51,4 % от общего видового состава ихтиофауны арктического пояса бассейна р. Лены. Промышленным рыболовством осваиваются, в том числе, и особо ценные виды — осетр и ценные — муксун, нельма, омуль, сиг-пыжьян и чир.

Осетр сибирский в уловах нижнего течения р. Лены представлен в возрасте от 5+ до 26+ лет, с промысловой длиной от 23,1 до 76,5 см (средняя — 47,0 см).

Средний возраст нельмы в промысловых уловах составил 8,2 года со средней промысловой длиной 76,0 см и средней массой 5343,5 г. 70 % представлены особями с длиной 59–79 см и массой 1700–5700 г.

Ряпушка является одним из основных промысловых видов в р. Лена, ее доля в общем объеме вылова сиговых составляет 73 %. Добыча основана на облове нерестового стада в нижнем течении реки, нагульной ряпушки (устьевая область дельты реки) вылавливается менее 1 %. В уловах представлена особями в возрасте от 4+ до 8+ лет. По численности преобладают особи в возрасте 5+ — 8+ лет, длиной 22,0–31,0 см и массой 175–260 г.

Муксун в уловах представлен особями в возрасте от 10+ до 18+ лет. По численности преобладают рыбы в возрасте 13+ — 16+ лет, средней длиной 43,7–48,8 см и массой 1223–1792 г. Следует отметить, что муксун представлен четырьмя морфобиологическими формами: полупроходной малотычинковой, полупроходной многотычинковой, дельтовой и речной [24–27].

Чир в уловах представлен возрастами от 5+ до 10+ лет, с промысловой длиной от 41,5 до 56,8 см, массой от 1140 до 3570 г

Сиг в уловах встречается в возрасте 3+ — 9+ лет, с промысловой длиной 19,5–36,2 см, массой 65–767 г.

Фауна рыб озер, имеющих периодическую связь с рекой, представлена 9 видами, относящими к 5 семействам, и формируется за счет аборигенных рыб (арктический голец, пелядь и девятииглая колюшка) и речных видов (сибирская ряпушка, муксун, чир, сиг — пыжьян, восточно — сибирский хариус, щука).

Постоянные обитатели озер — арктический голец, пелядь, девятииглая колюшка прекрасно приспособлены к условиям жизни, высокая обеспеченность пищей обуславливает успех размножения, хороший рост и упитанность.

Арктический голец в наших материалах имел длину тела (по Смитту) от 31 до 65 см и массу от 275 до 3610 г. Самцы гольца крупнее самок и по длине, и по массе. Гольцы населяют, вероятно, все непромерзающие за зиму озера дельты р. Лены.

Пелядь в обследованных озерах дельты р. Лены встречена повсеместно. В уловах отмечены особи от 6 + до 10 + лет с длиной тела 29–47 см и массой 150–900 г.



В устьевой области дельты р. Лены сосредоточены все размерные (возрастные) группы нельмы, сибирской ряпушки, арктического омуля и муксуна. Здесь происходит их рост, половое созревание и формирование нерестовых стад.

При паразитологическом анализе омуля и муксуна [28] обнаружено 8 видов паразитов, относящихся к пяти типам и пяти классам. Простейших один вид — *Henneguya zschokkei* (Gurley, 1884), цестод один вид — *Diphyllobothrium dendriticum*, нематод три вида — *Philonema sibirica* (Bauer, 1946), *Raphidascaris acus* (Bloch, 1779), *Cystidicola farionis* Fischer, 1978, скребней два вида — *Neoechinorhynchus rutili* (Muller, 1780), *Metechinorhynchus salmonis* Muller, 1776, ракообразных один вид — *Salmincola extumescens* (Gadd, 1901). Среди них *Diphyllobotrium dendriticum* и *Salmincola extumescens* являются общими для муксуна и омуля (табл. 2).

Таблица 2. **Паразиты *Coregonus muksun* и *Coregonus autumnalis* арктического пояса бассейна реки Лены**
Table 2. ***Coregonus muksun* and *Coregonus autumnalis* parasites of the Arctic belt of the Lena River**

Вид паразита	Хозяин	Локализация	ЭИ, %	ИИ
H. zschokkei	омуль	мышцы	17,0	6,6 цист
D. dendriticum	омуль	слизистая оболочка стенок пищеварительного тракта	0,9	1,0 циста
	муксун		6,7	5,5 цист
C. farionis	муксун	плавательный пузырь	10	8,0 экз.
P. sibirica	омуль	полость тела	2,8	1,0 экз.
R. acus	омуль	полость тела	1,9	1–2 экз.
N. rutili	омуль	кишечник	0,9	6,0 экз.
M. salmonis	муксун	кишечник	10	5,0 экз.
S. extumescens	омуль	жабры	15,2	1,3 экз.
	муксун		29,4	1,4 экз.

Из паразитов, снижающих пищевую ценность рыбы, обнаружены только простейшие *H. zschokkei* у омуля, однако экстенсивность инвазии незначительна — 17,0 %. Тем не менее, они наносят значительный ущерб рыбному хозяйству Якутии, так с 1993 по 1997 г. из 1891 т рыбы, поступившей на Якутский рыбзавод, выбраковано по причине миксоспоридиозов около 190 т (10 %) [29].

Из видов, опасных для здоровья человека, обнаружены цестоды *D. dendriticum* у омуля (ЭИ — 0,9 %; ИИ — 1,0 циста) и муксуна (ЭИ — 6,7 %; ИИ — 5,5 цист).

Паразитофауну у озерных гольцов специально не изучали. Из эктопаразитов нами отмечены пиявки на основаниях плавников, экстенсивность инвазии 4,2 %, и ракообразные на жаберных крышках, экстенсивность инвазии 15,5 %. Из эндопаразитов высокая экстенсивность инвазии у круглых червей, живущих в плавательном пузыре — 46,5 %.

Среднемноголетний (1940–2020 гг.) промышленный вылов нельмы, муксуна, омуля и ряпушки составляет 1,61 тыс. т, а с учетом ННН-промысла — порядка 4,8 тыс. т [30].

Заключение. Арктический пояс бассейна р. Лены занимает территорию, примерно, 87 тыс. км^2 и включает часть ее нижнего течения (около 120 км вверх по реке от о. Столб — начала дельты), дельту и более 30 тыс. озер, большая часть которых расположена в дельте реки.

Водоемы арктической зоны бассейна р. Лены играют важную роль в формировании фауны туводных, полупроходных и проходных рыб. Ихтиофауна водной биоты этого участка речного бассейна включает 35 видов с подвидами, из них свыше 95 % в промышленном рыболовстве составляют рыбы семейства Coregonidae.

Зоопланктон в реке представлен в основном кладоцерами и неполовозрелыми стадиями веслоногих ракообразных, коловратки были немногочисленны. Численность и биомасса составляла 185–270 экз./м^3 и 0,879–1,766 мг/м^3, при общей биомассе 0,005 г/м^3. Озерный зоопланктон представлен коловратками, веслоногими и ветвистоусыми раками. Биомасса у коловраток составляла 2,54 мг/м^3, у веслоногих раков — 391,48 мг/м^3 и у ветвистоусых раков — 823,37, при общей биомассе 1,21 г/м^3.

Речной зообентос представлен олигохетами, моллюсками, личинками хирономид и мокрецов. Численность и биомасса составляла 80–120 экз./м^2 и 0,1–0,23 г/м^2, при общей биомассе 0,15 г/м^3. Озерный представлен олигохетами, моллюсками, хирономидами, гаммаридами, жаброногими и листоногими раками, водяным осликом, личинками поденок, веснянок и ручейников. Биомасса у олигохет составляла 4,1 г/м^2, у моллюсков 2,8 г/м^2, у хирономиды 0,6 г/м^2, при общей биомассе 8,2 г/м^2 и плотности 1166 экз./м^2.

Ихтиофауну на 88,5 % составляют пресноводные, полупроходные и проходные рыбы. Морские рыбы представлены 4 видами. Озера населяют *C. peled, Salvelinus alpinus*, *S. jacuticus*, *Pungitius pungitius.* Фауна рыб озер, имеющих периодическую связь с рекой, представленасибирской ряпушкой, полупроходным муксуном, чиром, сигом-пыжьяном, хариусом и щукой.

Из паразитов, снижающих пищевую ценность рыбы, обнаружены *H. zschokkei* у омуля, опасных для здоровья человека — цестоды *D. dendriticum* у омуля и муксуна.

Промышленным рыболовством осваиваются осетр, омуль, ряпушка, муксун, нельма, чир, сиг-пыжьян, ленок, валек, тугун, хариус, елец, налим, ерш, окунь, плотва, язь, щука, что составляет 51,4 % от общего видового состава ихтиофауны арктического пояса бассейна р. Лены. Среднемноголетний (1940–2020 гг.) промышленный вылов нельмы, муксуна, омуля и ряпушки составляет 1,61 тыс. т, а с учетом ННН-промысла — порядка 4,8 тыс. т.

Список использованных источников

1. Кириллов, А.Ф. Заповедник «Усть-Ленский» в сети особо охраняемых территорий Якутии / А.Ф. Кириллов, И.А. Якшина, Е.В. Бурмистров // Биота и среда природ. территорий. — 2019. — № 4. — С. 126–136. https://doi.org/10.25808/26186764.2019.19.4.009.
2. Кириллов, А.Ф. Современный состав и история формирования ихтиофауны реки Лена (бассейн моря Лаптевых) / А.Ф. Кириллов, И.Б. Книжин // Вопр. ихтиологии. — 2014. — Т. 54, № 4. — С. 413–425. https://doi.org/10.7868/S0042875214040031.
3. Сыч-Аверенцева, Н.В. Некоторые данные по биологии молоди промысловых рыб низовьев Лены / Н.В. Сыч-Аверенцева // Труды Якутской научной рыбохозяйственной станции / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва. — М., 1932. — Вып. 2 : Рыбное хозяйство Якутии. — С. 149–174.
4. Урбан, В.В. Гидробиологическое исследование устья р. Лены / В.В. Урбан // Известия / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва. — Л., 1949. — Т. 29. — С. 75–95.
5. Дормидонтов, А.С. Особенности распределения ленских сиговых на местах их нагула / А.С. Дормидонтов // Вопр. ихтиологии. — 1961. — Т. 1, вып. 3. — С. 453–461.
6. Гуков, А.Ю. Зообентос термокарстовых озер пойменных участков дельты реки Лены / А.Ю. Гуков // Гидробиол. журн. — 1990. — Т. 26, № 2. — С. 21–24.
7. Гуков, А.Ю. К изучению бентофауны морских участков Усть-Ленского заповедника / А.Ю. Гуков // Гидробиологические исследования в заповедниках : сб. науч. тр. / отв. ред. В.Е. Соколов. — М., 1996. — С. 61–65. — (Проблемы заповедного дела / Рос. акад. наук, Комис. по заповед. делу ; вып. 8).
8. Кириллов, А.Ф. Роль озёрных экосистем дельты Лены в формировании фауны туводных и полупроходных видов рыб / А.Ф. Кириллов // Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Сибири : материалы конф. по изучению водоемов Сибири / Том. гос. ун-т [и др.]. — Томск, 1996. — С. 88–89.

9. Кириллов, А.Ф. Аборигенная ихтиофауна озер дельты Лены / А.Ф. Кириллов // Озера холодных регионов : докл. Междунар. конф. : в 5 ч. / Якут. гос. ун-т [и др.]. — Якутск, 2000. — Ч. 5 : Вопросы ресурсоведения, ресурсопользования, экологии и охраны. — С. 53–65.
10. Абрамова, Е.Н. Появление новых видов зоопланктона в водоемах дельты р. Лены / Е.Н. Абрамова, И.А. Жулай // Тр. Зоол. ин-та РАН. — 2016. — Т. 320, № 4. — С. 473–487. https://doi.org/10.31610/trudyzin/2016.320.4.473
11. Водные биологические ресурсы шельфа моря Лаптевых и перспективы их хозяйственного освоения / А.Ф. Кириллов [и др.] ; ред. А.Ф. Кириллов. — Тюмень : Госрыбцентр, 2016. — 116 с.
12. Кириллов, А.Ф. Аннотированный список рыбообразных и рыб заповедника «Усть-Ленский» (река Лена, бассейн моря Лаптевых) / А.Ф. Кириллов, Е.В. Бурмистров // Биота и среда природ. территорий. — 2019. — № 4. — С. 34–44. https://doi.org/10.25808/26186764.2019.19.4.003.
13. Абрамова, Е.Н. Фауна пелагических беспозвоночных шельфовых вод моря Лаптевых : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.08 / Е.Н. Абрамова ; Гос. заповедник «Усть-Ленский». — СПб., 2000. — 24 с.
14. Чугунова, Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб : метод. пособие по ихтиологии / Н.И. Чугунова ; отв. ред.: Е.Н. Павловский, П.А. Моисеев. — М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1959. — 164 с.
15. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин ; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Пищевая пром-сть, 1966. — 376 с.
16. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция / М-во рыб. хоз-ва РСФСР, Гос. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. хоз-ва, Акад. наук СССР, Зоол. ин-т ; науч. ред.: Г.Г. Винберг, Г.М. Лаврентьева ; сост.: А.А. Салазкин, М.Б. Иванова, В.А. Огородникова. — Л. : ГосНИОРХ, 1982. — 33 с.
17. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России : в 2 т. / Рос. акад. наук, Зоол. ин-т ; под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина — СПб. : Зоол. ин-т РАН ; М. : Т-во науч. изд. КМК, 2010. — Т. 1 : Зоопланктон / ред. В.Р. Алексеев. — 495 с.
18. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России : в 2 т. / Рос. акад. наук, Зооол. ин-т ; под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. — СПб. : Зоол. ин-т РАН ; М. : Т-во науч. изд. КМК, 2016. — Т. 2 : Зообентос / ред. С.Я. Цалохин. — 456 с.
19. Быховская-Павловская, И.Е. Паразитологическое исследование рыб / И. Е. Быховская-Павловская ; отв. ред. А.С. Мончадский. — Л. : Наука, 1969. — 109 с. — (Методы паразитологических исследований ; вып. 1).
20. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР : в 3 т. / Акад. наук СССР, Зоол. ин-т ; под ред. О.Н. Бауера. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1984. — Т. 1 : Паразитические простейшие. — 431 с. — (Определители по фауне СССР ; вып. 140).

21. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР : в 3 т. / Акад. наук СССР, Зоол. ин-т ; под ред. О.Н. Бауера. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1985. — Т. 2 : Паразитические многоклеточные (первая часть). — 425 с. — (Определители по фауне СССР ; вып. 143).
22. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР : в 3 т. / Акад. наук СССР, Зоол. ин-т ; под ред. О.Н. Бауера. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1987. — Т. 3 : Паразитические многоклеточные (вторая часть). — 583 с. — (Определители по фауне СССР ; вып. 149).
23. Кириллов, Ф.Н. Рыбы Якутии / Ф.Н. Кириллов ; отв. ред. А.Н. Пробатов. — М. : Наука, 1972. — 360 с.
24. Александрова, Е.Н. Дифференциация муксуна р. Лены. 1. Морфометрическая характеристика четырех форм муксуна / Е.Н. Александрова, В.В. Кузнецов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6, Биология и почвоведение. — 1970. — № 4. — С. 16–23.
25. Александрова, Е.Н. Дифференциация муксуна р. Лены. 2. Корреляционные связи, выборки информативных признаков и морфологическое сравнение форм / Е.Н. Александрова, В.В. Кузнецов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6, Биология и почвоведение. — 1972. — № 4. — С. 8–15.
26. Александрова, Е.Н. Дифференциация муксуна р. Лены. 3. О связи между корреляциями и изменчивостью признаков и заключение о биологической сущности дифференциации / Е.Н. Александрова, В.В. Кузнецов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6, Биология и почвоведение. — 1972. — № 5. — С. 22–31.
27. Дормидонтов, А.С. Муксун Лены — комплекс родственных рас / А.С. Дормидонтов // Биологические проблемы Севера : материалы VI всесоюз. симп : тез. докл. / АН СССР, Якут. фил. Сиб. отд-ния, Ин-т биологии ; отв. ред.: Ф.Н. Кириллов, Ю.Н. Аммосов. — Якутск, 1974. — Вып. 2 : Ихтиология, гидробиология, энтомология, паразитология. — С. 51–55.
28. Апсолихова, О.Д. Паразитофауна муксуна Coregonus muksun и омуля Coregonus autumnalis на местах нагула в авандельте реки Лена (бассейн моря Лаптевых) / О.Д. Апсолихова, Е.В. Бурмистров, А.Ф. Кириллов // Современные проблемы паразитологии и экологии. Чтения, посвященные памяти С.С. Шульмана : сб. тр. Всерос. науч. конф. с междунар. участием (г. Тольятти, 15–17 мая 2018 г.) / Рос. акад. наук [и др.] ; отв. ред.: А.А. Кириллов, Н.Ю. Кириллова. — Тольятти, 2018. — С. 42–44.
29. Калашникова, А.В. Распространенность миксоспоридиозов в Республике Саха и ветеринарно-санитарная оценка рыб при этих заболеваниях : автореф. дис. ... канд. ветеринар. наук : 16.00.08 / А.В. Калашникова ; Моск. гос. акад. ветеринар. медицины и биотехнологии. — М., 1999. — 16 с.
30. Кириллов, А.Ф. Параметры ННН-промысла рыб семейства Coregonidae в р. Лена (бассейн моря Лаптевых) / А.Ф. Кириллов // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. — Минск, 2022. — Вып. 38. — С. 159–166. https://doi.org/10.47612/978-985-880-000000-0-2022-38-159-166

Reference

1. Kirillov A.F., Yakshina I.A., Burmistrov E.V. Ust-Lensky Nature Reserve in the protected areas system of Yakutia. *Biota i sreda prirodnykh territorii = Biodiversity and Environment of Protected Areas*, 2019, no. 4, pp. 126–136 (in Russian). https://doi.org/10.25808/26186764.2019.19.4.009.
2. Kirillov A.F., Knizhin I.B. Ichthyofauna of the Lena River (Laptev Sea Basin): modern composition and historical formation.*Journal of Ichthyology*, 2014, vol. 54, no. 7, pp. 433–445. https://doi.org/10.1134/s0032945214040031.
3. Sych-Averentseva N.V. Some data on the biology of juvenile commercial fish of the lower reaches of the Lena. *Trudy Yakutskoi nauchnoi rybokhozyaistvennoi stantsii. Vyp. 2. Rybnoe khozyaistvo Yakutii* [Proceedings of the Yakut scientific fishery station. Iss. 2. Fisheries of Yakutia]. Moscow, 1932, pp. 149–174 (in Russian).
4. Urban V.V. Hydrobiological studies of the mouth of the Lena River. *Izvestiya Gosudarstvennogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ozernogo i rechnogo rybnogo khozyaistva. T. 29* [News of the State Research Institute of Lake and River Fisheries. Vol. 29]. Leningrad, 1949, pp. 75–95 (in Russian).
5. Dormidontov A.S. Peculiarities in the distribution of the Lena Coregonids on feeding grounds. *Voprosy ikhtiologii = Problems of Ichthyology*, 1961, vol. 1, iss. 3, pp. 453–461 (in Russian).
6. Gukov A.Yu. Zoobenthos of thermokarst lakes in the flood plain of the Lena River delta. *Gidrobiologicheskii zhurnal = Hydrobiological Journal*, 1990, vol. 26, no. 2, pp. 21–24 (in Russian).
7. Gukov A.Yu. To study the benthic fauna of the marine areas of the Ust-Lena Nature Reserve. *Gidrobiologicheskie issledovaniya v zapovednikakh: sbornik nauchnykh trudov* [Hydrobiological research in reserves: a collection of scientific papers]. Moscow, 1996, pp. 61–65 (in Russian).
8. Kirillov A.F. The role of lake ecosystems of the Lena Delta in the formation of fauna of aquatic and semi-aquatic fish. *Zadachi i problemy razvitiya rybnogo khozyaistva na vnutrennikh vodoemakh Sibiri: materialy konferentsii po izucheniyu vodoemov Sibiri* [Tasks and problems of the development of fisheries in inland waters of Siberia: proceedings of the conference on the study of waters of Siberia]. Tomsk, 1996, pp. 88–89 (in Russian).
9. Kirillov A.F. Native ichthyofauna of Lena Delta lakes. *Ozera kholodnykh regionov: doklady Mezhdunarodnoi konferentsii* [Lakes of cold regions: reports of the International conference]. Yakutsk, 2000, pt. 5, pp. 53–65 (in Russian).
10. Abramova E.N., Zhulay I.A. The occurrence of the new zooplankton species in the Lena river delta. *Trudy Zoologicheskogo instituta RAN = Proceedings of the Zoological Institute RAS,* 2016, vol. 320, no. 4, pp. 473–487 (in Russian). https://doi.org/10.31610/trudyzin/2016.320.4.473.
11. Kirillov A.F., Karpova L.N., Zhirkov F.N., Apsolikhova O.D., Sveshnikov Yu.A. *Aquatic biological resources of the Laptev Sea shelf and prospects for their economic development*. Tyumen, Gosrybtsentr Publ., 2016. 116 p. (in Russian).
12. Kirillov A.F., Burmistrov E.V. The annotated list of lampreys and fish of the State nature reserve «Ust-Lensky» (Lena River, Laptev Sea basin). *Biota i sreda prirodnykh territorii = Biodiversity and Environment of Protected Areas*, 2019, no. 4, pp. 34–44 (in Russian). https://doi.org/10.25808/26186764.2019.19.4.003.

13. Abramova E.N. *Fauna of pelagic invertebrates of the Laptev Sea shelf waters.* Abstract of Ph.D. diss. St. Petersburg, 2000. 24 p. (in Russian).
14. Chugunova N.I. *Guide to the study of the age and growth of fish*. Moscow, Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1959. 164 p. (in Russian).
15. Pravdin I.F. *Guide to the study of fish (mainly freshwater)*. 4th ed. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1966. 376 p. (in Russian).
16. Vinberg G.G., Lavrent'eva G.M. (eds.). *Guidelines for the collection and processing of materials for hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Zoobenthos and its products.* Leningrad, State Research Institute of Lake and River Fisheries, 1982. 33 p. (in Russian).
17. Alekseev V.R. (ed.). *Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 1. Zooplankton*. St. Petersburg, Zoological Institute RAS; Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 2010. 495 p. (in Russian).
18. Tsalolikhin S.Ya. (ed.). *Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobentos*. St. Petersburg, Zoological Institute RAS; Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 2016. 456 p. (in Russian).
19. Bykhovskaya-Pavlovskaya I.E. *Parasitological study of fish*. Leningrad, Nauka Publ., 1969. 109 p. (in Russian).
20. Bauer O.N. (ed.). *Determinant of parasites of freshwater fish fauna of the USSR. Vol. 1. Parasitic protozoa*. Leningrad, Nauka Publ., 1984. 431 p. (in Russian).
21. Bauer O.N. (ed.). *Determinant of parasites of freshwater fish fauna of the USSR. Vol. 2. Parasitic multicellular organisms (part 1)*. Leningrad, Nauka Publ., 1985. 425 p. (in Russian).
22. Bauer O.N. (ed.). *Determinant of parasites of freshwater fish fauna of the USSR. Vol. 3. Parasitic multicellular organisms (part 2)*. Leningrad, Nauka Publ., 1987. 583 p. (in Russian).
23. Kirillov F.N. *Fish of Yakutia*. Moscow, Nauka Publ., 1972. 360 p. (in Russian).
24. Aleksandrova E.N., Kuznetsov V.V. Differentiation of muksun of the Lena River. 1. Morphometric characteristics of four forms of muksun. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6, Biologiya i pochvovedeni*e [Bulletin of the Moscow University. Series 6, Biology and Soil Science], 1970, no. 4, pp. 16–23 (in Russian).
25. Aleksandrova E.N., Kuznetsov V.V. Differentiation of muksun of the Lena River. 2. Systems of correlation, choosing of informative characters and morphological comparison of forms. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6, Biologiya i pochvovedeni*e [Bulletin of the Moscow University. Series 6, Biology and Soil Science], 1972, no. 4, pp. 8–15 (in Russian).
26. Aleksandrova He.N., Kuznetsov V.V. Differentiation of muksun of the Lena River. 3. On relationship between correlation and variation of character and conclusion about the biological naturce of the differentiation. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6, Biologiya i pochvovedeni*e [Bulletin of the Moscow University. Series 6, Biology and Soil Science], 1972, no. 5, pp. 22–31 (in Russian).
27. Dormidontov A.S. Muksun Lena — a complex of related races. *Biologicheskie problemy Severa: materialy VI vsesoyuznogo simpoziuma: tezisy dokladov* [Biological problems of the North: proceedings of the VI All-Union Symposium: abstracts]. Yakutsk, 1974, iss. 2, pp. 51–55 (in Russian).
28. Apsolikhova O.D., Burmistrov E.V., Kirillov A.F. Parasitofauna of the muksun Coregonus muksun and omul Coregonus autumnalis at feeding sites in the Lena

River Avandelt (Laptev Sea basin). *Sovremennye problemy parazitologii i ekologii. Chteniya, posvyashchennye pamyati S. S. Shul'mana: sbornik trudov Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (g. Tol'yatti, 15–17 maya 2018 g.)* [Modern problems of parasitology and ecology. Readings dedicated to the memory of S. S. Shulman: proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation (Tolyatti, May 15–17, 2018)]. Tolyatti, 2018, pp. 42–44 (in Russian).

29. Kalashnikova A.V. *The prevalence of myxosporidiosis in the Sakha Republic and veterinary and sanitary assessment of fish with these diseases*. Abstract of Ph.D. diss. Moscow, 1999. 16 p. (in Russian).
30. Kirillov A.F. Parameters of IUU fishing of coregonidae species in the Lena river (Laptev sea basin). *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collected of scientific papers*. Minsk, 2022, iss. 38, pp. 159–166 (in Russian). https://doi.org/10.47612/978-985-880-000000-0-2022-38-159-166.

Сведения об авторах

Кириллов Александр Федорович — кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Якутский филиал ФГБНУ «Всесоюзный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ЯкутскНИРО») (ул. Ярославского, 32/3, офис 1, 677018, Якутск, Российская Федерация). E-mail: afkirillov@yandex.ru

Сидорова Лена Иннокентьевна — заведующая лабораторией, Якутский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ЯкутскНИРО») (ул. Ярославского, 32/3, офис 1, 677018, Якутск, Российская Федерация). E-mail: kuzmina_lena_in@inbox.ru

Апсолихова Ольга Дмитриевна — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией 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 the authors

Alexander F. Kirillov — Ph.D. (Biology), Associate Professor, Leading Researcher of the Yakut Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (Yakutskniro) (32/3, office 1, Yaroslavsky Str., 677018, Yakutsk, Russian Federation). E-mail: afkirillov@yandex.ru

Lena I. Sidorova — Head of the Laboratory of the Yakut Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (Yakutskniro) (32/3, office 1, Yaroslavsky Str., 677018, Yakutsk, Russian Federation). E-mail: kuzmina_lena_in@inbox.ru

Olga D. Apsolikhova — Ph.D. (Biology), Head of Laboratory of Fish Farming and Fisheries in Natural, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

УДК 574.5 (476) : 574.583

Поступила в редакцию 27.04.2023
Received 27.04.2023

О.С. Смольская

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

ПИГМЕНТНЫЕ ИНДЕКСЫ E_{450}/E_{480} И E_{430}/E_{412} АВТОТРОФНОЙ КОМПОНЕНТЫ СЕСТОНА И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ВОДОЕМАХ И ВОДОТОКАХ БЕЛАРУСИ

Аннотация. Спектрофотометрический метод измерения хлорофилла позволяет без дополнительных затрат, используя пигментные индексы, получать ценную информацию о состоянии первичных продуцентов толщи воды и донных отложений всех типов водоемов вне зависимости от уровня их трофического статуса и состояния фитопланктона. Любая экосистема характеризуется определенным пигментным фоном в зависимости от присутствующих растительных сообществ, производящих первичную продукцию. Изменение пигментных характеристик происходит взаимосвязанно и сохраняет свою направленность в ходе сезонной и многолетней сукцессии сообществ продуцентов. Определение спектральных индексов в воде и донных отложениях дает возможность использовать их в качестве интегральных показателей при оценке экологического состояния водных объектов Беларуси. Наибольшую ценность и практическую значимость имеют индексы для оценки доли цианопрокариот в общей биомассе фитопланктона (E_{450}/E_{480}) и доли феопигментов (E_{430}/E_{412}) в суммарном хлорофилле-*a*. Рассчитаны и апробированы пигментные индексы, отражающие состояние первичных продуцентов: E_{450}/E_{480} и E_{430}/E_{412}. Выявлена тесная связь между индексом E_{450}/E_{480} и долей цианопрокариот в общей биомассе фитопланктона ($r=-0,81$), на основании чего составлена шкала для примерной оценки доли цианопрокариот по величине индекса $E_{450}/E_{480.}$ Значимая взаимосвязь наблюдалась также между индексом E_{430}/E_{412} и долей феопигментов в суммарном хлорофилле-*a* ($r=-0,78$). Для каждого индекса рассчитан диапазон колебаний в зависимости от типа водного объекта и определены пороговые значения. На основании полученных пигментных характеристик для каждого исследованного водного объекта составлена база данных.

Ключевые слова: водотоки; водоемы; пигментные индексы; фитопланктон; донные отложения; феопигменты; первичные продуценты

Volha S. Smolskaya

Belarusian State University, Nezavisimosti avenue, Minsk, Republic of Belarus

THE PIGMENT INDICES E_{450}/E_{480} AND E_{430}/E_{412} OF THE AUTOTROPHIC COMPONENT OF SESTON AND BOTTOM SEDIMENTS IN WATER BODIES AND STREAMS OF BELARUS

Abstract. The spectrophotometric method of measuring chlorophyll makes it possible, without additional costs, using pigment indices to obtain valuable information on the state of primary producers of the water column and bottom sediments of all types of water bodies, regardless of their trophic status and the state of phytoplankton. Any ecosystem is characterized by a certain pigment background, depending on the presence of plant communities that produce primary production. Changes in pigment characteristics occur interrelatedly and retain their direction in the course of seasonal and long-term succession of producer communities. The determination of spectral indices in water and bottom sediments makes it possible to use them as integral indicators in assessing the ecological state of water bodies in Belarus. The indices for assessing the share of cyanoprokaryotes in the total phytoplankton biomass (E_{450}/E_{480}) and the share of pheopigments (E_{430}/E_{412}) in total chlorophyll-a are of the greatest value and practical significance. Calculated and tested pigment indices reflecting the state of primary producers: E_{450}/E_{480} and E_{430}/E_{412}. A close relationship between the E_{450}/E_{480} index and the proportion of cyanoprokaryotes in the total phytoplankton biomass (r=-0.81) was revealed, on the basis of which a scale was compiled for an approximate assessment of the proportion of cyanoprokaryotes by the value of the E_{450}/E_{480} index. A significant relationship was also observed between the E_{430}/E_{412} index and the proportion of pheopigments in total chlorophyll-a (r=-0.78). For each index, the range of fluctuations was calculated depending on the type of water body, and threshold values were determined. Based on the obtained pigment characteristics, a database was compiled for each investigated water body.

Keywords: watercourses; reservoirs; pigment indices; phytoplankton; bottom sediments; pheopigments; primary producers

Введение. В настоящее время проблема оценки экологического состояния водных экосистем актуальна и относится к числу наиболее острых экологических проблем глобального уровня. Одной из серьезных опасностей является эвтрофирование водных объектов, которое приводит к чрезмерному развитию в них водорослей [1].

Фотосинтетические пигменты фитопланктона могут выступать в качестве индикаторных маркеров, отражающих процессы новообразования внутри водоемов и водотоков, миграции и трансформации органических веществ [2]. Понимание механизма взаимодействия продукционных и деструкционных процессов в разных водоемах достигается изучением содержания, состава и состояния растительных пигментов. Новообразованные при фотосинтезе органические вещества играют первостепенную роль в водных экосистемах. Пигментные характеристики фитопланктона можно рассматривать как интегральные показатели, что подтверждается сходством генезиса пигментов и органических веществ в водоемах и одновременное участие этих веществ в деструкции — синхронность гидрологических и биологических процессов [2; 3].

Хлорофиллы, каротиноиды и фикобилипротеины присутствуют во всех фотосинтезирующих водорослях, но не у большинства бактерий, простейших или детрита, что позволяет отличать фитопланктон от других компонентов микробного сообщества. Многие пигменты ограничены для определенных классов или даже родов, что позволяет использовать таксономический состав фитопланктона на уровне класса. Пигменты флуоресцентны на видимых длинах волн, что позволяет их обнаруживать, они лабильные и быстро деградируют после смерти клетки, тем самым можно различать живые клетки от стареющих [2; 4].

Однако, фотосинтетические пигменты имеют несколько недостатков в качестве маркеров. Их лабильность означает, что для сохранения пигментов необходимо использовать особые условия, поскольку они чувствительны к воздействию света, тепла, кислорода, кислот и щелочей, а также спонтанно образуют семейства изомеров в растворе. Их выражение является переменным, даже в пределах определенного класса, а содержание на клетку зависит от факторов окружающей среды, таких как освещенность и содержание питательных веществ (азот, фосфор) [2].

Хлорофилл, находящийся в фотосинтетических мембранах, может служить своего рода природным датчиком состояния клеток водорослей и высших растений. При нарушении состояния фотосинтетических мембран под действием внешнего фактора происходят определенные изменения количества и состава хлорофиллов и их производных, и, как следствие, их оптических свойств, которые и служат источником ин-

формации для экспресс-диагностики состояния клеток [5]. Кроме того, по содержанию продуктов распада хлорофилла-*a* можно судить о физиологическом состоянии сообщества, так как при гибели клетки фотосинтетически активный хлорофилл в течение нескольких часов разлагается до феофитина [3, 6].

Каротиноиды являются лабильными молекулами, способными спонтанно перестраиваться в растворе, что обычно создает дополнительные пики, которые усложняют анализы. Спектры поглощения каротиноидов обычно имеют три пика (в зависимости от используемого растворителя), обозначенные I, II и III от коротких до длинных длин волн. Часто пики I и III сводятся к плечам или полностью скрываются путем перекрытия пиков из-за интерференции функциональных групп с каротиноидом хромофора. Форма и положение пиков различаются в разных растворителях и полезны при идентификации [2].

Отношение общих каротиноидов к хлорофиллу-*a* может служить показателем физиологического состояния клеток фитопланктона. Процессы деградации различаются между хлорофиллами и каротиноидами. Так, каротиноиды превращаются в цис-каротиноиды, а затем в бесцветные соединения путем расщепления конъюгированной (диеновой) системы. Каротиноиды более стабильный компонент пигментной системы, чем хлорофилл-*a*. Разрушение последнего происходит следующим образом: молекула хлорофилла в процессе сбора и экстрагирования под действием кислой среды утрачивает фитол и превращается в хлорофиллид, а затем, теряя атом Mg, — феофорбид, или хлорофилл утрачивает сразу атом Mg и превращается в феофитин [2, 7].

Поэтому при старении популяции фитопланктона и при неблагоприятных воздействиях факторов среды, которые способствуют деструкции хлорофилла-*a*, величина отношения общих каротиноидов к хлорофиллу-*a* возрастает. Содержание каротиноидов и их отношение к хлорофиллу-*a* изучают и по отношению к различным классам водорослей. Изменение этого соотношения с глубиной может быть следствием адаптации фитопланктона к качественному составу света. Отношение общих каротиноидов к хлорофиллу-*a* при разных условиях колеблется в широких пределах [2, 7, 8].

Пигментные индексы для индикации состояния водных экосистем на сегодняшний день используются редко, и в литературе содержится очень мало подобных сведений и методических рекомендаций, что усложняет возможность получить достоверные значения и провести их

анализ. В частности, в коротковолновой области спектра поглощения установлено отличие синезеленых водорослей от других групп, и на этой основе разработан способ оценки качества воды по пигментному индексу E_{450}/E_{480} [9].

Таким образом, спектрофотометрический анализ пигментов в общем экстракте благодаря простоте и доступности широко используется для изучения продуктивности автотрофных сообществ, в том числе фитопланктона разнотипных водоемов и водотоков [10]. Соотношения концентраций пигментов, получаемые при спектрофотометрическом анализе, служат показателями физиологического состояния, структуры и таксономического разнообразия фитопланктонного сообщества вне зависимости от уровня трофического статуса водного объекта. На основании анализа экстракта исследователь получает данные о доминирующей группе фотосинтетических пигментов и может судить о состоянии водной экосистемы в целом.

Материалы исследования. В основу работы положены результаты исследований, выполненных в 2010–2019 гг. на 10 реках (Западная Двина, Вилия, Дисна, Смердия, Уша, Цна, Голбица, Нача, Нежлевка, Свислочь), 35 озерах Национального парка «Нарочанский», 4 водохранилищах (Чижовское, Заславское, Дрозды, Комсомольское озеро) и прудах 7 рыбоводческих хозяйств («Вилейка», «Селец», «Изобелино», «Новинки», «Навлица», «Грицево», «Свислочь») Беларуси. Всего за время исследования было отобрано 647 проб воды, каждая из которых обработана в трех повторностях. Также в 2016–2018 гг. было обработано 114 проб донных отложений, собранных на разных глубинах озер Нарочь, Мястро и Баторино.

Отбор проб воды проводился с подповерхностного горизонта либо на глубоководных станциях батометром. Отбор образцов донных отложений проводили с использованием керноотборника на глубинах 1,5–16 м. Содержание взвешенного вещества в воде определяли гравиметрическим методом, осаждая взвесь на ядерные фильтры с диаметром пор 1 мкм. Для оценки хлорофилла применяли спектрофотометрический метод в ацетоновых экстрактах [11, 12] с учетом вклада феопигментов. При статистической обработке данных использовали программные пакеты *Microsoft Excel* и *Statistica Trial 13*. Для характеристики структурных показателей сообществ рассчитывали арифметическую среднюю для определенной выборки (n) и стандартное отклонение (SD). Зафиксированные пробы воды для определения таксономичес-

кого состава и биомассы фитопланктона обрабатывали по методике, описанной Т.М. Михеевой.

В результате проведенной работы были проанализированы спектры поглощения в диапазоне длин волн 350–800 нм для разнотипных водных объектов, отобранные в разные периоды вегетационного сезона. При грамотном подходе пигментные индексы могут быть использованы в качестве одного из параметров оценки качества воды для всех типов водоемов и водотоков вне зависимости от уровня их трофии и состояния фитопланктона.

Перспективными для получения информации о состоянии первичных продуцентов в водоемах и водотоках, определены пигментные индексы: E_{450}/E_{480} и E_{430}/E_{412}. Данные индексы были рассчитаны исходя из оптических плотностей ацетонового экстракта пигментов в областях длинно- и коротковолнового максимумов поглощения света хлорофиллом-*a* и коротковолновых максимумов для каротиноидов [11, 13, 14].

При проведении спектрального анализа для каждого приготовленного экстракта были получены первичные данные, которые переносились в созданную на основе собственных наблюдений базу данных. И только после обработки полученных значений был проведен расчет спектральных пигментных индексов.

Индекс E_{450}/E_{480} используется как показатель степени развития отдельных отделов водорослей и цианобактерий. Значения указанного индекса выше 1 (1,14–14,6), согласно литературным данным [15] и собственным исследованиям (1,15–2,0), характерны для дополнительных хлорофиллов и каротиноидов диатомовых и зеленых водорослей, а минимальные значения (около 1,0) для желтых пигментов цианобактерий ввиду отсутствия хлорофиллов-*b* и -*c* и наличия специфических каротиноидов. В литературе [15] отмечается высокий коэффициент корреляции E_{450}/E_{480} с долей цианобактерий в общей биомассе водорослей, что может быть использовано для выявления начальных этапов цветения водоемов. В работе проведен расчет данного индекса и приведены (при наличии биомассы) коэффициенты корреляции с долей цианобактерий, зеленых и диатомовых водорослей в общей биомассе фитопланктона.

Индекс E_{430}/E_{410} был предложен Б. Моссом [16] для анализа проб, содержащих большое количество феопигментов. Однако мы предлагаем использовать скорректированный индекс — E_{430}/E_{412}, поскольку по

результатам анализа массива данных в наших пробах максимум спектра поглощения в синей области приходится не на длину 410 нм, а на 412 нм. Данная ситуация возможно объясняется тем, что Мосс выполнял свои исследования в 1967 г., промеряя спектр с шагом 5–10 нм (в нашей работе — шаг составляет 1 нм), соответственно невозможно точно было определить точный максимум пика каротиноидов [16]. Индекс E_{430}/E_{412} отображает изменения, которые происходят с молекулами хлорофилла при деградации — сдвиг синего максимума спектра поглощения в более коротковолновую область. Соотношение оптических плотностей экстракта E_{430}/E_{412} отражает соотношение хлорофиллов и феопигментов в пробе.

Таким образом, соблюдается прямая связь между относительным содержанием феопигментов в общем форбине (хлорофилл+феопигменты) и величиной индекса E_{430}/E_{410}. Верхнее отношение, соответствующее фотосинтетически активному хлорофиллу-*a,* колеблется для различных популяций фитопланктона в узких границах — от 1,39 до 1,47 при средней 1,44. Если проба представлена чистым хлорофиллом-*a* в 90 % ацетоне, то соотношение индекса — 1,205. Нижнее отношение E_{430}/E_{410} (для подкисленных экстрактов) колеблется в более широких пределах — 0,45–0,8. Оно определяется присутствием каротиноидных пигментов, значительно отличающихся от хлорофилла-*a* удельным погашением света. Соотношение индекса для чистого феофитина-*a* в 90 % ацетоне составляет примерно 0,15 [16].

Результаты исследования. Для того, чтобы проследить, как работают пигментные индексы состояния первичных продуцентов, был проведен общий анализ спектров поглощения пигментов для исследованных водоемов и вотодоков. В целом, анализ изменения пигментного фона является очень ценной характеристикой состояния водной экосистемы и может применяться для мониторинговых наблюдений [17].

Реки. В нашей работе первые пигментные спетры поглощения и расчеты пигментных индексов состояния первичных продуцентов были получены в пробах за осенний период 2012 г. для крупной реки Вилия и малых рек (Смердия, Цна, Уша). Результаты представлены в табл. 1. В 2013 г. пигментные индексы уже были рассчитаны по всему массиву данных за вегетационный сезон по всем исследованным рекам (Вилия, Западная Двина, Дисна, Смердия, Цна, Уша, Голбица, Нежлевка, Нача). Сезонная динамика изменения индексов состояния первичных продуцентов в реках также отражена в табл. 1.

Пигментный индекс E_{450}/E_{480} в осенний период за 2 года исследований был выше 1,6, что может свидетельствовать о доминировании в пробах воды зеленых и диатомовых водорослей. В летний период значение индекса было наименьшее.

И в 2012, и в 2013 г. значения индекса E_{430}/E_{412} изменяются в одинаковом диапазоне (0,9–1,1), несколько снижаясь к осени, что дает основания предположить о преобладании в этот период в пробах фотосинтетически активного хлорофилла над феопигментами.

Согласно полученным данным, значения пигментных индексов состояния первичных продуцентов колебались в небольших пределах вне зависимости от категории реки (большая или малая). В сезонном аспекте значения индекса E_{450}/E_{480} в летний период были наименьшими. Более высокие значения для индекса E_{430}/E_{412} отмечены в весенне-летний период.

Для исследованного массива данных по водотокам определены пределы колебания значений индексов (n=70), составившие соответственно: E_{450}/E_{480} — от 1,03 до 2,20; E_{430}/E_{412} — от 0,86 до 1,24.

Таблица 1. **Пигментные индексы состояния первичных продуцентов в реках северо-запада Беларуси: осень 2012 г, весна-осень 2013 г.**
Table 1. **The pigment indices of the state of primary producers in the rivers of the north-west of Belarus: autumn 2012, spring-autumn 2013**

Индекс	Сезон	Вилия	Западная Двина	Дисна	Малые реки
E_{450}/E_{480}	Осень	1,63±0,29	–	–	1,62±0,30
	Весна	1,59±0,21	1,42±0,40	1,31±0,25	1,92±0,10
	Лето	1,38±0,24	1,28±0,11	1,08±0,01	1,14±0,12
	Осень	—	2,00±0,13	1,81±0,04	1,85±0,07
E_{430}/E_{412}	Осень	1,07±0,02	–	–	1,00±0,08
	Весна	1,03±0,03	1,01±0,04	1,04±0,06	1,08±0,11
	Лето	1,11±0,07	1,01±0,02	0,97±0,01	1,04±0,11
	Осень	–	0,93±0,04	0,91±0,01	0,97±0,04

Река Свислочь и ее водохранилища. Развитие автотрофной компоненты на исследованном отрезке, в русловых участках реки Свислочь и расположенных на ней водохранилищах (прибрежная зона от канала переброски воды из Вилейской водной системы до русловых участков в районе микрорайоны Шабаны), рассматривалось по результатам наблюдений в летний сезон. Осредненные значения пигментных индексов E_{450}/E_{480} и E_{430}/E_{412} по месяцам приведены в табл. 2.

Значения индекса E_{430}/E_{412} соответствует преобладающему содержанию фотосинтетически активного хлорофилла-*a* с невысоким присутствием каротиноидных пигментов — величина индекса в среднем составила 0,9±0,2, что хорошо сопоставимо с данными по удельному содержанию феопигментов в пробах — около 15 %. Пределы колебания данного индекса в период исследования от 0,6 до 1,2.

Таблица 2. **Пигментные индексы состояния первичных продуцентов в речных участках и водохранилищах р. Свислочь, 2016 г.**
Table 2. **The pigment indices of the state of primary producers in river sections and reservoirs of the river. Svisloch, 2016**

Дата отбора	E_{450}/E_{480}	E_{430}/E_{412}
Июнь	1,77±0,16	1,05±0,11
Июль	1,41±0,19	0,75±0,10
Август	1,28±0,16	0,94±0,21

По результатам наблюдений была обнаружена значимая связь пигментного индекса E_{450}/E_{480} со структурными показателями фитопланктона. Коэффициент корреляции между индексом E_{450}/E_{480} и долей синезеленых водорослей в общей биомассе (Вс-з/Вобщ) составил r=-0,81 (n=18).

Для сравнения был проведен анализ по выявлению связи между пигментным индексом E_{450}/E_{480} и долей синезеленых водорослей в общей численности организмов и общей численности клеток. Коэффициент корреляции индекса E_{450}/E_{480} получился меньше по обоим параметрам, сохраняя обратную направленность связи, и составил: с долей синезеленых водорослей в общей численности организмов r=-0,64, клеток — r=-0,65.

Таким образом, мы выявили сильную отрицательную связь индекса E_{450}/E_{480} с долей синезеленых водорослей в общей биомассе и, напротив, положительную корреляцию данного индекса с долей зеленых (Вз/Вобщ) r=0,72 и диатомовых (Вд/Вобщ) r=0,73. Направленности связей свидетельствуют об уменьшении значений индекса E_{450}/E_{480} при возрастании степени доминирования цианопрокариот, повышение величин индекса сигнализирует о значительном вкладе в биомассу фитопланктона диатомовых и зеленых водорослей. Подобная тенденция подтверждается и литературными данными [15]. Пределы колебания данного индекса в период исследования в летний сезон составили 1,1–1,9.

Озера. В летние месяцы 2017–2018 гг. были исследованы 32 озера Национального парка «Нарочанский» [18], где наряду с содержанием

взвешенного вещества и хлорофилла-*a*, проводили анализ спектральных характеристик автотрофной компоненты сестона. Полученные значения анализируемых индексов были сопоставлены с уровнем трофического статуса исследованных озер Национального парка «Нарочанский» (табл. 3).

Таблица 3. **Пигментные индексы состояния первичных продуцентов озер Национального парка «Нарочанский», 2017–2018 гг.**
Table 3. **The pigment indices of the state of primary producers of the lakes of the Narochansky National Park, 2017–2018**

Трофический статус водоема	E_{450}/E_{480}	E_{430}/E_{412}
Олиготрофный	1,41±0,27	1,02±0,29
Мезотрофный	1,48±0,22	1,08±0,09
Эвтрофный	1,46±0,23	1,08±0,15

Для исследованных образцов воды озер Национального парка «Нарочанский» значения индекса E_{450}/E_{480} практически везде были больше 1,2 (1,14–3,00), что может свидетельствовать о преобладании в большинстве проб пигментов зеленых и диатомовых водорослей. Также необходимо отметить, что средние значения индекса E_{450}/E_{480} вне зависимости от трофического статуса водоема составили 1,45 [17, 19, 20].

Значения индекса E_{430}/E_{412}, полученные для озер Национального парка «Нарочанский», колебались от 0,59 до 1,29 (1,07±0,12), свидетельствуя, что в большей части проб преобладал фотосинтетически активный хлорофилл, за исключением нескольких образцов. Выявлена связь между значением индекса E_{430}/E_{412} и долей феопигментов. Коэффициент корреляции r=-0,63 (n=43). Примечательно, что медианная доля феопигментов в пробе соответствует значению индекса равному 1, что можно использовать для экспресс-анализа степени деградации хлорофилла в пробе (если $E_{430}/E_{412}<1$, то доля феопигментов составляет менее 50 %).

В целом, колебания индексов состояния первичных продуцентов для озер различного трофического статуса незначительны, однако разброс значений уменьшается по всем индексам с увеличением трофности, что также свидетельствует о большей репрезентативности индексов в водах с более высоким удельным содержанием пигментов.

Пруды рыбоводческого хозяйства «Вилейка». Пигментные индексы состояния первичных продуцентов в прудах рыбоводческого хозяйства «Вилейка» (n=56) характеризуются симметричным распределением

значений относительно средних, низким значением коэффициента вариации (7–23%) и низким стандартным отклонением (0,1–0,2). Результаты изменения пигментных индексов по месяцам представлены в табл. 4.

Таблица 4. **Пигментные индексы состояния первичных продуцентов прудов рыбоводческого хозяйства «Вилейка», 2014 г и 2015 г.**
Table 4. **The pigment indices of the state of primary producers of ponds of the Vileyka fish farm, 2014 and 2015**

Месяц (объем выборки)	E_{450}/E_{480}	E_{430}/E_{412}
2014 г.		
Май (6)	1,48±0,19	1,13±0,03
Июнь (9)	1,24±0,12	1,19±0,03
Июль (18)	1,44±0,19	1,16±0,08
Август (18)	1,29±0,08	1,16±0,09
Сентябрь (5)	1,47±0,02	1,18±0,03
Общее (56)	1,37±0,17	1,16±0,07
2015 г.		
Апрель (5)	1,86±0,21	0,95±0,04
Май (10)	1,58±0,06	0,92±0,03
Июнь(20)	1,33±0,17	1,10±0,06
Июль (20)	1,30±0,12	1,15±0,06
Август (20)	1,27±0,07	1,24±0,04
Сентябрь (16)	1,22±0,13	1,21±0,05
Общее (91)	1,35±0,20	1,13±0,12

Значения индекса E_{430}/E_{412} соответствуют преобладающему содержанию фотосинтетически активного хлорофилла-*a* с невысоким присутствием каротиноидных пигментов — величина индекса в среднем составила 1,16±0,07, что хорошо сопоставимо с данными по удельному содержанию феопигментов в общем содержании хлорофилла и его производных (в среднем 17 %). Индекс E_{430}/E_{412} демонстрирует сильную отрицательную связь с долей феопигментов в суммарном форбине. Коэффициент корреляции составил -0,93 (n=56). Для экспресс-анализа состояния фитопланктона в прудах также можно считать благоприятными значения <1.

По результатам наблюдений была обнаружена значимая связь пигментного индекса E_{450}/E_{480} со структурными показателями фитопланктона. Коэффициент корреляции между индексом E_{450}/E_{480} и долей синезеленых водорослей в общей биомассе (Вс-з/Вобщ) составил r=-0,81 (n=12).

Таким образом, в прудах рыбхоза «Вилейка» выявлена сильная отрицательная связь индекса E_{450}/E_{480} с долей синезеленых водорослей в общей биомассе и, напротив, положительная корреляция данного индекса с долей зеленых (Вз/Вобщ) r=0,61 и диатомовых (Вд/Вобщ) r=0,44. Подобная тенденция подтверждается и литературными данными [15].

Результаты изменения пигментных индексов контроля чистоты экстрактов и состояния первичных продуцентов прудов рыбоводческого хозяйства «Вилейка» за 2015 г. по месяцам отбора проб представлены в табл. 4.

Значения индекса E_{430}/E_{412} также соответствует преобладающему содержанию фотосинтетически активного хлорофилла-*a* — величина индекса составила 1,13±0,12, что хорошо сопоставимо с данными по удельному содержанию феопигментов. Индекс E_{430}/E_{412} имеет сильную отрицательную связь с долей феопигментов в суммарном форбине. Коэффициент корреляции составил r=-0,81 (n=91).

По результатам наблюдений была обнаружена значимая связь пигментного индекса E_{450}/E_{480} со структурными показателями фитопланктона. Коэффициент корреляции между индексом E_{450}/E_{480} и долей диатомовых водорослей в общей биомассе (Вд/Вобщ) составил r=0,54 (n=19), однако с долей синезеленых водорослей в общей биомассе была выявлена слабая корреляция r=0,32 (n=19).

Диапазон колебаний индекса E_{450}/E_{480} по исследованным водным объектам составил 1,07–1,82, индекса E_{430}/E_{412} — 0,93–1,29.

Пруды и отдельные водоемы, используемые для рыбоводства. Значения пигментного индекса E_{450}/E_{480} колебались от 0,97 до 1,86, в среднем — 1,36±0,24, что свидетельствует о содержании дополнительных хлорофиллов и каротиноидов, присущих диатомовым и зеленым водорослям и отсутствующих у цианопрокариот (для которых значения индекса близки к 1). Коэффициент вариации — 17 %. На отдельных станциях отбора проб было определено содержание биомассы фитопланктона. Проведен корреляционный анализ для индекса E_{450}/E_{480} и структурных характеристик фитопланктона: выявлена сильная отрицательная связь r=-0,81 (n=19) индекса E_{450}/E_{480} с долей синезеленых водорослей в общей биомассе, положительная r=0,77 индекса E_{450}/E_{480} с долей зеленых водорослей в общей биомассе. Сопоставив данные по биомассе и индексу E_{450}/E_{480}, в отдельных исследованных прудах и высокопродуктивных водоемах была выявлена потенциальная опасность для разведения рыбы (особенно в 2014 г.). Благодаря своевременному мониторингу

с использованием пигментных индексов, опасность была ликвидирована, путем применения технологических мероприятий.

Значения пигментного индекса E_{430}/E_{412} колебались от 0,94 до 1,31, составив в среднем 1,10±0,08. Коэффициент вариации также небольшой — 8 %. Индекс E_{430}/E_{412} имеет сильную отрицательную связь с долей феопигментов в суммарном форбине. Коэффициент корреляции составил r=-0,82 (n=45).

Система прудов рыбоводческих хозяйств в водоисточниках (на входе) и в водоприемниках (на сбросе). Пигментные индексы в пробах, собранных на входе и сбросе системы прудов четырех рыбоводческих хозяйств, расположенных на северо-западе Беларуси, были рассчитаны для данных за 2013 г. (табл. 5).

Таблица 5. **Изменения пигментных индексов состояния первичных продуцентов на входе и сбросе в системе прудов рыбоводческих хозяйств, 2013 г.**
Table 5. **The pigment indices of the state of primary producers at the input and output in the system of ponds of fish farms, 2013**

Индексы	Вилейка		Грицево		Навлица		Новинки	
	до	после	до	после	до	после	до	после
E_{450}/E_{480}	1,63	1,10	1,18	1,73	1,81	1,65	1,91	1,80
E_{430}/E_{412}	0,98	1,24	0,98	1,04	0,93	1,03	0,92	0,86

Индекс E_{450}/E_{480} на всех створах был выше 1,1, что может свидетельствовать о доминировании в прудах рыбхозаов зеленых и датомовых водорослей. Причем величины индекса четко различались на входе и сбросе: в рыбхозе «Вилейка» на сбросе значение индекса E_{450}/E_{480} было в 1,5 ниже, чем на входе, а в рыбхозе «Грицево» наоборот — выше на сбросе в 1,5 раза.

Индекс E_{430}/E_{412} на трех рыбхозах (за исключением рыбхоза «Новинки») увеличивался на сбросе по сравнению со входом, причем доля феопигментов изменялось в обратном порядке, что говорит об отрицательной зависимости между этими показателями. Коэффициент корреляции составил r=-0,50.

Донные отложения. Пигментный состав донных отложений озер дает интегральную характеристику состояния водных экосистем в период, предшествующий исследованию. Для озер Нарочь, Мястро и Баторино нами были рассчитаны пигментные индексы состояния первичных продуцентов [21]. В табл. 6 приведены общие показатели по каждому озеру отдельно и суммарно для трех озер.

Таблица 6. **Вариабельность пигментных индексов состояния первичных продуцентов в донных отложениях Нарочанских озер, 2016–2018 гг.**
Table 6. **The variability of pigment indices of the state of primary producers in the bottom sediments of the Naroch lakes, 2016–2018**

Показатель		$E_{450/E480}$	$E_{430/E412}$
Нарочь (42 станции)	Среднее значение± SD	1,61±0,27	0,76±0,09
	Минимум-максимум	1,27–2,41	0,62–1,05
Мястро (13 станций)	Среднее значение± SD	1,31±0,17	0,80±0,05
	Минимум-максимум	0,84–1,49	0,71–0,89
Баторино (8 станций)	Среднее значение± SD	1,49±0,15	0,89±0,05
	Минимум-максимум	1,24–1,65	0,84–0,96
Общее по всем озерам (63 станции)	Среднее значение± SD	1,53±0,27	0,78±0,09
	Минимум-максимум	0,84–2,41	0,62–1,05

Для исследованных образцов донных отложений значение индекса E_{450}/E_{480} практически везде было больше 1,2 (1,27–2,41), что свидетельствуют о доминировании пигментов зеленых и диатомовых водорослей. На двух станциях на оз. Мястро значение индекса было меньше 1,1, что говорит о наличии в этих образцах значительного количества пигментов цианобактерий. В целом, для оз. Мястро средние значения индекса были ниже, что хорошо согласуется с данными литературы о более высоком содержании цианопрокариот в составе фитопланктона этого озера в сравнении с оз. Нарочь [22]. Средние и медианные значения индекса E_{450}/E_{480} оказались очень близкими (1,53 и 1,49 соответственно) в общей выборке для всех озер, такая же тенденция прослеживается и по группам озер. Коэффициент вариации индекса для трех озер был небольшим (от 10 % для оз. Баторино до 17 % в оз. Нарочь).

Значения индекса E_{430}/E_{412}, полученные для донных отложений обследованных озер, колебались от 0,62 до 1,05, следовательно, хлорофилл в пробах находился в основном в деградированном состоянии. Это подтверждается и данными по определению феопигментов в пробах, удельное содержание которых было 80–100 %.

Вертикальное распределение в озере Нарочь. Озеро Нарочь является объектом многолетних наблюдений, именно поэтому изучение спектрального анализа растительных пигментов вертикального распределения было проведено именно тут, на станции многолетних наболюдений. Наличие данных исследований прошлых лет (например, таксономического состава и биомассы фитопланктона) дало нам возможность более детального объяснения полученных результатов.

Значения индекса $E_{450/}E_{480}$ составили 1,29±0,04, что свидетельствует о наличии в экстрактах пигментов донных отложений дополнительных хлорофиллов и каротиноидов диатомовых и зеленых водорослей [15], что подтверждают и данные мониторинга о таксономическом составе фитопланктона [23]. Вариабельность данного индекса составила 1,19–1,45, подтверждая изменения в небольших пределах относительно средней.

Индекс $E_{430/}E_{412}$ составил в среднем по выборке 0,80±0,03, изменяясь от 0,72 до 0,87. Согласно литературным данным [16] значения индекса в пределах 0,45–0,80 определяются присутствием в донных отложениях большого количества каротиноидных пигментов. В свою очередь, анализом пигментных индексов по глубине колонки подтверждается тот факт, что каротиноидные пигменты дольше сохраняются по сравнению с производными хлорофилла.

Связь между индексами состояния первичных продуцентов и глубиной залегания слоя донных отложений слабая и отрицательная, более детально это прослеживается на рис. 1.

Согласно полученному графику до 10 см глубины в донных осадках прослеживается четкая тенденция к снижению индекса $E_{450}/E_{480,}$ далее с увеличением глубины слоя отмечены незначительные колебания. У индекса $E_{430/}E_{412}$, наоборот, до 10 см прослеживается увеличение значений, потом с 11 до 35 см наблюдается тенденция к уменьшению, с 35 см — к увеличению значений индекса.

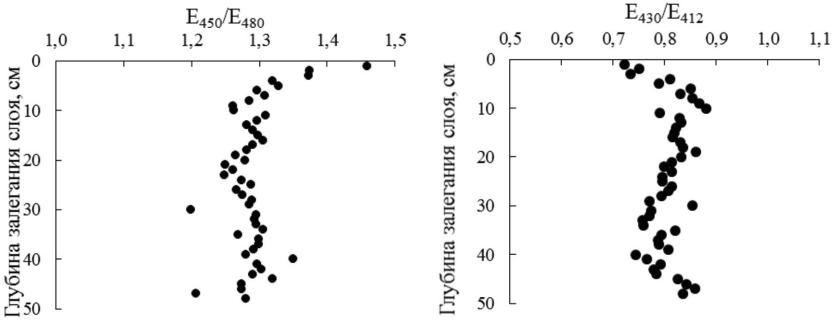


Рис. 1. Распределение значений пигментных индексов в зависимости от глубины залегания слоя донных отложений в пелагиали оз. Нарочь
Fig. 1. The distribution of pigment index values depending on the depth of the layer of bottom sediments in the pelagial of the lake Naroch

Согласно полученным данным, распределения донных отложений в поверхностом 5-см слое донных отложений на разных глубинах оз. Нарочь [24], среднее содержание хлорофилла в донных отложениях в исследованных образцах было примерно таким же, как при изучении вертикального распределения в колонке донных отложений. Осредненные значения пигментных индексов донных отложений схожи при обоих вариантах распределения мест сбора донных осадков в озере. Следовательно, пигментный состав экстрактов донных отложений существенно не изменяется в зависимости от глубины станции сбора пробы и высоты колонки донного грунта [24].

Таким образом, проведен анализ спектров светопоглощения пигментов в аспекте вертикального распределения в колонке донных отложениях. Рассчитаны пигментные индексы (E_{450}/E_{480}, E_{430}/E_{412}), отражающие долговременные тренды в развитии продуцентов в экосистеме, в первую очередь, фитопланктона. Показано, что и содержание фотосинтетических пигментов, и индексы с глубиной изменяются нелинейно. Содержание пигментов в верхнем 5-см слое донных отложений отображают относительно недавний продукционный уровень экосистемы, а также качественные изменения, происходящие с пигментами в верхнем слое донных грунтов, в то время как содержание продуктов распада хлорофилла по глубине колонки донных отложений отражает уровень развития фитопланктона в долгосрочном историческом срезе, в том числе прописывая пик развития фитопланктона, достигавшего максимальных значений в период эвтрофирования в озере в 1970–1980-х гг.

Заключение. Оптические плотности экстрактов первичных продуцентов на разных длинах волн спектра поглощения могут косвенно отражать соотношения концентраций пигментов и служить показателями физиологического состояния, структуры и таксономического разнообразия фитопланктонного сообщества. Это характерно как для проб воды из разнотипных водоемов (озера, водохранилища, пруды) и водотоков (реки), так и для донных отложений.

В качестве общего резюме можно отметить, что значения пигментных индексов, характеризующих состояние первичных продуцентов в водной толще, не зависят от трофического статуса водного объекта (табл. 7). Осредненные значения анализируемых индексов E_{450}/E_{480} и E_{430}/E_{412} для всех исследуемых водных объектов приведены в табл. 7.

Таблица 7. **Значения пигментных индексов состояния первичных продуцентов E_{450}/E_{480} и E_{430}/E_{412} для исследованных массивов данных**
Table 7. **The values of pigment indices of the state of primary producers E_{450}/E_{480} and E_{430}/E_{412} for the studied datasets**

Водный объект	E_{450}/E_{480}	E_{430}/E_{412}
Вилия	1,53±0,23	1,07±0,04
Западная Двина	1,45±0,08	0,98±0,03
Десна	1,40±0,05	0,97±0,03
Малые реки	1,64±0,08	1,02±0,09
Свислочь	1,50±0,27	0,91±0,19
Олиготрофные озера	1,41±0,27	1,02±0,29
Мезотрофные озера	1,48±0,22	1,08±0,09
Эвтрофные озера	1,46±0,23	1,08±0,15
Пруды	1,36±0,20	1,13±0,09
Донные отложения озер, верхний 5-см слой	1,53±0,27	0,78±0,09
Донные отложения оз. Нарочь, 50-см слой	1,29±0,04	0,80±0,03

По результатам анализа массива наших наблюдений была обнаружена значимая связь пигментного индекса E_{450}/E_{480} со структурными показателями фитопланктона. Индекс E_{450}/E_{480} отражает удельный вклад цианопрокариот в общую биомассу фитопланктона на фоне других отделов водорослей (диатомовых и зеленых), и может применяться для экспресс-оценки долевого участия в ней указанных отделов — коэффициент корреляции между индексом E_{450}/E_{480} и долей синезеленых водорослей в общей биомассе (Вс-з/Вобщ) составил r=-0,81 (n=50) (рис. 2 (А)). Напротив, положительная корреляция данного индекса выявлена с долей зеленых (Вз/Вобщ) r=0,62 и диатомовых (Вд/Вобщ) r=0,53. Подобная тенденция подтверждается и литературными данными [9, 15]. Диапазон колебаний данного индекса в исследованных нами образцах воды составил 1,14–3,0.

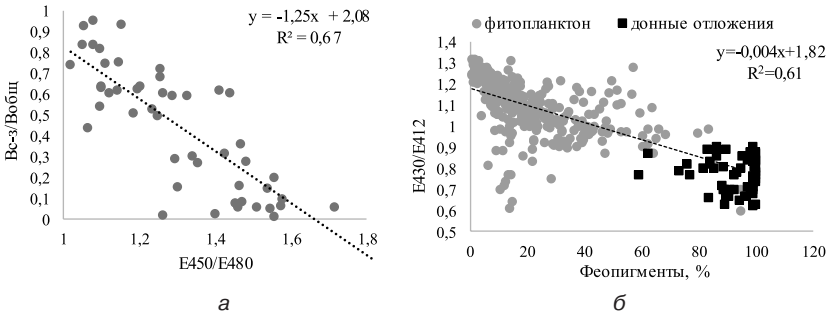
На основании анализа зависимости значений пигментного индекса E_{450}/E_{480} от содержания цианопрокариот в общей биомассе водорослей была составлена соответствующая шкала (табл. 8), для примерной оценки доли цианопрокариот по величине индекса E_{450}/E_{480}.

Высокие значения индекса E_{430}/E_{412} соответствуют преобладающему содержанию фотосинтетически активного хлорофилла-*a* для проб фитопланктона толщи воды, а для донных отложений, наоборот, отмечены низкие значения, указывающие на присутствие продуктов деграда-

ции хлорофилла. Индекс E_{430}/E_{412} имеют сильную отрицательную связь с долей феопигментов в суммарном форбине (рис. 2 (Б)). Коэффициент корреляции составил r=-0,78 (n=380), диапазон колебаний для всего массива данных составил 0,6–1,3.

Таблица 8. **Примерная оценка доли цианопрокариот в общей биомассе фитопланктона в водных объектах по значениям пигментного индекса E_{450}/E_{480}**
Table 8. **The approximate assessment of the proportion of cyanoprokaryotes in the total biomass of phytoplankton in water bodies according to the values of the pigment index E450/E480**

E_{450}/E_{480}	<1,0	1,1–1,19	1,2–1,29	1,3–1,39	1,4–1,49	1,5–1,59	1,6–1,69	1,7–1,79	≥1,8
$B_{с-з}/B_{общ}$	100–70	70–60	60–50	40–50	30–40	20–30	10–20	до 10	~ 0



а *б*

Рис. 2. Связь пигментного индекса E_{450}/E_{480} с долей цианопрокариот в общей биомассе фитопланктона (А) и связь пигментного индекса E_{430}/E_{412} с долей феопигментов в исследованных водных объектах (Б)
Fig. 2. The correlation between the E_{450}/E_{480} pigment index and the proportion of cyanoprokaryotes in the total phytoplankton biomass (A) and the relationship between the E_{430}/E_{412} pigment index and the proportion of pheopigments in the studied water bodies (B)

Таким образом, определены наиболее информативные индексы, которые могут лечь в основу нового метода, что значительно упростит и ускорит диагностику состояния фитопланктона в водных экосистемах. Полученные материалы могут быть применимы как в программах долговременных наблюдений за состоянием водных объектов, так и для целей быстрой диагностики их состояния (например, для оценки в прудовых хозяйствах доли цианобактерий, которые являются продуцентами опасных токсинов и имеют низкую пищевую ценность как пищевой ресурс).

Список использованных источников

1. Limnological analyses / ed.: R.G. Wetzel, G.E. Likens. — 3nd ed. — New York : Springer-Verlag, 2000. — 429 p. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3250-4.
2. Wright, S. W. Pigment markers for phytoplankton production / S.W. Wright, S.W. Jeffrey // Marine organic matter: biomarkers, isotopes and DNA / ed. J.K. Volkman. — Heidelberg, 2006. — Vol. 2. — P. 71–104. https://doi.org/10.1007/698_2_003.
3. Пырина, И.Л. Содержание пигментов фитопланктона как показатель современного состояния Рыбинского водохранилища / И.Л. Пырина, Л.Е. Сигарева // Актуальные проблемы экологии Ярославской области : материалы третьей науч.-практ. конф. / Верхневолж. отд-ние Рос. экол. акад. — Ярославль, 2005. — Вып. 3, т. 1. — С. 270–274.
4. Ляшенко, О.А. Растительные пигменты как показатели биомассы фитопланктона в мелководном эвтрофном озере / О.А. Ляшенко // Проблемы регион. экологии. — 2004. — № 5. — С. 6–14.
5. Хлорофиллы. Спектр поглощения [Электронный ресурс] // Экология : справочник. — Режим доступа: https://ru-ecology.info/term/68178. — Дата доступа: 18.05.2019.
6. The use of sedimentary algal pigments to infer historic algal communities in Lake Apopka, Florida / M. N. Waters [et al.] // J. of Paleolimnology. — 2005. — Vol. 33. — P. 53–71. https://doi.org/10.1007/s10933-004-1691-7
7. Бульон, В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов / В.В. Бульон ; отв. ред. Г.Г. Винберг. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1983. — 150 с. — (Труды Зоологического института / Акад. наук СССР ; т. 98).
8. Pigments in surface sediments of South American shallow lakes as an integrative proxy for primary producers and their drivers / T. Buchaca [et al.] // Freshwater Biology. — 2019. — Vol. 64, № 8. — P. 1437–1452. https://doi.org/10.1111/fwb.13317.
9. Сигарева, Л.Е. Хлорофилл в донных отложениях волжских водоемов / Л.Е. Сигарева. — М. : Т-во науч. изд. КМК, 2012. — 217 с.
10. Минеева, Н.М. Растительные пигменты в воде волжских водохранилищ / Н.М. Минеева. — М. : Наука, 2004. — 156 с.
11. Lorenzen, C.J. Determination of chlorophyll and pheopigments spectrophotometric equations / C. J. Lorenzen // Limnology a. Oceanography. — 1967. — Vol. 12, № 2. — P. 343–346. https://doi.org/10.4319/lo.1967.12.2.0343.
12. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла-а : ГОСТ 17.1.4.02-90. — Введ. 01.01.91. — М. : Изд-во стандартов, 1999. — 10 с.
13. Jeffrey, S. W. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton / S. W. Jeffrey, G. F. Humphrey // Biochemie u. Physiologie der Pflanzen. — 1975. — Vol. 167, № 2. — P. 191–194. https://doi.org/10.1016/S0015-3796(17)30778-3.
14. A red-shifted chlorophyll / M. Chen [et al.] // Science. — 2010. — Vol. 329, № 5997. — P. 1318–1319. https://doi.org/10.1126/science.1191127.
15. Сиделев, С.И. Анализ связей пигментных и структурных характеристик фитопланктона высокоэвтрофного озера / С.И. Сиделев, О.В. Бабаназарова // Журн. Сиб. федер. ун-та. Сер. Биология. — 2008. — Т. 1, № 2. — P. 162–177.

16. Moss, B.A spectrophotometric method for the estimation of percentage degradation of chlorophylls to pheo-pigments in extracts of algae / B. Moss // Limnology a. Oceanography. — 1967. — Vol. 12, № 2. — P. 335–340. https://doi.org/10.4319/lo.1967.12.2.0335.
17. Смольская, О.С. Спектральные пигментные индексы фитопланктона в разнотипных водных объектах Беларуси / О.С. Смольская, А.А. Жукова // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. — 2018. — № 1. — С. 113–123.
18. Экологическая система Нарочанских озер / Белорус. гос. ун-т ; под ред. Г.Г. Винберга. — Минск : Университетское, 1985. — 302 с.
19. Связь спектральных характеристик пигментного состава и структурных показателей фитопланктона р. Свислочь / Т.М. Михеева [и др.] // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. — 2018. — № 4. — С. 42–51.
20. Смольская, О.С. Спектральные характеристики автотрофной компоненты взвешенного вещества в озерах Национального парка «Нарочанский» / О. С. Смольская, А.А. Жукова, Б.В. Адамович // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. — 2019. — Т. 63, № 3. — С. 325–330. https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-3-325-330.
21. Смольская, О.С. Пигментные и физико-химические характеристики донных отложений озер Нарочь и Мястро / О.С. Смольская, А.А. Жукова, А.А. Люля // Журн. Белорус. гос. ун-та. Биология. — 2018. — № 2. — С. 65–77.
22. Многолетние изменения индекса трофического состояния Нарочанских озер и его связь с основными гидроэкологическими параметрами / Б.В. Адамович [и др.] // Вод. ресурсы. — 2016. — Т. 43, № 5. — С. 535–543. https://doi.org/10.7868/S0321059616050023
23. The dynamics of freshwater phytoplankton stability in the Naroch Lakes (Belarus) / T. M. Mikheyeva [et al.] // Ecological Indicators. — 2017. — Vol. 81. — P. 481–490. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.054
24. Смольская, О.С. Вертикальное распределение производных хлорофилла и пигментные индексы в донных отложениях оз. Нарочь / О.С. Смольская, А.А. Жукова // Пойменные и дельтовые биоценозы Голарктики: биологическое многообразие, экология и эволюция : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Астрахань, 13–18 мая 2019 г. / Астрах. гос. ун-т ; ред.: В.Н. Пилипенко, С.Р. Кособокова. — Астрахань, 2019. — С. 152–158.

References

1. Wetzel R.G., Likens G.E. (eds.). *Limnological analyses*. 3nd ed. New York, Springer-Verlag, 2000. 429 p. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3250-4
2. Wright S.W., Jeffrey S.W. Pigment markers for phytoplankton production. *Marine organic matter: biomarkers, isotopes and DNA*. Heidelberg, 2006, vol. 2, pp. 71–104. https://doi.org/10.1007/698_2_003.
3. Pyrina I.L. The content of phytoplankton pigments as an indicator of the current state of the Rybinsk reservoir. *Aktual'nye problemy ekologii Yaroslavskoi oblasti:*

materialy tret'ei nauchno-prakticheskoi konferentsii [Actual problems of ecology of the Yaroslavl region: materials of the third scientific-practical conference]. Yaroslavl, 2005, iss. 3, vol. 1, pp. 270–274 (in Russian).
4. Lyashenko O.A. Plant pigments as indicators of phytoplankton biomass in a shallow eutrophic lake. *Problemy regional'noi ekologii = Regional Environmental Issues,* 2004, no. 5, pp. 6–14 (in Russian).
5. Chlorophyll: absorption spectrum. *Ecology: reference book*. Available at: https://ru-ecology.info/term/68178 (accessed 18.05.2022) (in Russian).
6. Waters M.N., Schelske C.L., Kenney W.F., Chapman A.D. The use of sedimentary algal pigments to infer historic algal communities in Lake Apopka, Florida. *Journal of Paleolimnology,* 2005, vol. 33, pp. 53–71. https://doi.org/10.1007/s10933-004-1691-7.
7. Bul'on V.V. *Primary production of plankton of inland water bodies. Proceedings of the Zoological Institute Academy of Sciences of the USSR. Vol. 98.* Leningrad, Nauka Publ., 1983. 150 p. (in Russian).
8. Buchaca T., Kosten S., Lacerot G., Mazzeo N., Kruk C., Huszar V.L., Lotter A. F., Jeppesen E. Pigments in surface sediments of South American shallow lakes as an integrative proxy for primary producers and their drivers. *Freshwater Biology*, 2019, vol. 64, no. 8, pp. 1437–1452. https://doi.org/10.1111/fwb.13317.
9. Sigareva L.E. *Chlorophyll in bottom sediments of the Volga reservoirs*. Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 2012. 217 p. (Russian).
10. Mineeva N.M. *Plant pigments in the water of the Volga reservoirs.* Moscow, Nauka Publ., 2004. 156 p. (Russian).
11. Lorenzen C.J. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography,* 1967, vol. 12, no. 2, pp. 343–346. https://doi.org/10.4319/lo.1967.12.2.0343.
12. State Standatd 17.1.04.02-90. *Water. The method of spectrophotometric determination of chlorophyll-a.* Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1999. 10 p. (in Russian).
13. Jeffrey S.W., Humphrey G.F. New spectrophotometric equations for determing chlorophylls *a, b*, and *c* in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, 1975, vol. 167, no. 2, pp. 191–194. https://doi.org/10.1016/S0015-3796(17)30778-3.
14. Chen M., Schliep M., Willows R.D., Cai Z.-L., Neilan B.A., Scheer H. A red-shifted chlorophyll. *Science, 2*010, vol. 329, no. 5997, pp. 1318–1319. https://doi.org/10.1126/science.1191127.
15. Sidelev S.I., Babanazarova O.V. The link analysis of the pigmentary and structural characteristics of the high-eutrophic lake phytoplankton. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya = Journal of Siberian Federal University. Biology*, 2008, vol. 1, no. 2, pp. 162–177 (in Russian).
16. Moss B.A spectrophotometric method for the estimation of percentage degradation of chlorophylls to pheo-pigments in extracts of algae. *Limnology and Oceanography,* 1967, vol. 12, no. 2, pp. 335–340. https://doi.org/10.4319/lo.1967.12.2.0335.
17. Smolskaya V.S., Zhukova A.A. *S*pectral pigment indices of phytoplankton in different water objects of Belarus. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya = Journal of the Belarusian State University. Ecology*, 2018, no. 1, pp. 113–123 (in Russian).

18. Vinberg G.G. (ed.). *Ecological system of the Naroch lakes.* Minsk, Universitetskoe Publ., 1985. 302 p. (in Russian).
19. Mikheeva T.M., Smolskaya V.S., Savich I.V., Zhukava H.A. Coupling of spectral characteristics of pigmental composition and structural indicators of phytoplankton in Svisloch river. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya = Journal of the Belarusian State University. Ecology,* 2018, no. 4, pp. 42–51 (in Russian).
20. Smolskaya O.S., Zhukova A.A., Adamovich B.V. Spectral characteristics of the autotrophic component of suspended matter in the lakes of the national park "Narochansky". *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus,* 2019, vol. 63, no. 3, pp. 325–330 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-3-325-330.
21. Smolskaya O.S., Zhukova A.A., Lyulya A.S. Analysis of pigment, physical and chemical characteristics of bottom sediments in lakes Naroch and Myastro. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya = Journal of the Belarusian State University. Biology,* 2018, no. 2, pp. 65–77 (in Russian).
22. Adamovich B.V., Zhukova T.V., Mikheeva T.M., Kovalevskaya R.Z., Lukyanova E.V. Long-term variations of the trophic state index in the narochanskie lakes and its relation with the major hydroecological parameters. *Water Resources*, 2016, vol. 43, no. 5, pp. 809–817. https://doi.org/10.1134/s009780781605002x.
23. Mikheyeva T.M., Parparov A., Adamovich B.V., Gal G., Lukyanova E.V. The dynamics of freshwater phytoplankton stability in the Naroch lakes (Belarus). *Ecological Indicators,* 2017, vol. 81, pp. 481–490. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.054
24. Smolskaya O.S., Zhukova A.A. Vertical distribution of chlorophyll derivatives and pigment indices in the bottom sediments of the lake Naroch. *Poimennye i del'tovye biotsenozy Golarktiki: biologicheskoe mnogoobrazie, ekologiya i evolyutsiya: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Astrakhan', 13–18 maya 2019 g.* [Floodplain and delta biocenoses of the Holarctic: biological diversity, ecology and evolution: proceedings of the international scientific and practical conference, Astrakhan, May 13–18, 2019]. Astrakhan, 2019, pp. 152–158 (in Russian).

Сведения об авторах

Ольга Сергеевна Смольская — кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры зоологии биологического факультета, Белорусский государственный университет (пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sylimova_1991@mail.ru

Information about the authors

Volha S. Smolskaya — Ph.D. (Biology), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Zoology, Faculty of Biology, Belarusian State University (4, Nezavisimosti Av., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sylimova_1991@mail.ru

УДК 574.583

Поступила в редакцию 06.06.2023
Received 06.06.2023

В.В. Вежновец, М.Д. журавлев

ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», Минск, Республика Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ ДВУХ РЕЛИКТОВЫХ ВИДОВ КОПЕПОД В ОЗЕРАХ БЕЛАРУСИ

Аннотация. Установлены дневного вертикальное распределение двух реликтовых видов копепод в озерах Беларуси — лимнокалануса *Limnocalanus macrurus* (Sars, 1863) и эуритеморы озерной — *Eurytemora lacustris* (Poppe, 1887). Показано, что летом эти виды обитают в гиполимнионе и относятся к холодолюбивой фауне, но распределение их имеет видовые особенности. *E. lacustris* имеет два пика плотности из-за разновозрастной структуры и располагается относительно дна выше, чем *L. macrurus,* который характеризуется одним придонным ростом численности.

Ключевые слова: зоопланктон, копепода, холодолюбивые виды, вертикальное распределение

Mikhail D. Zhurauliou, Vasiliy V. Veznavets

SRPA "Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources", Minsk, Republic of Belarus

COMPARATIVE VERTICAL STRUCTURE OF POPULATIONS OF TWO RELICT COPEPOD SPECIES IN LAKES OF BELARUS

Abstract. The paper presents results of studies daily vertical distribution of two relict copepod species in the lakes of Belarus — *Limnocalanus macrurus* (Sars, 1863) and *Eurytemora lacustris* (Poppe, 1887). These species live in the hypolimnion in summer and belong to the cold-loving fauna, but their distribution has specific features. *E. lacustris* has two density peaks due to its structure of different ages and is located higher relative to the bottom than *L. macrurus*, which is characterized by a single bottom population growth.

Keywords: zooplankton, copepods, cold-loving species, vertical distribution

Введение. Вертикальная структура является одной из важных характеристик популяции. Распределение в пространстве имеет видовые особенности и зависит от влияния на вертикального распределения основных абиотических факторов прозрачности, температуры и кислорода. По приуроченности к определенным условиям среды обитания можно уточнить границы толерантности вида и дать его характеристику по отношению к конкретным экологическим факторам.

В фауне Беларуси есть два реликтовых вида копепод лимнокалянус *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863 и эуритемора озерная *Eurytemora lacustris* (Poppe, 1887), занесенные в Красную книгу Беларуси (2015) [1]. Популяции этих видов ограничены в распространении, так эуритемора обитает только в двух озерах Волчин и Вечелье, а устойчивые воспроизводимые популяции лимнокалянуса в 4-х озерах: Южный Волос, Ричи, Сита, Долгое. Оба вида играют значительную роль в питании редких видов рыб корюшки и ряпушки. Число озер населяемых лимнокалянусом сокращается, за прошедшие 50 лет число озер, где он обитал сократилось вдвое.

Одним из факторов, повлекших сокращения количества озер, населяемых реликтами, мог быть и климатический через потепление и ускорение процессов продуцирования.

Материалы и методы. В работе использованы материалы по распределению копепод для 6 мезотрофных озер. Основные морфометрические данные приведены в табл. 1 [2]. Все водоемы димиктические, в летнее время термически стратифицированы.

Пробы зоопланктона собраны во время летней межени на станциях с максимальной глубиной замыкающейся планктонной сетью с диаметром входного отверстия 25 см и диаметром пор фильтрующего конуса около 100 мкм, от поверхности до дна через пять метров глубины.

Таблица 1. **Основные морфометрические характеристики исследованных озер (Блакитная книга)**
Table 1. **Main morphometric characteristics of the investigated lakes (Blakitnaya kniga)**

№ п/п	Озеро	Длина, км	Ширина, км	Площадь, км^2	Глубина макс., м
1	Вечелье	3,68	0,48	1,36	35,9
2	Волчин	1,80	0,45	0,53	32,9
3	Ю. Волос	2,50	0,70	1,21	40,4
4	Долгое	6,00	0,70	2,6	53,7
5	Ричи	6,27	3,73	12,83	51,9
6	Сита	3,80	0,79	1,88	28,5

Измерения температуры и содержания кислорода проведены термомооксиметром HANNA HI 76407/20 (Германия) с помощью глубоководного датчика, прозрачности — белым диском Секки. Камеральную обработку проводили под бинокулярным микроскопом в камере Богорова с уточнением морфологических особенностей с помощью микроскопа Leica MD 1000 (Германия). Для таксономической идентификации животных использовали (Вежновец, 2005) [3].

Для количественной характеристики размещения проводили расчет средней глубины погружения «ядра популяции» в определенное время суток:

$$H = \frac{\sum(h \times n)}{\sum n}$$

где H — средняя глубина погружения; h — средняя глубина слоя облова; n — численность особей в этом слое.

Полученный формализованный показатель представляет собой среднюю геометрическую.

Результаты и обсуждение. Распределение температуры в толще воды у исследованных озер отличались слабо (рис. 1). Температура у поверхности составила от 21,8 до 24,9 °С, изменения придонной 4,4–5,8 °С. Во всех озерах в летнее время наблюдается четкое разделение толщи воды на эпилимнион, мета- и гиполимнион, которое сохраняется на протяжении многих лет наблюдений.

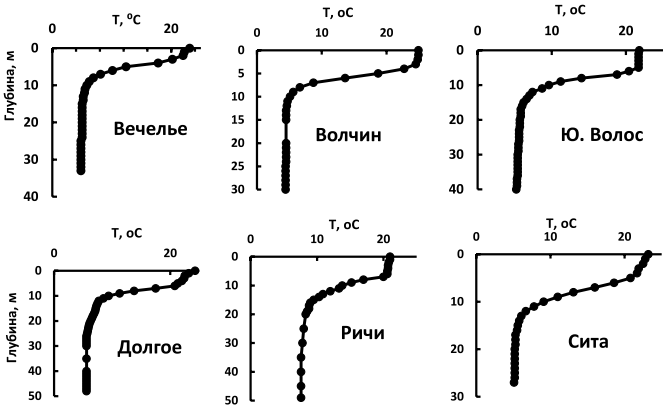


Рис. 1. Изменение температуры (T, °C) с глубиной в исследованных озерах
Fig. 1. Temperature change (T, °C) with depth in the studied lakes

По изменению содержания кислорода в воде с глубиной, несмотря на одинаковый трофический статус озер, наблюдались значительные различия (рис. 2). В поверхностных слоях воды и эпилимнионе всех озер наблюдалось полное насыщение воды кислородом. В металимнионе некоторых озер (Волчин, Ю. Волос, Сита), идет рост концентрации кислорода, который сменяется снижением ко дну. В озере Вечелье наблюдался металимниальный минимум. Чаще такое уменьшение концентрации наблюдается в более трофных озерах и обусловлено потреблением кислорода на окислительные процессы в нижележащих слоях воды [4]. Более сложная идет ход концентрации кислорода в самых глубоких озерах — Долгое и Ричи, в металимнионе наблюдается и небольшой рост, и такое же мало выраженное падение. В озере Сита металимниальный рост незначительный. В гиполимнионе наблюдаются понижение концентрации с образованием оксиклина разной выраженности. В некоторых из озер (Волчин, Сита) наблюдается резкий дефицит кислорода или даже полное его отсутствие, в остальных условия для обитания глубоководной фауны по этому фактору благоприятные.

Вертикальное распределение эуритеморы и лимнокалянуса показывает их отсутствие в прогреваемых соях воды эпилимниона, что подтверждает их холодолюбивость (рис. 3). Характер расположения в пространстве у этих видов разный, кроме того, еще изменяется в зависимости от водоема. На рисунке представлено вертикальное распределение всех возрастных групп обоих видов, однако необходимо указать, что эуритемора в это время представлена разными возрастными группами от науплиусов до взрослых животных (Вежновец, Литвинова, 2021) [5]. Известно, что младшие возрастные стадии копепод располагаются в более мелководных слоях воды. Все особи лимнокалянуса были на последней шестой стадии развития.

В озере Вечелье озерная эуритемора имеет два пика плотности на глубине 5–10 м и в придонных слоях воды. Верхний пик плотности образован науплиальными стадиями развития, которые в это время составляли 82,1 % численности этого вида. По средней глубине обитания эуритемора в оз. Вечелье располагается на глубине 11,9 м, для науплиальных стадий развития — это глубина равна 9,6 м, для копеподитных — 18,9 и взрослых 27,7 м. Учитывая доминирование науплиальных стадий в общей численности, они играли главную роль в характере распределения этого вида в данном водоеме.

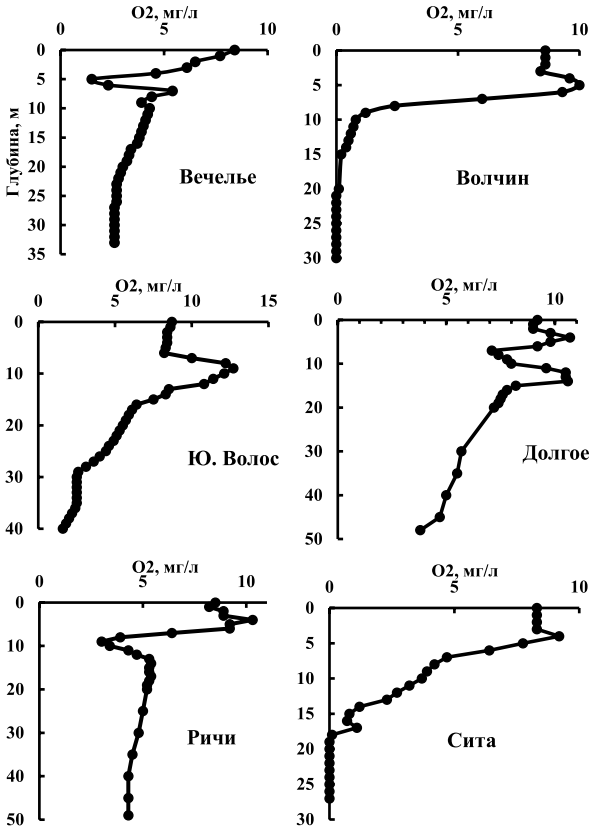


Рис. 2. Изменение концентрации кислорода (O_2, мг/л) с глубиной в исследованных озерах
Fig. 2. Change of oxygen concentration (O_2, mg/L) with depth in the studied lakes

В более мелком озере Волчин также наблюдалось два пика плотности, обусловленные разными возрастами. Рассчитанная средняя глубина была 18.9 м, больше, чем в оз. Вечелье из-за преобладания (89,9 %) в составе старших копеподитных стадий развития и взрослых особей. Для взрослых эта величина составила 19,3 м, копеподитов — 17,9 и науплиусов — 13,9 м.

В целом распределение эуритеморы характеризуется двумя максимумами плотности, которые определяются науплиальными стадиями развития и копеподитами.

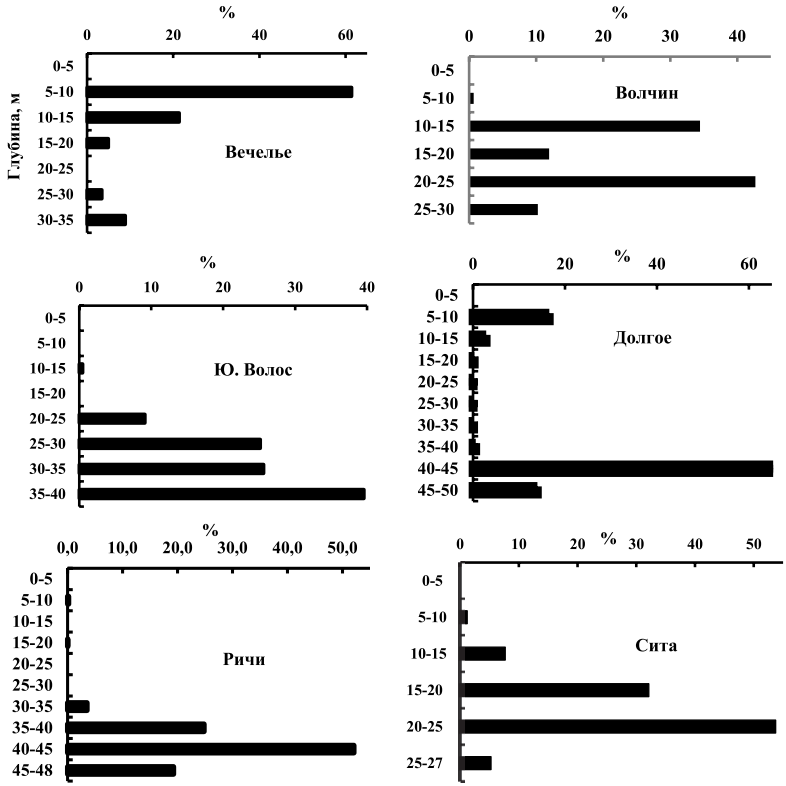


Рис. 3. Распределение численности (%) в столбе воды эуритеморы и лимнокалануса
Fig. 3. Distribution of abundance (%) in the water column of Eurythemora and Limnocalyanus

Для лимнокалануса в трех озерах наблюдался только придонный максимум плотности (Волос, Ричи, Сита), при этом у самого дна максимальные значения плотности только в оз. Ю, Волос. В озере Долгое часть животных держится слоев воды, относящихся к металимниону. Учитывая, что это взрослые особи, такое распределение в этом озере непонятно и требует дальнейших исследований. Средние значения глубины нахождения в исследованных озерах, следующие: Ю. Волос — 32,2 м, Долгое — 41,3, Ричи — 41,6, Сита — 20,1 метра. Такие средние величины летнего дневного нахождения «ядра популяции» прежде всего связаны с глубиной водоема, чем глубже озеро, тем они больше. Од-

нако они могут определяться и содержанием кислорода в гиполимнионе. Ранее нами на примере оз. Сита, что при дефиците или отсутствии кислорода лимнокалянус в дневное время перемещается вверх и концентрируется в слоях воды металимниона, но избегает прогретого эпилимниона (Вежновец, 2018) [6].

Таким образом, оба исследованных вида копепод по вертикальному положению в толще воды термически стратифицированных озер относятся к холодолюбивой фауне и избегают прогретых вод эпилимниона. Учитывая изменения климата, потепление и ускорение процессов эвтрофирования эти виды в первую очередь будут подвергаться их отрицательному воздействию черед интенсификацию процессов продуцирования и последующего снижения концентрации кислорода в гиполимнионе, где они обитают.

Список использованных источников

1. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: И.М. Качановский [и др.]. — 4-е изд. — Минск : Беларус. Энцыкл., 2015. — 320 с.
2. Блакітная кніга Беларусі: (водныя аб'екты Беларусі) : энцыклапедыя / рэдкал.: Н. А. Дзісько [і інш.]. — Мінск : Беларус. Энцыкл., 1994. — 415 с.
3. Вежновец, В.В. Ракообразные (Cladocera, Copepoda) в водных экосистемах Беларуси: каталог. Определительные таблицы / В.В. Вежновец. — Минск : Белорус. наука, 2005. — 150 с.
4. Naziri Saeed, M. Metalimnetic oxygen minimum in Green Lake, Wisconsin : Ph.D. Thesis / M. Naziri Saeed ; Michigan Technological Univ. — Michigan, 2020. – 84 p. https://doi.org/10.37099/mtu.dc.etdr/1154.
5. Вежновец, В.В. Биология представителей рода Eurytemora (Copepoda, Calanoida) в водоемах Беларуси / В.В. Вежновец, А.Г. Литвинова. — Минск : Беларус. навука, 2021. — 200 с.
6. Вежновец, В.В. Изменение состояния популяции *Limnocalanus macrurus* Sars (Copepoda, Calanoida) под влиянием высокой летней температуры / В.В. Вежновец // Гидробиол. журн. — 2018. — Т. 54, № 1 (319). — С. 27–39.

Reference

1. Red Book of the Republic of Belarus. Animals: rare and endangered species of wild animals. 4nd ed. Minsk, Belaruskaya Entsyklapedyya Publ., 2015. 320 p. (in Russian).
2. Blue book of Belarus: (water bodies of Belarus): encyclopedia. Minsk, Belaruskaya Entsyklapedyya Publ., 1994. 415 p. (in Belarusian).

3. Vezhnovets V.V. Crustaceans (Cladocera, Copepoda) in aquatic ecosystems of Belarus: catalog. Identification tables. Minsk, Belorusskaya nauka Publ., 2005. 150 p. (in Russian).
4. Naziri Saeed M. Metalimnetic oxygen minimum in Green Lake, Wisconsin. Ph. D. Thesis. Michigan, 2020. 84 p. https://doi.org/10.37099/mtu.dc.etdr/1154
5. Vezhnovets V.V., Litvinova A.G. Species of the genus Eurytemora in aquatic ecosystems of Belarus. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2021. 200 p. (in Russian).
6. Vezhnovets V.V. Changes in Limnocalanus macrurus Sars (Copepoda, Calanoida) population state under effect of high summer temperature. Gidrobiologicheskii zhurnal = Hydrobiological Journal, 2018, vol. 54, no. 1 (319), pp. 27–39 (in Russian).

Сведения об авторах

Журавлёв Михаил Дмитриевич — магистрант, младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии научно-практического центра по биоресурсам, Национальная академия наук Беларуси (ул. Академическая 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: mishatelefon13@gmail.com

Вежновец Василий Васильевич — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, доцент, лаборатория гидробиологии, Научно-практический центр по биоресурсам, Национальная академия наук Беларуси (ул. Академическая 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: vezhn47@mail.ru

Information about the authors

Mikhail D. Zhurauliou — Master's student, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mishatelefon13@gmail.com

Vasiliy V. Veznavets — Ph.D. (Biology), Lead research scientist, Associate Professor, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vezhn47@mail.ru

УДК 574.583

Поступила в редакцию 06.06.2023
Received 06.06.2023

М.Д. Журавлёв

ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», Минск, Республика Беларусь

ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА ДОЛГОЕ (БЕЛАРУСЬ) И ЕГО ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

Аннотация. Изучены видовой состав, численность и особенности вертикального распределения пелагического зоопланктона в озере Долгое, установлены вертикальные профили всего планктона, основных групп и отдельных видов. Показана приуроченность максимальных значений плотности животных к поверхностным хорошо прогреваемым и аэрируемым слоям воды эпилимниона. Зоны металимниона и гиполимниона характеризуется пониженными величинами общей численности. Максимум у ракообразных располагается в приповерхностных слоям воды, коловраток — в металимнионе. Большинство популяций имеют видовые особенности вертикального распределения и приурочены к определенным слоям воды, это позволяет уточнить их биотопическую приуроченность, границы толерантности и жизнедеятельности.

Ключевые слова: зоопланктон, вертикальное распределение, коловратки, копепода, кладоцера

Mikhail D. Zhurauliou

SRPA "Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources", Minsk, Republic of Belarus

ZOOPLANKTON OF LAKE DOLGOYE (BELARUS) AND ITS VERTICAL DISTRIBUTION

Abstract. The paper presents results of studies species composition, abundance and vertical distribution of pelagic zooplankton in the Dolgoye Lake. Maximum animal densities pointed out in the surface well-heated and aerated layers of epilimnion. Metalimnion and hypolimnion zones characterized by lower values of total abundance. There are different in maximum of crustaceans and rotifers abundance. Most populations have species-specific features of vertical distribution and prefer the certain layers of water.

Keywords: zooplankton, vertical distribution, rotifers, copepoda, cladocera

Введение. Неравномерность распределения зоопланктона с глубиной известна давно. В стратифицированных озерах вертикальная структура находится в зависимости от абиотических факторов среды, таких как прозрачность, температура и содержание кислорода. В зависимости от их сочетания они могут выступать в качестве лимитирующих. Трофический фактор также влияет на распределение, естественно, что по возможности животные планктона будут предпочитать зоны богатые пищевыми ресурсами. Наиболее изучено распределение морского планктона как кормового объекта пелагических рыб.

Несмотря на то, что исследований для таких водоемов много, в них ограничиваются только констатацией фактов неравномерности без анализа особенностей вертикальной структуры от формирующихся в водоемах факторов среды обитания. Важность таких работ прежде всего обусловлена необходимостью учета фактов неравномерности и концентрации животных в тех или иных горизонтах воды в продукционных расчетах и построениях. При мониторинговых исследованиях и оценке экологического состояния в озерных экосистемах также игнорируется вертикальная структура, что приводит к значительным погрешностям. Пространственное распределение видов в вертикальном столбе воды и может служить одной из характеристик популяции, размеров предпочитаемой зоны жизнедеятельности или выживания с определёнными факторами среды. Вертикальные границы обитания особенно важны для стенотермных холодолюбивых видов, которые занесены в Красную книгу Беларуси, для определения их устойчивости к изменению условий обитания при идущих процессах потепления, изменения климата, а также при загрязнении или росте трофности.

Цель работы — установить дневную вертикальную структуру пелагического зоопланктона в оз. Долгое.

Материал и методика исследований. Озеро обследовано 26 июля 2022 г., начиная с 15-ти часов на станции с глубиной 48 м. Во время проведения работ погода была переменно облачной, ветер — восточный, слабый, волнение — 1 балл.

Сборы зоопланктона произведены фракционно через 5 м на станции с максимальной глубиной количественной замыкающейся планктонной сетью Джеди с диаметром входного отверстия 25 см и ячеей фильтрующего конуса 62 мкм. Отобранные пробы сгущали до 250 $см^3$ с двукратным ополаскиванием планктонной сети. Консервировали 4 % раствором формалина [1, 2].

Измерения температуры и содержания кислорода проведены термооксиметром HANNA HI 76407/20 (Германия) с помощью глубоководного датчика, прозрачности — белым диском Секки.

Лабораторную обработку проводили под бинокулярным микроскопом МБС 9 в камере Богорова с уточнением морфологических особенностей с помощью микроскопа Leica MD 1000 (Германия). Для таксономической идентификации животных использовали определительные таблицы (Кутикова, 1970 [3]; Вежновец, 2005 [4]; Алексеева).

Данные по численности представлены как количество организмов в единице объема (экз./м^3). Величина средней глубины расположения (D) рассчитывалась как среднее геометрическое по формуле:

$$D = \Sigma(N_i \cdot d_i + N_n \cdot d_n)/\Sigma N_{i\text{-}n},$$

где N — численность на определенной глубине; d — глубина лова.

Озеро Долгое находится в Глубокском районе Витебской области. Относится к бассейну реки Шоши. Площадь озера составляет 2,6 км^2, длина — 6 км, наибольшая ширина — 0,7 км, максимальная глубина — 53,7 м.

Высшей водной растительностью занято около 5 % площади озера. Полоса макрофитов узкая, шириной, не превышающей 25 м, идет вдоль всей береговой линии. Полупогруженные макрофиты представлены, в основном, тростником и камышом, погруженные — преимущественно роголистником и рдестом [6].

В составе фауны есть охраняемые реликтовые виды — планктонный лимнокалянус и бентосный бокоплав Палласа. Озеро входит в сеть особо охраняемых природных территорий и является гидрологическим заказником республиканского значения.

Результаты исследований и их обсуждение. *Температура и содержание кислорода*. Прозрачность по белому диску Секки составила 4,8 м.

Вертикальное изменение температуры было классическим для такого типа озер (рис. 1) с четким разделением на эпилимнион, металимнион и гиполимнион. В приповерхностных слоях воды температура достигала 24,0 °С. Металимнион начинался на 4-х метрах глубины и заканчивался на 10-ти. Температура в гиполимнионе и придонных слоях воды составляла 5,4–5,7 °С.

Характер изменения кривой распределения кислорода достаточно сложный, снижение в зоне металимниона свидетельствует о происхо-

дящих в толще воды процессах разложения органического вещества, продуцируемого в приповерхностных слоях воды, которое в процессе осаждения и окисления снижает содержание кислорода в металимнионе (рис. 2). В начале гиполимниона концентрация восстанавливается до максимальных значений и затем идет постепенное снижение концентрации ко дну до величины в придонном слое 3,8 мг/л, что почти в два раза выше ПДК для рыбного населения (2,0 мг/л). Металимниальный минимум характерен для озер, наличие этого промежуточного минимума часто встречалось нами в мезотрофных и эвтрофных озерах Беларуси [7]. Также его отмечали и другие исследователи (Boyd, 1972) [8].

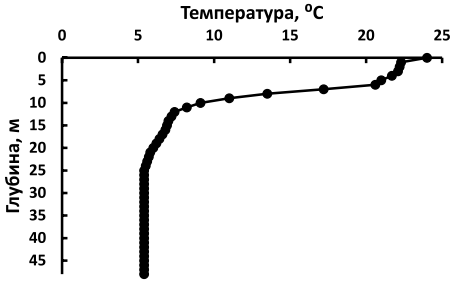


Рис. 1. Изменение температуры с глубиной в оз. Долгое
Fig. 1. Changes in temperature with depth in Dolgoe Lake

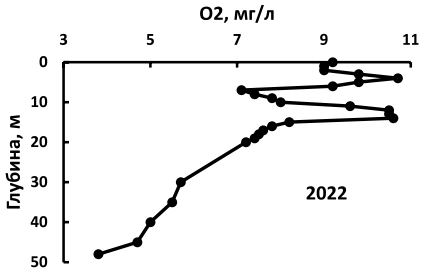


Рис. 2. Вертикальное изменение содержания (O_2, мг/л) кислорода в оз. Долгое
Fig. 2. Vertical changes in the concentration (O2, mg/L) of oxygen in Dolgoye Lake

Видовой состав. В составе зоопланктона найдено 30 видов, из которых 12 коловраток, 8 веслоногих и 10 ветвистоусых рачков. В составе коловраток были обычные, часто встречающиеся виды: *Kellicottia longispina longispina* (Kellicott, 1879), *Conochilus unicornis* (Rousselet, 1892), *Keratella cochlearis robusta* (Lauterborn, 1900). Веслоногие ракообразные были пред-

ставлены обычными видами, такими как *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888) и *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863). Необходимо отметить, что реликтовый вид *Limnocalanus macrurus* (Sars, 1863) также присутствовал в большинстве проб. Встреченные ветвистоусые ракообразные *Daphnia cucullata* Sars, 1862 *Daphnia cristata* (Sars, 1862), *Diaphanosoma brachiurum* (Lievin, 1848) и *Bosmina coregoni coregoni (*Baird, 1857) также характерные виды для пелагического планктона. В целом видовой состав пелагического планктона соответствовал мезотрофным озерам такого типа.

Численность. Общая численность для столба воды была невысокой и составила 8218 экз./м^3.

Доля в общей численности Rotifera составила 17,2 %, Copepoda — 42,6 % и Cladocera — 40,2 %, таким образом более 80 % в пелагическом планктоне составили ракообразные. Доминирующие виды: *Daphnia cristata (10,7 %), Eudiaptomus graciloides* (10,6 %), *Diaphanosoma brachiurum* (9 %), *Kellicottia longispina* (7,6 %). Малочисленными были: *Polyarthra luminosa* (Kutikova, 1962) *(0,03 %), Cyclops lacustris* (Sars, 1863) *(0,005 %), Bythotrephes longimanus* (Leydig, 1860) *(0,01 %), Heterocope appendiculata (Sars, 1863) (0,01 %).*

Вертикальное распределение общей численности зоопланктона и основных групп. В озере Долгое максимум численности достигает 51 % в зоне эпилимниона (рис. 3). Минимальными значениями характеризуется зона гиполимниона. Минимум 1,9 % на глубине 20–25 м. Придонный рост численности небольшой (3,45 %) и представлен в основном глубоководным рачком *Limnocalanus macrurus.* Разница между максимальными и минимальными значениями составила 49 %. Средняя глубина расположения для всего зоопланктона составляет 13,2 м.

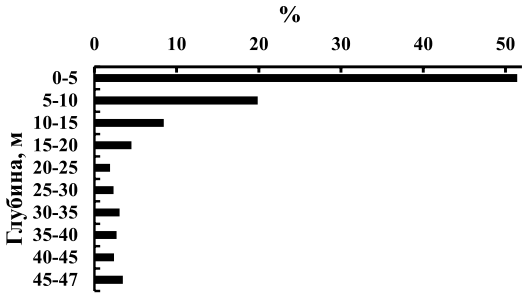


Рис. 3. Распределение общей численности (%) зоопланктона в озере Долгое
Fig. 3. General population distribution (%) of zooplankton in Dolgoye Lake

Распределение коловраток имеет максимум (28,5 %) плотности в горизонте 10–15 м. После этого пика идет постепенный спад плотности ко дну до 0,53 % численности в столбе воды с некоторым возрастанием на глубине 35–40 м. Минимальные значения относительной численности наблюдались в придонных слоях 0,53 %.

Разница между максимумом и минимумом составила 28 %. Величина средней глубины размещения для коловраток равна 15,9 м.

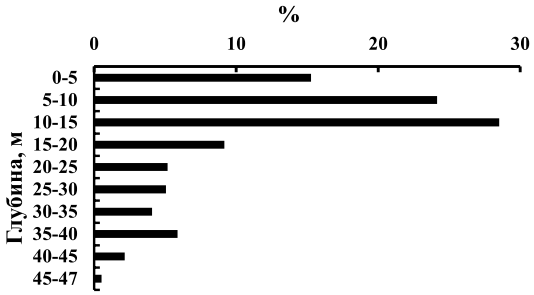


Рис. 4. Распределение численности (%) коловраток в озере Долгое
Fig. 4. Population distribution (%) of Rotifera in Dolgoye Lake

Распределение копепод немного отличается от коловраток, хорошо выраженный максимум (64 %) располагается в эпилимнионе (рис. 5). После этого пика идет постепенный спад плотности до глубины 30–35 м (1%) с последующим небольшим увеличением ко дну из-за лимнокалянуса.

Разница максимальных и минимальных значений 63 %. Средняя глубина расположения копепод 12,0 м.

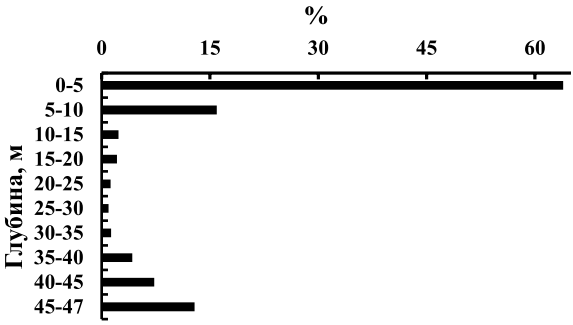


Рис. 5. Распределение численности (%) веслоногих рачков в озере Долгое
Fig. 5. Population vertical distribution (%) of Copepoda in Dolgoye Lake

Распределение кладоцер схоже с копеподами, но без придонного увеличения плотности. Максимальные плотность в эпилимнионе 53 %, минимальная в слое 40–45 м (1,1 %). Для гиполимниона в этом озере характерно нахождение на аномальной для некоторых форм босмин глубине. Средняя глубина расположения для ветвистоусых рачков составила 10,3 м.

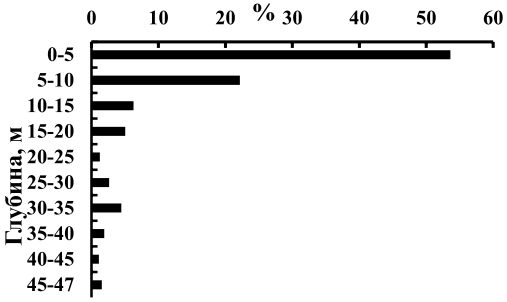


Рис. 6. Вертикальное распределение численности (%) ветвистоусых рачков в озере Долгое
Fig. 6. Population vertical distribution (%) of Cladocera in Dolgoye Lake

В целом, в наблюдаемом году распределение характеризовалось высокими величинами концентрации животных в верхнем 5-ти метровом слое.

Вертикальное распределение отдельных видовых популяций разнообразное и зависит от таких факторов как температура и содержание кислорода. Предварительно анализируя малочисленные популяции и рассеяно встречающихся по всем горизонтам животных, есть вероятность получения значительных ошибок, за счет случайного нахождения немногочисленных особей на несвойственных им глубинах. Так же это могут быть умершие особи, которые опустились на глубину. Значительный вклад в степень агрегированности могут вносить также колониальные формы некоторых коловраток, например, таких как *Conochilus unicornis* (Rousselet, 1892), которые могут образовывать скопления на разных не всегда характерных для них глубинах. Поэтому, вертикальная структура приводятся нами только для массовых видов, имеющих достаточно высокую численность в планктоне.

Ранее была выявлена приуроченность лимнокалянуса к глубоким слоям воды [9]. Его относят к холодолюбивым стенотермам, поэтому

летом основная плотность располагается в придонных слоях при низкой температуре и высоких концентрациях кислорода. Приведенные данные по распределению близки к уже имеющимся, что подтверждает его холодолюбивость (Вежновец, 2022). Однако, по средним значениям 2022 г. численность лимнокалянуса насчитывает только 320 экз/м^3, что меньше, чем в предыдущие годы наблюдений почти в два раза (Вежновец, 2022) [10].

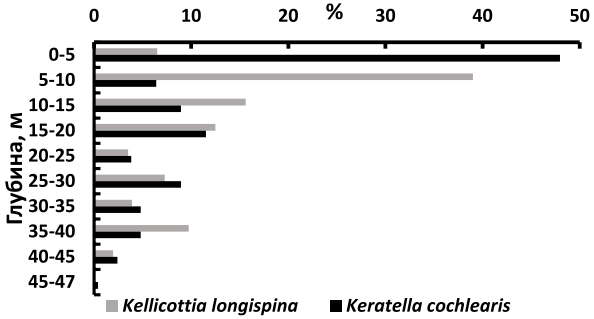


Рис. 7. Вертикальное распределение численности (%) массовых видов коловраток в озере Долгое
Fig. 7. Mass species population vertical distribution (%) of Rotifera in Dolgoye Lake

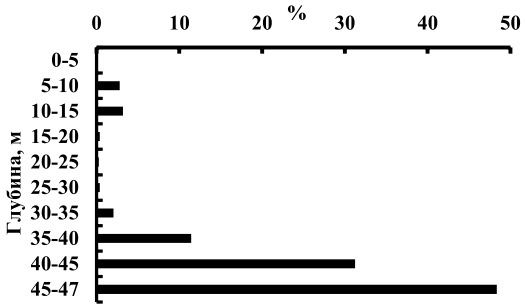


Рис. 8. Вертикальное распределение численности (%) *Limnocalanus macrurus* в озере Долгое
Fig. 8. Population vertical distribution (%) of *Limnocalanus macrurus* in Dolgoye Lake

Ветвистоусые ракообразные в основном населяют зону эпилимниона, но некоторые виды могут располагаться глубже. Примером эпилимниальной фауны могут быть *Daphnia cucullata* (Sars, 1862), *Daphnia cristata*, и *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848). Для встре-

чающейся в этом озере *Bosmina coregoni* (Baird, 1857) сложно установить приуроченность, т.к. часть животных находится в эпилимнионе, а другая — в гиполимнионе, что требует дополнительных исследований (рис. 9).

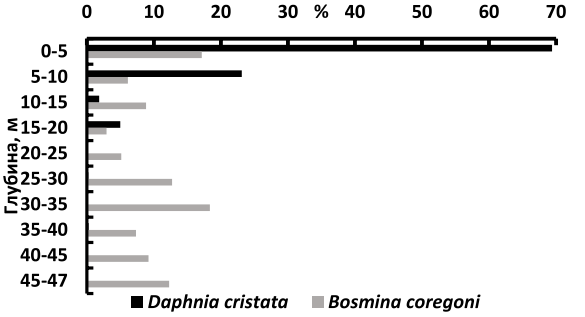


Рис. 9. Вертикальное распределение численности некоторых представителей Cladocera в озере Долгое
Fig. 9. Some species population vertical distribution (%) of *Cladocera in Dolgoye Lake*

Таким образом, в общем распределении зоопланктона наблюдается приуроченность к верхнему 5-ти метровому слою воды, совпадающему с глубиной прозрачности. При этом ракообразные концентрировались в верхних слоях воды эпилимниона, коловратки ниже в металимнионе. Наибольшая величина концентрации (до 64 %) наблюдалась у веслоногих ракообразных в слое 0–5 м. Большинство животных планктона относится к теплолюбивым формам.

Заключение. Зоопланктон озера Долгое имеет достаточно богатый таксономический состав, зарегистрировано 30 видов и форм. Концентрация кислорода в гиполимнионе благоприятна для жизнедеятельности глубоководных пелагических и донных животных. Из редких и охраняемых видов встречается реликтовый вид *Limnocalanus macrurus*. По количественным характеристикам развития зоопланктона озеро относится к мезотрофным водоемам. Вертикальная структура во время исследования отличалась от многолетних данных высокой степенью концентрации животных в эпилимнионе. Основные группы — коловратки, веслоногие и ветвистоусые ракообразные имели отличающиеся профили вертикального распределения: все ракообразные концентрировались в эпилимнионе, коловратки — в металимнионе и начале гиполимниона. Большинство популяций придерживается верхних про-

греваемых слоев воды, к глубоководной фауне можно отнести лимнокалянуса и некоторые формы босмин.

Благодарности. Работа выполнена при частичной поддержке грантов БРФФИ договоры Б21АРМ-006 и Б23МС-001.

Список использованных источников

1. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / Гос. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва, Акад. наук СССР, Зоол. ин-т ; [сост.: А.А. Салазкин и др.]. — Л. : ГосНИОРХ, 1984. — 51 с.
2. Вежновец, В.В. Методические особенности сбора зоопланктона в стратифицированных озерах / В.В. Вежновец // Актуальные проблемы планктонологии : II междунар. конф., Светлогорск, 14–18 сент. 2015 г. : тез. докл. / Гидробиол. о-во при Рос. акад. наук, Атлант. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва и океанографии, Калинингр. гос. техн. ун-т ; под ред. Е.Н. Науменко. — Калининград, 2015. — С. 11–12.
3. Кутикова, Л.А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Подкласс Eurotatoria (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida) / Л.А. Кутикова ; гл. ред. Б.Е. Быховский. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1970. — 744 с. — (Определители по фауне СССР / Зоол. ин-т Акад. наук СССР ; вып. 104).
4. Вежновец, В.В. Ракообразные (Cladocera, Copepoda) в водных экосистемах Беларуси: каталог. Определительные таблицы / В.В. Вежновец. — Минск : Белорус. наука, 2005. — 150 с.
5. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России : в 2 т. / Рос. акад. наук, Зооол. ин-т ; под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. — СПб. : Зоол. ин-т РАН ; М. : Т-во науч. изд. КМК, 2010. — Т. 1 : Зоопланктон / ред. В.Р. Алексеев. — 495 с.
6. Блакітная кніга Беларусі: (водныя аб'екты Беларусі) : энцыклапедыя / рэдкал.: Н. А. Дзісько [і інш.]. — Мінск : Беларус. Энцыкл., 1994. — 415 с.
7. Вежновец, В.В. Вертикальная структура зоопланктона в стратифицированных озерах Беларуси с разной степенью трофии / В.В. Вежновец, М.Д. Журавлев // Биология внутр. вод. — 2022. — №6. — С. 725–733. https://doi.org/10.31857/S0320965222060195.
8. Boyd, J.D. Metalimnetic oxygen minima in Lake Ontario, 1972 / J. D. Boyd // J. of Great Lakes Research. — 1980. — Vol. 6, №2. — P. 95–100. https://doi.org/10.1016/S0380-1330(80)72087-7.
9. Вежновец, В.В. Биология реликтового рачка Limnocalanus grimaldii var. macrurus (sars) и его продукционно-энергетическая характеристика : автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.В. Вежновец ; Акад. наук БССР, Ин-т зоологии. — Минск, 1984. — 24 с.
10. Вежновец, В.В. Современное состояние популяций реликтовой копеподы *Limnocalanus macrurus* G.O.SARS, 1863 в озерах Беларуси / В.В. Вежновец // Актуальные проблемы изучения ракообразных : науч.-практ. конф., пос.

Борок Яросл. обл., 23–25 мая 2022 г. : тез. докл. / Рос. акад. наук, Ин-т биологии внутр. вод, Ин-т проблем экологии и эволюции ; под общ. ред. А.А. Котова. — Севастополь, 2022. — С. 14.

11. Вежновец, В.В. Особенности вертикального распределения зоопланктона в димиктических озерах / В.В. Вежновец // Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод : материалы лекций и докл. Междунар. шк.-конф., Борок, 5–9 нояб. 2012 г. / Рос. акад. наук, Ин-т биологии внутр. вод ; редкол.: Н.М. Коровчинский, С.М. Жданова, А.В. Крылов. — Кострома, 2012. — С. 153–155.

Reference

1. Salazkin A.A. (comp.) [et al.]. Guidelines for the collection and processing of materials for hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Zoobenthos and its products. Leningrad, State Research Institute of Lake and River Fisheries, 1984. 51 p. (in Russian).
2. Vezhnovets V.V. Methodological features of zooplankton collection in stratified lakes. Aktual'nye problemy planktonologii: II mezhdunarodnaya konferentsiya, Svetlogorsk, 14–18 sentyabrya 2015 g.: tezisy dokladov [Actual problems of planktonology: II international conference, Svetlogorsk, September 14–18, 2015: abstracts]. Kaliningrad, 2015, pp. 11–12 (in Russian).
3. Kutikova L.A. The rotifers of the fauna of the USSR. Leningrad, Nauka Publ., 1970. 744 p. (in Russian).
4. Vezhnovets V.V. Crustaceans (Cladocera, Copepoda) in aquatic ecosystems of Belarus: catalog. Identification tables. Minsk, Belorusskaya nauka Publ., 2005. 150 p. (in Russian).
5. Alekseev V.R. (ed.). Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 1. Zooplankton. St. Petersburg, Zoological Institute RAS; Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 2010. 495 p. (in Russian).
6. Blue book of Belarus: (water bodies of Belarus): encyclopedia. Minsk, Belaruskaya Entsyklapedyya Publ., 1994. 415 p. (in Belarusian).
7. Vezhnavets V.V., Zhurauliou M.D. Vertical structure of zooplankton in stratified lakes of Belarus with varying degrees of trophy. Biologiya vnutrennihh vod = Inland Water Biology, 2022, no. 6, pp. 725–733 (in Russian). https://doi.org/10.31857/S0320965222060195.
8. Boyd J.D. Metalimnetic oxygen minima in Lake Ontario, 1972. Journal of Great Lakes Research, 1980, vol. 6, no. 2, pp. 95–100. https://doi.org/10.1016/S0380-1330(80)72087-7.
9. Vezhnovets V.V. Biology of the relict crustacean Limnocalanus grimaldii var. macrurus and its productive and energetic characteristics. Abstract of Ph.D. diss. Minsk, 1984. 24 p. (in Russian).
10. Vezhnovets V.V. Current state of populations of the relict copepod Limnocalanus macrurus G.O.SARS, 1863 in lakes of Belarus. Aktual'nye problemy izucheniya rakoobraznykh: nauchno-prakticheskaya konferentsiya, pos. Borok Yaroslavl'skoi

oblasti, 23–25 maya 2022 g.: tezisy dokladov [Actual problems of studying crustaceans: scientific and practical conference, pos. Borok, Yaroslavl region, May 23–25, 2022: abstracts]. Sevastopol, 2022, p. 14 (in Russian).

11. Vezhnovets V.V. Specific features of vertical distribution of zooplankton in dimictic lakes. Aktual'nye problemy izucheniya rakoobraznykh kontinental'nykh vod: materialy lektsii i dokladov Mezhdunarodnoi shkoly-konferentsii, Borok, 5–9 noyabrya 2012 g. [Actual problems of studying crustaceans of continental waters: collection of lectures and reports proceedings of the international school-conference, Borok, November 5–9, 2012]. Kostroma, 2012, pp. 153–155 (in Russian).

Сведения об авторах

Журавлёв Михаил Дмитриевич — магистрант, младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии научно-практического центра по биоресурсам, Национальная академия наук Беларуси (ул. Академическая 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: mishatelefon13@gmail.com

Information about the authors

Mikhail D. Zhurauliou — Master's student, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mishatelefon13@gmail.com

УДК 591.524.11

Поступила в редакцию 26.05.2023
Received 26.05.2023

И.И. Лапука

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», Минск, Республика Беларусь

ЗООБЕНТОЦЕНОЗЫ ЭВТРОФНОГО ОЗЕРА КРУГЛИК

Аннотация. Впервые установлены зообентоценозы эвтрофного оз. Круглик. Было выделено 4 ценоза, располагающихся на различных глубинах. Наибольшее ценотическое разнообразие наблюдалось в зонах литорали и сублиторали. Низкое разнообразие профундальной зоны было обусловлено отсутствием растворенного кислорода.

Ключевые слова: зообентос, зообентоценоз, районирование, глубина, ценоз

Ilya I. Lapuka

State research and production association « Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresources», Minsk, Republic of Belarus

ZOOBENTOCENOSES OF THE EUTROPHIC LAKE KRUGLIK

Abstract. At the first time, zoobenthocenoses of the eutrophic Kruglik lake were established. Four cenoses were identified, located at different depths. The greatest coenotic diversity observed in the littoral and sublittoral zones. The low diversity of the profundal zone was due to the absence of dissolved oxygen.

Keywords: zoobenthos, zoobenthocenosis, zoning, depth, cenosis

Введение. Основной задачей комплекса дисциплин, занимающихся всесторонним изучением водоемов, является создание теории функционирования водных экосистем, позволяющей прогнозировать их состояние и управлять ими [1]. При планировке, обустройстве и комплексном использовании водоемов, согласно взглядам ряда, ученых [2–4] особо перспективным является осуществление как акваториального, так и донного районирования. Выделение зообентоценозов в озе-

рах давно не производится, из-за трудоемкости процесса, хотя это может помочь в рыбохозяйственной деятельности.

В работе предпринята попытка выделить основные зообентоценозы эвтрофного озера Круглик, развивающихся на разных глубинах, где складываются различные экологические условия.

Материалы и методы. Круглик — озеро в Шумилинском районе Витебской области. Площадь поверхности озера составляет 0,4 км^2, длина — 1,43 км, наибольшая ширина — 0,51 км. Объём воды — 3,58 млн м^3. Максимальная глубина озера составляет 31,5 м, средняя — 9 м. Площадь водосбора — 11,2 км^2. Мелководье узкое. На глубинах более 5 метров дно покрыто илом [5]. Водоем до 2015 г. использовался для технических нужд Шумилинского льнозавода, находившегося на западном берегу озера.

Исследование зообентоса озера Круглик проводили 27 июля 2020 г. Пробы отбирали на 7-ми станциях разной глубины (0,5; 1,9; 4; 7; 12; 17 и 27,7 м). Прозрачность воды составила 1,8 м, что характеризует его как эвтрофный водоем. Выбор станций осуществлялся в зависимости от распределения различных экологических факторов и соответствовал зонам: прибрежью, глубине прозрачности и двойной прозрачности, началу и концу термоклина, нескольким глубинам с отсутствующим кислородом и максимальной глубине.

В основу определения структуры ценозов была положена методика В. А. Бродской и Л. А. Зенкевича (1939) [6]. При этом рассчитывались среднепопуляционные величины плотности и биомассы, которые определялись как средние из всех взятых за период исследований проб, где встречался данный вид (Пидгайко, 1968) [7], и обозначались соответственно n (экз/м^2) и b (г/м^2). Для каждого вида определялась также частота встречаемости p, выражающая процент проб, в которых отмечен вид, от общего количества проб, взятых на данной станции. Структура ценоза определялась при помощи индекса плотности bp, где b — среднепопуляционная биомасса данного вида, p — частота его встречаемости. Что бы не оперировать с большими числами, величина индекса плотности уменьшалась путем извлечения из нее корня квадратного. При этом индекс приобретал вид $\sqrt{bp}$.

Результаты и их обсуждение. Всего было определено 26 таксона от вида и выше. Наибольшим представительством было отмечен отряд Diptera — 14 таксономических единиц, что составило 53,8 % от общего числа. Остальные представители донной фауны были представлены значительно меньше: пьявки — 3 (11,5 %); моллюски, поденки, олигохеты — по 2

(7,7 %); стрекозы, ракообразные, бабочки — по 1 таксону (3,8 %) [8]. В оз. Круглик на 7 исследованных глубинах, было определенно 4 ценоза.

В ценозе глубины 0,5 м, было определено 7 таксонов. Из-за низких значений индекса плотности здесь было невозможно выделить главный таксон ценоза (табл. 1).

Таблица 1. **Состав ценоза на глубине 0,5 м**
Table 1. **The composition of the cenosis at a depth of 0.5 m**

№ п/п	Вид	*n*	*b*	*p*	$\sqrt{bp}$
1	*Oligochaeta gen. spp.*	4	0,015	100%	0,12
2	*Asellus aquaticus* (Linnaeus, 1758)	6	0,013	100%	0,11
3	*Cataclysta lemnata* (Linnaeus, 1758)	2	0,010	100%	0,10
4	*Cryptochironomus obreptans* (Walker, 1856)	2	0,003	100%	0,05
5	*Endochironomus donatoris* (Shilova, 1974)	2	0,003	100%	0,05
6	*Cloeon dipterum* (Linnaeus, 1761)	2	0,001	100%	0,04
7	*Cladotanytarsus mancus* (Walker, 1856)	2	0,002	100%	0,04

Те же проблемы с выделением доминирующего таксона возникли и по биомассе, она полностью совпадает, по распределению с индексом плотности. Все таксоны можно отнести к временным. В общей биомассе наибольшей долей обладал тип Annelida (рис. 1).

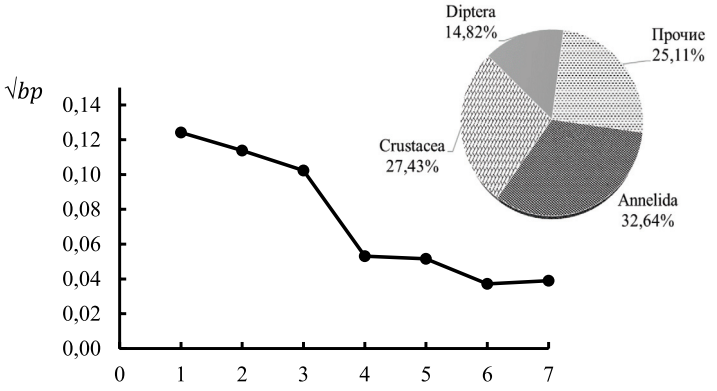


Рис. 1. Структура ценоза глубины 0,5 м в оз. Круглик (Здесь и на других аналогичных рисунках номер по оси абсцисс соответствует номерам в таблицах)
Fig. 1. The structure of the cenosis depth of 0.5 m in the Kruglik lake.
(Here and other similar figures, the number on the abscissa axis corresponds to the numbers in the tables)

Ценоз является олигомикстным, представленный фито-псамофильными таксонами, без доминирования какого-либо вида.

На глубине 1,9 м определен ценоз *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) + *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758). Здесь было определенно 14 таксонов от вида и выше (табл. 2)

Таблица 2. **Состав ценоза глубины 1,9 м**
Table 2. **The composition of the cenosis of the depth of 1.9 m**

№ п/п	Вид	*n*	*b*	*p*	$\sqrt{bp}$
1	*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)	1792,59	3524,65	100%	59,37
2	*Unio pictorum* (Linnaeus, 1758)	14,81	557,26	100%	23,61
3	*Glyptotendipes glaucus* (Meigen 1818)	162,96	0,98	100%	0,99
4	*Somatochlora flavomaculata* Vander Linden, 1825	14,81	2,26	33%	0,87
5	*Erpobdella octoculata* (Linnaeus, 1758)	14,81	1,72	33%	0,76
6	*Chironomus f.l. plumosus* (Meigen, 1830)	59,26	0,35	67%	0,49
7	*Dicrotendipes nervosus* (Staeger, 1839)	88,89	0,27	67%	0,42
8	*Microtendipes pedellus* (De Geer, 1776)	59,26	0,14	67%	0,31
9	*Glossiphonia complanata* (Linnaeus, 1758)	29,63	0,10	33%	0,18
10	*Cladotanytarsus mancu*s (Walker, 1856)	29,63	0,06	33%	0,14
11	*Oligochaeta gen. spp.*	118,52	0,06	33%	0,14
12	*Caenis horaria* Linnaeus, 1758	14,81	0,05	33%	0,13
13	*Helobdella stagnalis* (Linnaeus, 1758)	14,81	0,05	33%	0,13
14	*Asellus aquaticus* (Linnaeus, 1758)	14,81	0,02	33%	0,08

Доминирующими таксонами по индексу плотности и биомассе были *D. polymorpha*, *U. pictorum*, их доля в общей биомассе составляла 86,2 % и 13,6 %, соответственно. Остальные таксоны являются временными, для данного ценоза. Наибольшей биомассой обладал тип Mollusca (рис. 2).

Ценоз является полимикстным, представленный фито-пеллофильными организмами, с высокой степенью доминирования *D. polymorpha*. Данная глубина характеризовалась развитием подводной растительности, что и позволило развиваться здесь такому количеству дрейссены.

В ценозе глубины 4 м (*D. polymorpha*) определено 4 таксона от вида и выше. Наибольшим индексом плотности и отмечена дрейссена, ее доля в общей биомассе составляла 98,64% (табл. 3).

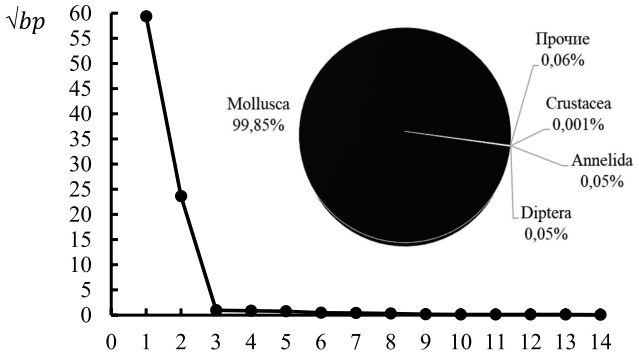


Рис. 2. Структура ценоза глубины 1,9 м в оз. Круглик
Fig. 2. The structure of the cenosis depth of 1.9 m in the Kruglik lake

Таблица 3. **Состав ценоза глубины 4 м**
Table 3. **The composition of the cenosis depth of 4 m**

№ п/п	Вид	*n*	*b*	*p*	$\sqrt{bp}$
1	*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)	14,81	5,09	33%	1,30
2	*Tanytarsus gregarius* (Kieffer, 1909)	88,89	0,05	67%	0,18
3	*Diamesa* sp.	14,81	0,02	33%	0,07
4	*Endochironomus sp.*	14,81	0,01	33%	0,04

Доминирующей группой по биомассе, были представители типа Mollusca (рис. 3).

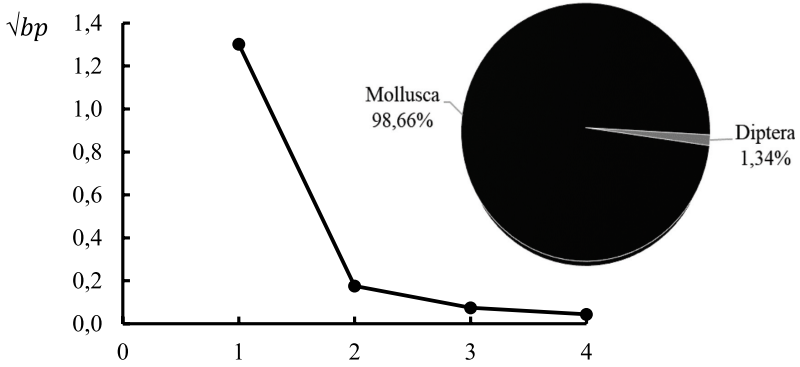


Рис. 3. Структура ценоза глубины 4 м в оз. Круглик
Fig. 3. The structure of the cenosis depth of 4 m in the Kruglik lake.

На глубине 4-х метров ценоз является олигомикстным, представленный пеллофильными таксонами. Наличие 1 крупного экземпляра дрейссены является, скорее всего, случайным, т.к. на данной глубине уже отсутствовал кислород. Остальными представителями ценоза являлись единичные экземпляры хирономид.

В ценозе глубины 7 м (*Chaoborus crystallinus* (De Geer, 1776) + *Chironomus f.l. plumosus* (Meigen, 1830)) было определено два вида зообентоса. Индекс плотности распределился между ними примерно в равных значениях (табл. 4). Доля биомассы *C. crystallinus* и *C. f.l. plumosus* имели 55,8 % и 44,2 %, соответственно.

Таблица 4. **Состав ценоза глубины 7м**
Table 4. **The composition of the cenosis depth 7 m**

№ п/п	Вид	*n*	*b*	*p*	$\sqrt{bp}$
1	*Chaoborus crystallinus* (De Geer, 1776)	548,15	2,56	100%	1,60
2	*Chironomus f.l. plumosus* (Meigen, 1830)	103,70	2,03	100%	1,42

Начиная с глубины 12 м и до 27,7 наблюдается один ценоз — *C. crystallinus*, и доля биомассы данного вида колебалась от 64,3 до 100%, в общей биомассе зообентоса (табл. 5).

Таблица 5. **Состав ценозов глубин 12, 17, 27,7 м**
Table 5. **Composition of cenoses at depths of 12, 17, 27.7 m**

№ п/п	Вид	*n*	*b*	*p*	$\sqrt{bp}$
12 метров					
1	*Chaoborus crystallinus* (De Geer, 1776)	548,15	3,10	100%	1,76
2	*Oligochaeta gen. spp.*	44,44	0,04	33%	0,11
17 метров					
1	*Chaoborus crystallinus* (De Geer, 1776)	414,81	2,20	100%	1,48
2	*Chironomus gr. plumosus* (Meigen, 1830)	14,81	0,10	33%	0,18
27,7 метров					
1	*Chaoborus crystallinus* (De Geer, 1776)	44,44	0,46	33%	0,39

Как видно из табл. 5, с увеличением глубины происходит снижение всех количественных показателей. Этот ценоз на всех глубинах является олигомикстным, с доминированием одного таксона. Такая пластичность хаоборид связана с их адаптивными способностями переносить отсутствие кислорода [9, 10, 11].

Исходя из полученных результатов видно, что в прибрежной части озера невозможно выделить таксоны, которые были бы ядром зооценоза. Можно предположить, что это связано с тем, что организмам зообентоса здесь, в прибойной части, где была станция отбора проб, подвержены влиянию нагонных явлений, беспокойству из-за движения вод и могут частично перемещаться с водой. На остальных глубинах, где присутствовал кислород, зообентоценозы являются моллюсковыми, с преобладанием количественных показателей у дрейссены. На глубинах, где кислород отсутствовал, был установлен только один ценоз хаоборидного типа.

Выводы. Таким образом, в оз. Круглик происходит упрощение таксономического состава ценозов с увеличением глубины и отсутствием кислорода. Из-за недостатка кислорода единственными обитателями таких ценозов являются представители отр. Diptera, а доля биомассы может достигать 100%.

Благодарности. Работа выполнена в рамках договора БРФФИ №Б23М-052.

Список использованных источников

1. Баканов, А.И. Обзор существующих подходов к районированию водохранилищ / А.И. Баканов // Труды / Акад. наук СССР, Ин-т биологии внутр. вод. — Вып. 62 (65) : Экологическое районирование пресноводных водоемов. — Рыбинск, 1990. — С. 3–16.
2. Авакян, А.Б. Проблемы создания и комплексного использования водохранилищ в СССР / А.Б. Авакян // Вод. ресурсы. — 1972. — № 1. — С. 119–137.
3. Авакян, А.Б. Акваториальное районирование, планировка и обустройство водохранилищ / А.Б. Авакян, В.П. Салтанкин // Водохранилища мира / А.Б. Авакян [и др.] ; отв. ред.: Г.В. Воропаев, С.Л. Вендров. — М., 1979. — С. 237–247.
4. Авакян, А.Б. Повышение эффективности использования водохранилищ путем их районирования, планировки и обустройства / А.Б. Авакян, В.П. Салтанкин // Вод. ресурсы. — 1979. — № 5. — С. 13–22.
5. Круглік, возера у Шумілінскім раене // Блакітная кніга Беларусі: (водныя аб'екты Беларусі) : энцыклапедыя / рэдкал.: Н.А. Дзісько [і інш.]. — Мінск, 1994. — С. 206.
6. Броцкая, В.А. Количественный учет донной фауны Баренцова моря / В.А. Броцкая, Л.А. Зенкевич // Труды / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т мор. рыб. хоз-ва и океанографии. — М., 1939. — Т. 4 : 50 рейсов экспедиционного судна «Персей». — С. 5–126.

7. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов северо-запада СССР / М.Л. Пидгайко [и др.] // Известия / Гос. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва. — Л., 1968. — Т. 67 : Улучшение и увеличение кормовой базы для рыб во внутренних водоемах СССР. — С. 205–228.
8. Лапука, И.И. Распределение зообентоса озера Круглик в зависимости от температуры и концентрации кислорода / И.И. Лапука // Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст. / Гродн. гос. ун-т, Гродн. обл. ком. природ. ресурсов и охраны окружающей среды ; редкол.: А Е. Каревский, Г.Г. Юхневич, И.М. Колесник. — Гродно, 2021. — С. 37–39.
9. Реакция двух дистрофных озер на известкование и удобрение / А. Гильбрихт-Ильковска [и др.] // Гидробиол. журн. — 1977. — Т. 13, № 6. — С. 39–45.
10. Баянов, Н.Г. Бентос озер Пинежского заповедника / Н. Г. Баянов, Е. А. Фролова // Роль охоронюваних природних територій у збереженні біорізноманіття : матеріали конф., присвяч. 75-річчю Канів. природ. заповідника, м. Канів, 8–10 верес. 1998 р. / Київ. нац. ун-т, Канів. природ. заповідник ; ред.: М. Г. Чорний [та ін.]. — Канів, 1998. — С. 151–153.
11. A comparison of results from previous and present investigations of benthic macroinvertebrates in the small and shallow Lake Shoji, Fuji Five Lakes, Japan / K. Hirabayashi [et al.] // Fauna Norvegica. — 2012. — Vol. 31. — P. 47–54. https://doi.org/10.5324/fn.v31i0.1365.

Reference

1. Bakanov A.I. Overview of existing approaches to reservoir zoning. *Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod Akademii nauk SSSR. Vyp. 62 (65). Ekologicheskoe raionirovanie presnovodnykh vodoemov* [Proceedings of the Institute of Internal Water Biology of the Academy of Sciences of the USSR. Iss. 62 (65). Ecological zoning of freshwater reservoirs]. Rybinsk, 1990, pp. 3–16 (in Russian).
2. Avakyan A.B. Problems of constriction and combined utilization of water reservoirs in the USSR. *Vodnye resursy = Water Resources*, 1972, no. 1, pp. 119–137 (in Russian).
3. Avakyan A.B., Saltankin V.P. Water area zoning, planning and arrangement of reservoirs. *Vodokhranilishcha mira* [Reservoirs of the world]. Moscow, 1979, pp. 237–247 (in Russian).
4. Avakyan A.B., Saltankin V.P. Increasing the efficiency of the use of water reservoirs by their areal subdivision, planning and arrangement of shore area. *Vodnye resursy = Water Resources,* 1979, no. 5, pp. 13–22 (in Russian).
5. Kruglik, a lake in the Shumilinsky District. *Blakitnaya kniga Belarusi: (vodnyya ab'ekty Belarusi): entsyklapedyya* [Blue Book of Belarus: (water bodies of Belarus): encyclopedia]. Minsk, 1994, p. 206 (in Belarussian).
6. Brotskaia V.A., Zenkevich L.A. Quantitative evaluation of the bottom fauna of the Barents Sea. *Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta morskogo rybnogo khozyaistva i okeanografii. T. 4. 50 reisov ekspeditsionnogo sudna «Persei»* [Transactions of the Institute of Marine Fisheries and Oceanography of the USSR.

Vol. 4. 50 cruises of the research ship "Persey"]. Moscow, 1939, pp. 5–126 (in Russian).
7. Pidgaiko M.L., Aleksandrov B.M., Ioffe Ts. I., Maksimova L.P., Petrov V.V., Savateeva E.B., Salazkin A.A. Brief biological and production characteristics of water bodies in the north-west of the USSR. *Izvestiya Gosudarstvennogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ozernogo i rechnogo rybnogo khozyaistva. T. 67. Uluchshenie i uvelichenie kormovoi bazy dlya ryb vo vnutrennikh vodoemakh SSSR* [News of the State Research Institute of Lake and River Fisheries. Vol. 67. Improvement and increase of the fodder base for fish in the inland waters of the USSR]. Leningrad, 1968, pp. 205–228 (in Russian).
8. Lapuka I.I. Distribution of zoobenthos of Lake Kruglik depending on temperature and oxygen concentration. *Aktual'nye problemy ekologii: sbornik nauchnykh statei* [Actual problems of ecology: collection of scientific articles]. Grodno, 2021, pp. 37–39 (in Russian).
9. Gil'brikht-Il'kovska A., Rybak Ja., Kajak Z., Venglen'ska T., Djusozh K., Ejsmont-Karabinova A., Karabin I., Spodnevska I., Godlevska-Lipova A. Reaction of two dystrophic lakes on liming and fertilization. *Gidrobiologicheskii zhurnal = Hydrobiological Journal*, 1977, vol. 13, no. 6, pp. 39–45 (in Russian).
10. Bayanov N.G., Frolova E.A. Benthos of the lakes of the Pinezhsky Reserve. *Rol' okhoronyuvanikh prirodnikh teritorii u zberezhenni bioriznomanittya: materiali konferentsiï, prisvyachenoï 75-richchyu Kanivs'kogo prirodnogo zapovidnika, m. Kaniv, 8–10 veresnya 1998 r.* [The role of the conservation of natural territories in the conservation of biodiversity: proceedings of the conference dedicated to the 75th anniversary of the Kanivsky natural reserve, Kaniv, September 8–10, 1998]. Kaniv, 1998, pp. 151–153 (in Ukrainian).
11. Hirabayashi K., Fu Z., Yoshida N., Yoshizawa K., Kazama F. A comparison of results from previous and present investigations of benthic macroinvertebrates in the small and shallow Lake Shoji, Fuji Five Lakes, Japan. *Fauna Norvegica,* 2012, vol. 31, pp. 47–54. https://doi.org/10.5324/fn.v31i0.1365.

Сведения о авторах

Лапука Илья Игоревич — младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: ilya.lapua@yandex.ru

Information about the authors

Ilya I. Lapuka — junior researcher laboratory of hydrobiology SSPA «Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus» (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ilya.lapua@yandex.ru

УДК 597.42/.55; 502.744; 504.455

Поступила в редакцию 06.06.2023
Received 06.06.2023

А.С. Змачинский

ОДО «Polipark», Минск, Республика Беларусь

ИЗМЕНЕНИЯ В РАСПРОСТРАНЕНИИ И ЧИСЛЕННОСТИ РОТАНА-ГОЛОВЕШКИ (*PERCCOTTUS GLENII* DYBOWSKI, 1877) В ВОДОЕМАХ Г. МИНСКА ЗА ПЕРИОД С СЕРЕДИНЫ 1990-Х ГГ. ПО НЫНЕШНЕЕ ВРЕМЯ

Аннотация. Ротан-головешка, *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 является одним из самых распространенных чужеродных видов рыб в Евразии. На территории Беларуси он впервые был обнаружен в 1970-х годах в небольших прудах, расположенных в черте г. Минска. В городе, находящимся на водоразделе бассейнов Черного и Балтийского морей, насчитывалось наибольшее число водных объектов, заселенных этим видом: примерно до середины 2000-х гг. ротан населял почти все водоемы и некоторые участки водотоков города, его численность в них была относительно стабильной. Исследования, проведенные в 2020–2022 гг., показали сокращение числа водоемов, в которых вид присутствует, и общее уменьшение его численности по сравнению с периодом 1996–2005 годов. За период 1996–2005 гг. в г. Минске и его окрестностях было выявлено 82 водных объекта, в которых обитал ротан-головешка, за период 2020–2022 гг. — в 44-х, в 18-и из которых численность его осталась стабильной, а в 26-и — сократилась. Ротан-головешка входит в комплекс городской ихтиофауны и заселяет водоемы, начиная с наиболее мелких. Наиболее благоприятные условия обитания для него складываются в небольших непроточных, умеренно зарастающих водной растительностью и умеренно захламляемых, с относительно чистой водой, водоемах. В большинстве из них ротан постоянно живет вместе с другими видами рыб, не сокращая их численность, что обусловлено, видимо, как внешними факторами, так и образом жизни вида.

Ключевые слова: чужеродный вид, ротан-головешка, распространение, относительная численность, водные объекты, г. Минск

Alexander S. Zmachynski

LLCo «Polipark», Minsk, Republic of Belarus

CHANGES IN DISTRIBUTION AND ABUNDANCE ROTANA FIREBRANDS (PERCCOTTUS GLENII DYBOWSKI, 1877) IN THE RESERVOIRS OF MINSK FOR THE PERIOD FROM THE MID-1990-S. TO THE PRESENT TIME

Abstract. The Chinese sleeper, *Perccottus glenii* Dybowski, 1877, is one of the most common alien fish species in Eurasia. On the territory of Belarus, it was first discovered in the 1970s in small ponds located within the city of Minsk. In the city, located on the watershed of the Black and Baltic Seas, there were the largest number of water bodies inhabited by this species: until the middle of the 2000s. it inhabited almost all separate reservoirs and some sections of the city's watercourses, its numbers in them were relatively stable. Studies conducted in 2020–2022 showed both a decrease in the number of water bodies in which the species is present and a general decrease in its abundance compared to the period 1996–2005. For the period 1996–2005 in the city and its environs, 82 water bodies were identified, in which the Chinese sleeper lived, for the period 2020–2022 — in 43, in 17 of which its number remained stable, and in 26 it decreased. The Chinese sleeper is included in the urban ichthyofauna complex and inhabits water bodies, starting from the smallest ones. The most favorable living conditions for it are formed in small stagnant, moderately overgrown with aquatic vegetation and moderately cluttered, with relatively clean water, water bodies. In most of them, it constantly lives together with other fish species, without reducing their numbers, which is due to both external factors and lifestyle of this species.

Keywords: alien species, Chinese sleeper, distribution, relative abundance, water bodies, Minsk

Введение. Ротан-головешка *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Actinopterygii: Odontobutidae) — один из самых распространенных чужеродных видов рыб в Евразии [1]. В России он зачислен в ТОП-100 самых опасных инвазионных видов среди рыб [2]. В Беларуси вид имеет высокий риск негативных воздействий на водные экосистемы из-за высокого инвазивного потенциала [3] и внесен в список Черной книги инвазивных видов животных Беларуси [4].

Природный ареал ротана-головешки включает южную часть Дальнего Востока России, включая остров Сахалин, восточную часть Мон-

голии, северную часть Корейского полуострова и северо-восточную часть Китая [2, 5]. Более широко ротан представлен в бассейне Амура, где он населяет преимущественно пойменные водоемы [6]. С начала XX века ротан завозился из бассейна р. Амур и водоемов Китая в различные регионы Евразии и во второй половине XX столетия широко распространился в Восточной Европе, европейской и азиатской частях России, некоторых странах Азии [7, 8]. Как показывают исследования, эспансия территорий этого вида, которая имеет свои этапы и приурочена в основном к речным инвазивным коридорам [9, 10], продолжается и в настоящее время. В настоящее время его первые появление отмечают южнее [11], западнее [12] и севернее [13] приобретенного ареала.

На территории Беларуси ротан-головешка впервые был обнаружен в 1970-х годах в небольших прудах, расположенных в черте г. Минска, куда он, вероятнее всего, был выпущен аквариумистами [14]. В течение последующих лет после первого своего появления ротан-головешка распространился в водных объектах всех основных речных бассейнов Беларуси. Он был найден более чем в 250 водных объектах республики, относящихся ко всем речным бассейнам, кроме р. Ловать. Вместе с тем, на фоне мозаичности распределения мест его находок выделилась центральная часть страны (г Минск, находящийся на водоразделе бассейнов Черного и Балтийского морей) как область с наиболее высоким числом водных объектов, заселенных этим видом [15].

Изучение структуры популяций ротана на генетическом уровне позволило определить как минимум три гаплогруппы, попавшие в Европу из разных точек своего нативного ареала. В Беларуси отмечены представители двух из них [16].

Как показывают результаты исследований, на территории страны сохраняется относительно высокий темп освоения ротаном-головешкой новых водных объектов, большая часть которых располагается в населенных пунктах или вблизи них [17]. В г. Минске до середины 2000-х гг. ротан населял почти все водоемы и некоторые участки водотоков. Его численность в водоемах, не подвергшихся существенному антропогеннлму изменению, была относительно стабильна [18]. Исследования, проведенные в 2020–2022 гг., показали сокращение числа сохпанившихся водоемов, в которых вид присутствует, а также общее снижение его численности. Изменение численности ротана внутри приобретенного арела, появление в одних водных объектах и исчезно-

вение в других уже наблюдались при проведении исследований в разные годы на протяжении достаточно длительного периода [19].

Материалы и методики. Приводимые данные о распространении и численности ротана-головешки в г. Минске и пригороде представляют собой результат многолетних исследований ихтиофауны водных объектов города и его окрестностей, которые проводились ежегодно в период с 1996 по 2022 гг. Период был поделен на две значимые части: с 1996 по 2005 гг и с 2020 по 2022 гг. В первой части последним годом условно отмечен 2005-й, поскольку, по нашим наблюдениям, начиная с середины 2000-х годов начали происходить существенные изменения в распространении и численности ротана-головешки в городе. Поскольку эти изменения в разных водоемах происходили не одновременно и занимали примерно два-три года, в статье употребляется выражение «середина 2000-х годов», означающая годы 2004–2006. Полученные данные за 2020–2022 гг. сравнивали с таковыми за 1996–2005 г.

Обследование водных объектов г. Минска и пригорода проводилось комплексно, согласно разработанной методике [20]. После обследования водоема и участка водотока каждый из них ежегодно посещался с уточнением полученных первоначальных данных. Лов рыбы с 1996 г. осуществлялся поплавочными и донными любительскими рыболовными снастями, с 2008 г. — указанными снастями, стандартными малявочниками и ихтиологическими сачками с диаметром обода 30–50 см и ячеей 5 мм. Определялись видовой и размерно-возрастной составы ихтиофауны. Учет ихтиологического материала производился согласно предложенной схеме [21], определение размерно-возрастного состава — на основе разработанных методик [22], сверка размерно-возрастного состава — по результатам проведенного исследования [23] и электроной базе данных [24]. Относительная численность рассчитывалась по количеству экземпляров в процентном соотношении от всех выловленных видов рыб в водном объекте, а в случае, если ротан был единственным представителем ихтиофауны, — по общему количеству экземпляров.

В описании результатов исследования водные объекты разделены на водотоки (реки, ручьи, каналы водных систем) и водоемы (естественные водоемы, пруды, водохранилища, отстойники). В отношении искусственного происхождения водоемов используются термины «запруда» (запруженная часть водотока), «пруд» (небольшой по площади отдельный искусственный водоем), «пруд-карьер» (промышленного

происхождения искусственный водоем), «пруд-канал» (вытянутый по форме искусственный водоем). В отношении естественных водоемов приняты термины «водоем» и «разлив» (водоем, существующий за счет болот). Водоемы естественного происхождения, преобразованные человеком в пруды путем сокращения площади, оформления берегов, в том числе их бетонирования, чистки дна и пр., именуются «преобразованными человеком естественными водоемами».

Результаты исследований. За весь период исследования было обловлено более ста водоемов и участков водотоков. За период 1996–2005 гг. в г. Минске и его окрестностях было выявлено 82 водных объекта, в которых обитал ротан-головешка. Места обнаружения и относительная численность ротана-головешки показаны на рис. 1. До 2005 г. в 63-х водных объектах вид был обычен, в 19-и — малочислен или единичен.

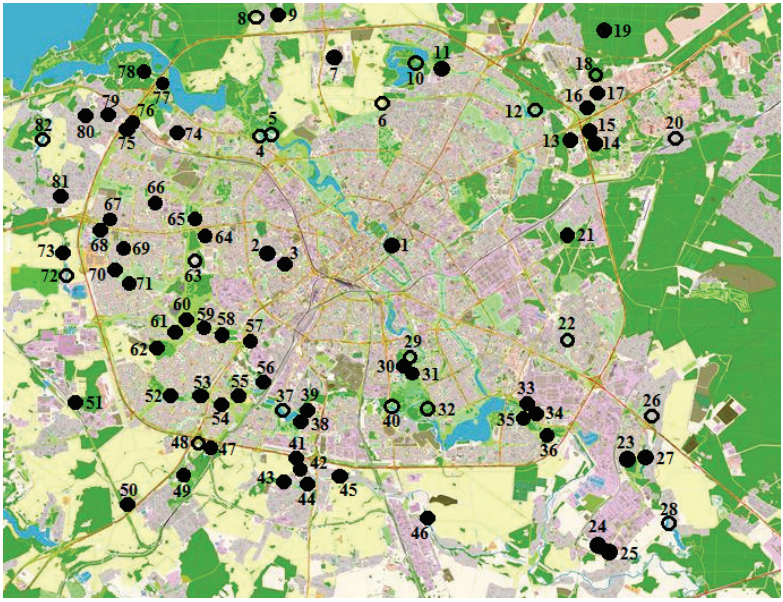


Рис. 1. Распространение и численность ротана-головешки в г. Минске в 1996–2005 гг. (закрашенный круг — водоем, в котором рыба является обычным представителем ихтиофауны, незакрашенный — водоем, в котором рыба малочисленна или единична)

Fig. 1. Distribution and abundance of the Chinese sleeper in Minsk in 1996–2005 (a shaded circle — a water body in which fish is a common representative of the ichthyofauna, an unshaded — a water body in which fish is rare or sporadic)



За период исследований 1998–2005 гг. ротан-головешка был обнаружен в следующих водных объектах г. Минска и пригорода.

1. 53°54’06.3»N 27°34’14.1”E. Пруд в западной части парка им. М. Горького на левом берегу Свислочи. Протокой соединяется с каналом, впадающим в Свислочь.

2. 53°54’01.1»N 27°30’35.5”E. Пруд в Тучинском сквере в районе улицы Харьковская.

3. 53°53’48.5»N 27°30’56.9”E. Пруд в Маломедвежинском сквере на улице Волоха.

4. 53°56’14.8»N 27°29’36.6”E. Пруд у Свято-Покровского храма на углу проспекта Победителей и проезда Дрозды.

5. 53°56’20.0»N 27°30’12.2”E. Пойменный водоем в восточной части парка Дрозды на правом берегу Свислочи.

6. 53°56’51.8»N 27°34’11.2”E. Пруд на пустыре в районе улицы Олешева (юго-западнее Цнянского водохранилища). К настоящему времени полностью высох.

7. 53°57’28.7»N 27°32’37.8”E (53.957984, 27.543829). Пруд в центральной части микрорайона Новинки между улицами Выготского и Новинковской.

8. 53°58’28.6»N 27°30’11.9”E. Пруд на северо-западной окраине северной части поселка Зацень. Соединяется протокой с ручьем Криница, впадающим в Цну (левый приток Свислочи).

9. 53°58’29.4»N 27°30’45.9”E. Пруд на северо-восточной окраине северной части поселка Зацень. Соединяется протокой с ручьем, впадающим в Цну.

10. 53°57’32.1»N 27°35’09.8”E. Цнянское водохранилище.

11. 53°57’27.6»N 27°36’09.0”E. Канал, идущий от Цнянского водохранилища (начало Слепянской водной системы).

12. 53°56’36.9»N 27°38’49.3”E. Участок верхней части Слепянской водной системы на углу улиц Седых и Калиновского.

13. 53°56’13.0»N 27°40’20.4”E (53.936947, 27.672332). Водоем, размещавшийся на месте современной улицы Академика Высоцкого (район торгового центра «Корона»). Исчез в результате застройки территории.

14. 53°56’08.2»N 27°40’46.2”E. Водоем на пустыре в районе ул. Шугаева (напротив средней школы № 177). К первой половине 2010-х гг. при прокладке дороги уровень воды упал более чем вдвое, площадь сократилась примерно на три четверти. Из одного водоема образовались два мелководных — больший и меньший.

15. 53°56’11.7»N 27°40’42.7”E. Водоем на пустыре по ул. Шугаева севернее водоема № 14. Исвез после проведения земляных работ.

16. 53°56’42.1»N 27°40’43.3”E. Пруд-канал в парке Уручье. Соединяется с водоемом № 17.

17. 53°57’00.9»N 27°40’47.5”E. Пруд-канал в квадрате улиц Шафарнянская — Гинтовта — Ложинская — Городецкая. Вода поступает из скважины от ул. Гинтовта, вытекает в водоем № 16.

18. 53°57’07.6»N 27°40’40.8”E. Водоем, располагавшийся на пустыре между улицами Гинтовта на юге и Речной на севере (Капищенское озеро). Имел сообщение с водоемом № 17. К настоящему моменту полностью высох.

19. 53°58’08.2»N 27°41’12.0”E. Водоем в лесном массиве восточнее поселка Валерьяново. Интенсивно зарастает и мелеет.

20. 53°56’00.5»N 27°43’23.1”E. Пруд в южной части поселка Озерище между железной дорогой и ул. Тяпинского.

21. 53°54’20.3»N 27°40’00.1”E. Водоем в южной части парка Степянка на углу Геологического проезда и Лесопарковой улицы. К настоящему моменту полностью высох.

22. 53°52’18.3»N 27°40’01.0”E. Водоем на месте высохшего русла р. Дражня (левый приток Свислочи) на пустыре между улицами Пржевальского и Алтайской. К настоящему моменту полностью высох.

23. 53°49’59.3»N 27°41’47.1”E. Преобразованный человеком естественный водоем на углу улиц Селицкого и Шабаны. Площадь водоема сокращена, окрестности оборудованы под место отдыха горожан.

24. 53°48’17.8»N 27°41’08.7”E. Водоем на южной окраине промузла Шабаны (начало ул. Селицкого).

25. 53°48’16.6»N 27°41’11.2”E. Разлив на южной окраине промузла Шабаны в нескольких десятках метров восточнее водоема № 24 (в начале ул. Селицкого).

26. 53°50’47.6»N 27°42’43.3”E. Верхнее течение р. Тростянка.

27. 53°49’59.5»N 27°42’22.4”E. Разлив на участке верхнего течения р. Тростянка у поселка Малый Тростенец.

28. 53°49’01.0»N 27°43’10.7”E. Верхняя часть водохранилища Стайки у поселка Ельница.

29. 53°52’07.0»N 27°34’49.8”E. Ручей в районе улицы Шейпичи на левом берегу Свислочи. Вытекал из затопленного леса и впадал в Свислочь слева. Был укорочен и спрямлен. В настоящее время полностью высох.

30. 53°51’48.8»N 27°34’54.3”E. Западная часть разлива в лиственном лесу на левом берегу Свислочи в парке Серебряный Лог.

31. 53°51’49.0»N 27°35’00.7”E. Восточная часть разлива в парке Серебряный Лог, большая по площади и более глубоководная. Имеет сток в левобережную старицу Свислочи.

32. 53°51’10.0»N 27°35’34.7”E. Левобережная затока Свислочи в северной части парка Серебрянский.

33. 53°51’02.1»N 27°38’39.6”E. Пойменный водоем между левым берегом Свислочи и ул. Свислочской. Сообщается протокой с соседним пойменным водоемом, находящимся в 2-х метрах юго-восточнее.

34. 53°50’46.1»N 27°39’04.3”E. Пойменный водоем между левым берегом Свислочи и ул. Свислочской юго-восточнее водоема № 33. Ранее занимал большую площадь и соединялся с несколькими меньшими водоемами, имевшими сток в Свислочь.

35. 53°50’46.7»N 27°38’40.6”E. Водоем на краю лиственного леса в районе ул. Уборевича. Интенсивно зарастает и мелеет.

36. 53°50’34.8»N 27°39’14.6”E. Бывшая протока, а затем — правобережная затока Свислочи, при пересыхании в средней части превратившаяся в отдельный непроточный водоем.

37. 53°50’57.9»N 27°31’15.4”E. Нижняя часть Курасовщинского водохранилища.

38. 53°50’53.8»N 27°31’27.8”E. Пруд на северо-восточной окраине парка Курасовщина у юго-восточного берега Курасовщинского водохранилища.

39. 53°51’03.3»N 27°31’30.4”E. Водоем на правом заросшем и заболоченном берегу р. Лошица в 140 м ниже плотины Курасовщинского водохранилища. Интегсивно зарастает, мелеет и сокращает площадь.

40. 53°51’04.4»N 27°34’29.3”E. Нижнелошицкое водохранилище на юго-западной окраине Лошицкого парка между ул. Маяковского и проездом Чижевских.

41. 53°50’08.2»N 27°31’39.8”E. Пруд, располагавшийся у 22-го километра МКАД на северной окраине поселка Сеница. Исчез в результате строительства торгового центра.

42. 53°49’55.6»N 27°31’34.3”E. Пруд (пожарный водоем) в районе ул. Мирутко в северной части поселка Сеница. Проточный, сообщается с р. Сеница.

43. 53°49’43.4»N 27°31’08.2”E. Малая Сеницкая запруда в западной части поселка Сеница.

44. 53°49’41.0»N 27°31’43.5”E. Большая Сеницкая запруда в центральной части поселка Сеница.

45. 53°49’48.5»N 27°32’45.4”E. Отстойник на западной окраине поселка Колядичи. Является последним (третьим) в системе прудов-отстойников, сооруженных на левом берегу р. Сеница, техническая вода в которые поступает от МКАД со стороны ул. Стебенева.

46. 53°48’59.6»N 27°35’29.3”E. Запруда в среднем течении р. Сеница на восточной окраине промузла Колядичи. В нижней части осушена и принимает сточные воды со стороны промузла.

47. 53°50’24.7»N 27°28’28.0”E. Преобразованный человеком естественный водоем на пустыре между МКАД, ул. Академика Курчатова и Брестским шоссе (Р1). Преобразован в отстойник, принимает сточную воду со стороны ул. Академика Курчатова.

48. 53°50’25.7»N 27°28’19.9”E. Водоем на пустыре у 25-го километра МКАД. Располагается западнее водоема № 47. В результате сельскохозяйственного освоения земель полностью высох. За последние два-три года частично заполнился водой.

49. 53°50’00.6»N 27°27’47.7”E. Пруд на северной окраине поселка Щомыслица. Располагается на пустыре между Брестским шоссе (Р1) и ул. Жуковского. К настоящему времени почти полностью высох.

50. 53°49’17.9»N 27°25’59.3”E. Пруд на территории торгового центра «Глобус-парк», расположенного у Брестского шоссе примерно в 2,5 км от МКАД.

51. 53°51’17.9»N 27°24’15.2”E. Водоем на краю леса у южной окраины деревни Антонишки. Интенсивно зарастает и мелеет.

52. 53°51’16.1»N 27°27’01.9”E. Водоем, образовавшийся на месте высохшего русла р. Лошица в треугольнике улиц Есенина, Громова и Курганная. Полностью высох, превратившись в разнотравный луг.

53. 53°51’19.1»N 27°28’20.4”E. Пруд на месте высохшего русла р. Лошица в парке им. М. Павлова. Бывшая запруда, в которую втекал ручей и которая имела сток, условно образуя начало р. Лошица.

54. 53°51’09.1»N 27°29’01.5”E. Разлив, образовавшийся от перекрытия ныне высохшего русла р. Лошица, в районе ул. Ежи Гедройца. Ранее принимал сточную воду, из водоема вытекал ручей. Постепенно высыхает.

55. 53°51’17.0»N 27°29’34.2”E. Запруда в квадрате улиц Чюрлениса, Каролинской, Семашко и проезда Каролинского, образовавшаяся в на-

чале 2000-х гг на месте нескольких небольших естественных водоемов, через которые текла р. Лошица.

56. 53°51’29.2»N 27°30’20.6”E. Низовье бывшей реки Мышки (Мышанки). После полного высыхания русла реки низовье превратилось в рукав, в средней части которого осуществляется сброс воды из промышленно-коммунальных отстойников.

57. 53°52’17.5»N 27°29’44.4”E. Водоем, находившийся на левом берегу исчезнувшей р. Мышка в ее среднем течении между проспектом Дзержинского и ул. Железнодорожной. Исчез при проведении земляных работ.

58. 53°52’27.7»N 27°29’03.1”E. Водоем в верхнем течении р. Мышка в заросшей лиственным лесом ложбине между улицами Алибегова и Льва Сапеги. Образовался как расширение реки за счет болота, имел вытянутую форму с тремя плесами. К настоящему моменту полностью высох.

59. 53°52’33.0»N 27°28’20.9”E. Водоем в верховье р. Мышка на пустыре в районе 3-го переулка Михалово. Представлял собой расширение реки с двумя плесами. Сохранился один из них.

60. 53°52’46.8»N 27°27’55.8”E. Пруд-карьер на пустыре в районе ул. М. Горецкого (рядом с гипермаркетом «Гиппо»). Являлся самым большим по площади непроточным водоемом искусственного происхождения в городе. К настоящему моменту площадь сокращена не менее чем втрое, водоем сильно обмелел.

61. 53°52’30.6»N 27°27’41.0”E. Преобразованный человеком естественный водоем на месте высохшего русла р. Мышки в ее верхнем течении. Располагается на пустыре в треугольнике улиц М. Горецкого, Медвежино и Колхозная. На берегах велись земельные работы, площадь водоема сократилась.

62. 53°52’16.8»N 27°26’57.3”E. Водоем на краю лиственного леса в районе пересечения улиц Рафиева и Маршала Лосика. Высыхает.

63. 53°53’53.1»N 27°28’11.6”E. Водоем, размещавшийся в лиственных зарослях на северной окраине частного сектора по переулку Медвежино. К настоящему моменту полностью высох.

64. 53°54’20.6»N 27°28’28.0”E. Пруд в сквере Евфросинии Полоцкой. Благоустраивается, на юго-восточном берегу сооружен водный мини-каскад, вода которого из подземной скважины поступает в водоем.

65. 53°54’43.4»N 27°28’07.7”E. Водоем в центральной части парка Тиволи. Площадь сократилась, мелеет, в западной части образовался остров.

66. 53°54’59.1»N 27°26’49.3”E. Пруд в сквере Погулянка у перекрестка улиц Матусевича и Лещинского. В центре сквера сооружен фонтан, сбрасывающий воду из подземной скважины в пруд.

67. 53°54’38.5»N 27°25’33.3”E. Водоем, размещавшийся на пустыре в южной части микрорайона Каменная Горка-5 на углу улиц Притыцкого и Неманская. Исчез при проведения земельных работ во время закладки парка «Семейное дерево».

68. 53°54’26.4»N 27°25’07.8”E. Преобразованный человеком естественный водоем в сквере в районе улицы Академика Вышелесского и одноименного переулка. Ранее был большим по площади, в настоящее время обмелел и сократил площадь.

69. 53°54’06.8»N 27°25’49.7”E. Пруд в сквере между улицами Одинцова и Воложинской. В северо-восточной части ранее функционировал фонтан, сбрасывающий воду в водоем.

70. 53°53’39.1»N 27°25’35.4”E. Преобразованный человеком естественный водоем в парке Дививелка. Ранее имел большую площадь, в южной части двумя протоками соединялся с заросшим болотом. Был уменьшен и спрямлен, берега укреплены, в западной части забетонированы.

71. 53°53’27.7»N 27°26’03.9”E. Пруд на восточной окраине Семейного сквера в районе ул. М. Горецкого. На южном берегу сооружен фонтан, сбрасывающий воду из подземной скважины в водоем. Из водоема вытекал ручей, впадавший в болото, соединявшееся с водоемом № 70, который высох.

72. 53°53’37.8»N 27°24’06.6”E. Пруд на восточной окраине пос. Ярково западнее МКАД, ранее представлявший собой запруду в верховье р. Дививелка.

73. 53°54’00.3»N 27°24’00.9”E. Преобразованный человеком естественный водоем севернее пос. Ярково. После высыхания р. Дививелка существовал как болотистый разлив. К настоящему времени его расширили и углубили, обваловав и расчистив берега.

74. 53°56’11.4»N 27°27’31.9”E. Водоем в сквере между улицами Камайской и Ржавецкой. Представлял собой неглубокий водоем с тремя плесами. Позже распался на три отдельных водоема, один из которых вскоре высох.

75. 53°56’22.3»N 27°26’03.1”E. Преобразованный человеком естественный водоем в центре Вязынского сквера между МКАД и ул. Вязын-

ской. Ранее имел большую площадь, подпитывался за счет болота, располагавшегося южнее и соединялся протокой с водоемом № 76. На берегах проводились земельные работы, болото было засыпано, площадь водоема сокращена, уровень воды понизился.

76. 53°56’24.5»N 27°26’07.7”E. Преобразованный человеком естественный водоем в северо-восточной части Вязынского сквера у улицы Вязынской. Ранее имел большую площадь, с юга впадала протока из водоема № 75.

77. 53°57’07.4»N 27°27’08.2”E. Водоем в лесном массиве на правом берегу нижней части водохранилища Дрозды на углу МКАД и проспекта Победителей. После строительства аквапарка «Лебяжий» водоем исчез.

78. 53°57’29.9»N 27°26’38.0”E. Водоем в лесном массиве на правом берегу верхней части водохранилища Дрозды. После расчистки территории и вырубки леса водоем начал зарастать и высыхать, к настоящему времени исчез.

79. 53°56’33.4»N 27°25’29.6”E. Пруд в восточной части поселка Ждановичи на углу улицы Танкистов и Горного переулка.

80. 53°56’35.6»N 27°24’51.4”E. Водоем в центральной части поселка Ждановичи на углу улиц Минской и Озерной. Распался на два отдельных водоема, один из них высох.

81. 53°55’03.5»N 27°23’53.0”E. Пруд в юго-восточной части поселка Тарасово в районе улицы Озерная.

82. 53°56’04.2»N 27°23’15.5”E. Запруда в сохранившемся нижнем течении р. Дививелка на северной окраине пос. Тарасово.

С 1996 по 2005 гг. ротан-головешка встречался во всех указанных водоемах и на некоторых участках водотоков г. Минска и его окрестностей. Подавляющее большинство водоемов представляло собой малые непроточные или слабопроточные неглубокие водные объекты, сохранившиеся на месте исчезнувших русел малых рек и ручьев, а также в пойме Свислочи. Некоторые водоемы, населенные ротаном, были очень незначительными по площади (самыми малыми водоемами города). Каждый водоем не испытывал прямого химического загрязнения, с разной интенсивностью зарастал водной растительностью, большая часть захламлялась естественным и бытовым мусором. За исключением некоторых самых малых, в остальных водоемах вместе с ротаном присутствовали другие виды рыб.

Кроме двух заток, случаев поимки в Свислочи нами не было выявлено, однако на медленнотекущих участках верхней части Слепянской водной системы и в расширениях рек Лошица и Мышанка вид попадался регулярно.

В ходе исследований 2020–2022 гг. не было выявлено ни одного нового водного объекта, в составе ихтиофауны которых присутствовал бы ротан-головешка. К началу указанного периода исследований в городе по разным причинам исчезли 17 водоемов, в которых обитал ротан. Из сохранившихся 65-и водоемов и участков водотоков вид не обнаружен в 21-м. Из 44-х водных объектов, в которых обнаружен ротан, в 18-и относительная численность его была стабильна, а в 26-и — сократилась. Места обнаружения и относительная численность ротана-головешки в 2020–2022 гг. показаны на рис. 2.

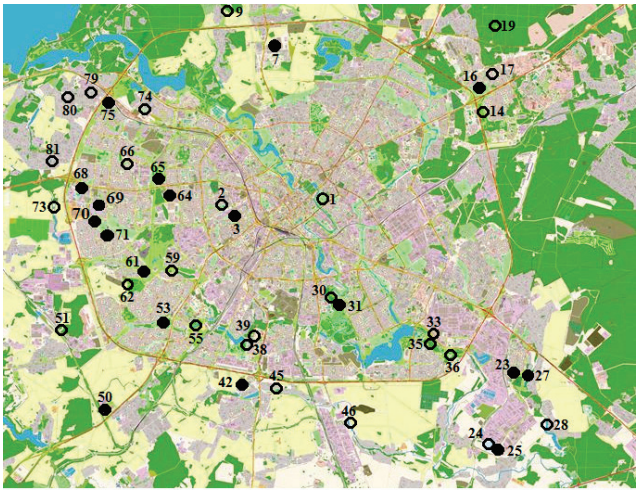


Рис. 2. Распространение и численность ротана-головешки в г. Минске в 2020–2022 гг. (обозначения те же, что и на рисунке 1)
Fig. 2. Distribution and abundance of the Chinese sleeper in Minsk in 2020–2022 (designations are the same as in Figure 1)

В большинстве исчезнувших водных объектов ротан обитал вместе с серебряным карасем, четыре водоема были заселены исключительно ротаном. Причины их исчезновения в большинстве случаев были антропогенными. Исчезнувшие водные объекты г. Минска с ихтиофауной указаны в табл. 1.

Таблица 1. **Исчезнувшие водные объекты г. Минска, в которых обитал ротан, и причины их исчезновения (данные 2020–2022 гг.)**
Table 1. **Disappeared water bodies of Minsk, in which rotan lived, and the reasons for their disappearance (data for 2020–2022)**

№ п/п	№ водоема	Состав ихтиофауны	Причины исчезновения
1	6	Серебряный карась, ротан	Антропогенные (загрязнение и захламление) и естественные (снижение уровня грунтовых вод) факторы
2	13	Серебряный карась, ротан	Строительство
3	15	Серебряный карась, ротан	Земляные работы
4	18	Ротан	Естественные факторы
5	21	Серебряный карась, ротан	Естественные факторы
6	22	Ротан	Строительство и земельные работы
7	26	Ротан, трехиглая колюшка	Антропогенные (интенсивное загрязнение) и естественные (пересыхание истока) факторы
8	29	Верховка, ротан	Укорочение, спрямление, захламление
9	41	Серебряный карась, ротан	Строительство
10	52	Серебряный карась, ротан	Антропогенные (захламление, забор воды) и естественные (снижение уровня грунтовых вод) факторы
11	56	Серебряный карась, плотва, верховка, уклейка, обыкновенный пескарь, речной окунь, трехиглая колюшка, ротан	Антропогенные (мелиоративные и земельные работы) и естественные (пересыхание истока) факторы
12	57	Серебряный карась, ротан	Земляные работы
13	58	Серебряный карась, верховка, ротан	Антропогенные (захламление) и естественные (пересыхание истока, снижение уровня грунтовых вод) факторы
14	63	Ротан	Естественные факторы
15	67	Ротан	Земляные работы
16	77	Серебряный и обыкновенный караси, ротан	Земельные работы, строительство
17	78	Серебряный и обыкновенный караси, ротан	Антропогенные (расчистка территории) и естественные (снижение уровня грунтовых вод) факторы

В настоящее время в большинстве сохранившихся водных объектов города ротан-головешка обитает совместно с серебряным карасем и верховкой (15), в девяти из них его численность по сравнению с периодом 1996–2005 гг. сократилась, в шести — остается стабильной. Второе место занимают водные объекты, в которых ротан живет вместе с серебряным карасем (10), в шести из них численность ротана сократилась, в четырех — стабильная. Третье место занимают водоемы и участки водотоков, где ротан встречается совместно с пятью и более видами рыб (8), в половине их них численность ротана стабильная.

В четырех водных объектах г. Минска ротан-головешка является единственным представителем ихтиофауны, при этом численность его во всех них снизилась. В трех водоемах ихтиофауну представляют ротан, серебряный карась, верховка и горчак (в двух из них численность ротана стабильная), в двух — ротан, серебряный карась, верховка и амурский чебачек (в одном водоеме численность ротана стабильная), в одном — ротан, серебряный карась, верховка и трехиглая колюшка (численность ротана сократилась) и в одном — ротан, серебряный карась, верховка, горчак и амурский чебачек (численность ротана стабильная).

В табл. 2 указаны сохранившиеся водные объекты г. Минска и пригорода с современной ихтиофауной и состоянием популяции ротана в них.

Таблица 2. **Существующие водные объекты г. Минска и пригорода с современной ихтиофауной и состоянием популяции ротана в них (данные 2020–2022 гг.)**
Table 2. **Existing water bodies of Minsk and its suburbs with modern ichthyofauna and the state of the Chinese sleeper population in them (data for 2020–2022)**

№ п/п	№ водоема	Современный состав ихтиофауны	Состояние популяции ротана
1	1	Серебряный карась (единичен), верховка, уклейка, плотва, речной окунь	Исчез, но сохранился в малом количестве в соседнем сообщающемся с водоемом водотоке
2	2	Серебряный карась, горчак, верховка, ротан	Численность стабильная
3	3	Серебряный карась, горчак, верховка, ротан	Численность стабильная
4	4	Серебряный карась, верховка	Исчез



Продолжение табл. 2

№ п/п	№ водоема	Современный состав ихтиофауны	Состояние популяции ротана
5	5	Серебряный карась	Исчез
6	7	Серебряный карась, ротан	Численность стабильная
7	8	Серебряный карась, плотва, красноперка, верховка, речной окунь, трехиглая колюшка	Исчез
8	9	Ротан	Численность сократилась
9	10	Ихтиофауна разнообразная	Исчез
10	11	Ихтиофауна разнообразная	Исчез
11	12	Ихтиофауна разнообразная	Исчез
12	14	Серебряный карась, ротан	Численность сократилась
13	16	Серебряный карась, горчак, верховка, плотва, ротан	Численность стабильная
14	17	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность сократилась
15	19	Серебряный карась, ротан	Численность сократилась
16	20	Серебряный карась, горчак, верховка	Исчез
17	23	Серебряный карась (единичен), ротан	Численность стабильная
18	24	Серебряный карась, ротан	Численность сократилась
19	25	Серебряный карась, верховка, плотва, речной окунь, ротан	Численность стабильная
20	27	Серебряный карась, верховка, плотва, трехиглая колюшка, ротан	Численность стабильная
21	28	Ихтиофауна разнообразна	Численность сократилась
22	30	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность сократилась
23	31	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность стабильная
24	32	Ихтиофауна разнообразна	Исчез
25	33	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность сократилась
26	34	Серебряный карась, верховка	Исчез
27	35	Ротан	Численность сократилась
28	36	Серебряный карась, верховка, трехиглая колюшка, ротан	Численность сократилась

Продолжение табл. 2

№ п/п	№ водоема	Современный состав ихтиофауны	Состояние популяции ротана
29	37	Ихтиофауна разнообразна	Исчез
30	38	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность сократилась
31	39	Ротан	Численность сократилась
32	40	Ихтиофауна разнообразна	Исчез
33	42	Серебряный карась, верховка, горчак, амурский чебачек, ротан	Численность стабильная
34	43	Ихтиофауна разнообразна	Исчез
35	44	Ихтиофауна разнообразна	Исчез
36	45	Серебряный карась, верховка, амурский чебачек, ротан	Численность сократилась
37	46	Ихтиофауна разнообразна	Численность сократилась
38	47	Серебряный карась	Исчез
39	48	Серебряный карась	Исчез
40	49	Ихтиофауна отсутствует	Исчез
41	50	Серебряный карась, ротан	Численность стабильная
42	51	Серебряный карась, ротан	Численность сократилась
43	53	Серебряный карась, горчак, верховка, плотва, трехиглая колюшка, ротан	Численность стабильная
44	54	Серебряный карась	Исчез
45	55	Серебряный карась, плотва, горчак, верховка, обыкновенный пескарь, речной окунь, трехиглая колюшка, ротан	Численность сократилась
46	59	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность сократилась
47	60	Серебряный карась, верховка	Исчез
48	61	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность стабильная
49	62	Серебряный карась, ротан	Численность сократилась
50	64	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность стабильная
51	65	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность стабильная



Окончание табл. 2

№ п/п	№ водоема	Современный состав ихтиофауны	Состояние популяции ротана
52	66	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность сократилась
53	68	Серебряный карась, ротан	Численность стабильная
54	69	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность стабильная
55	70	Серебряный карась, верховка, амурский чебачек, ротан	Численность стабильная
56	71	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность стабильная
57	72	Серебряный карась, верховка, обыкновенный пескарь, речной окунь, трехиглая колюшка	Исчез
58	73	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность сократилась
59	74	Серебряный карась, горчак, верховка, ротан	Численность сократилась
60	75	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность сократилась
61	76	Ихтиофауна отсутствует	Исчез
62	79	Серебряный карась, ротан	Численность сократилась
63	80	Ротан	Численность сократилась
64	81	Серебряный карась, верховка, ротан	Численность сократилась
65	82	Щука, лещ, плотва, серебряный карась, линь, горчак, уклейка, верховка, обыкновенный пескарь, судак, речной окунь, трехиглая колюшка	Исчез

За весь перид исследования, начиная с 1996 г., в водоемах с совместным обитанием ротана с указанными другими видами рыб нами не было выявлено ни одного случая исчезновения этих видов. Постоянными спутниками ротана-головешки в малых водоемах являются серебряный карась и верховка, которые при попадании ротана в водоем либо уже присутствуют в нем, либо заселяют его впоследствии.

Как показали исследования, в средних по площади водоемах (верхняя часть Слепянской водной системы, запруды в бассейне р. Сеница в южном пригороде Минска) при широком распространении активных хищников (прежде всего речного окуня) численность ранее обычного в них ротана сокращается с перспективой его исчезновения.

Относительная численность ротана-головешки в г. Минске и его окрестностях по количеству водных объектов по данным 2020–2022 гг. показана на рис. 3. По сравнению с периодом исследования 1996–2005 гг. ротан-головешка исчез из 32,31 % водных объектов от их общего числа, в которых вид встречался, в 40 % водных объектов численность ротана сократилась, в 27,69 % — чмсленность осталась стабильной.

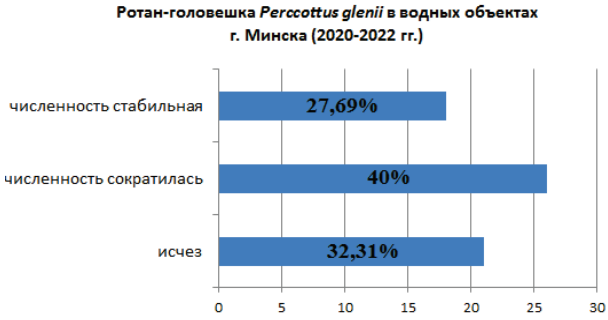


Рис. 3. Численность ротана-головешки в 2020–2022 гг. в сравнении с периодом 1996–2005 гг. (нижняя шкала — количество водных объектов)
Fig. 3. Abundance of the Chinese sleeper in 2020–2022 in comparison with the period 1996–2005 (lower scale — number of water bodies)

Выводы. Полученные данные позволяют сделать следующие выводы.

1. В прошлом ротан-головешка - широко распространенный обычный для г. Минска вид рыб, в настоящее время - исчезнувший из более трети водных объектов от их числа, где он обитал, в основном малочисленный вид. После его появления в водоемах г. Минска в 1970-х гг. активное его рассселение пришлось на 1980–1990 гг. Заселение максимального количества водных объектов и стабилизация численоти наблюдались с середины 1990-х (1994–1996) по середину 2000-х гг. (2004–2006). В настоящее время вид сокращает свою численность и исчезает из водных объектов.

2. Наиболее благоприятные условия обитания для ротана-головешки складывались в небольших непроточных, умеренно зарастающих

водной растительностью и/или умеренно захламляемых (ветки, листья и др. предметы на дне), с относительно чистой водой водоемах. Избегает крупных водоемов, а также химически интенсивно загрязняемых (промышленных и коммунальных отстойников). В водотоках, как правило, не встречается (за исключением расширений верховий мелких рек и ручьев, придерживаясь участков с незначительным течением).

3. Ротан-головешка входит в комплекс городской ихтиофауны и заселяет водоемы, начиная с наиболее мелких по площади. При этом только небольшое количество водоемов заселена исключительно ротаном. В большинстве водоемов постоянно живет вместе с серебряным карасем и верховкой, в некоторых к ним добавляется горчак, амурский чебачок, в отдельных — другие виды рыб (речной окунь, трехиглая колюшка, плотва и др.).

4. При совместном обитании в водоеме с видами рыб, перечисленными в пункте 3, ротан-головешка не сокращает их численности, что обусловлено как внешними факторами (прежде всего площадью и глубиной водоема, наличием и количеством кормовых объектов), так и образом жизни ротана.

5. В средних по величине водоемах в случае продолжительного совместного обитания с другими видами рыб (плотвой, красноперкой, пескарем и др.), в особенности с активными хищниками (прежде всего с окунем), ротан-головешка сокращает свою численность с перспективой полного исчезновения.

Список использованных источников

1. Reshetnikov, A.N. The current range of Amur sleeper Perccottus glenii Dybowski, 1877 (Odontobutidae, Pisces) in Eurasia / A.N. Reshetnikov // Russ. J. of Biol. Invasions. — 2010. — Vol. 1, № 2. — P. 119–126. https://doi.org/10.1134/S2075111710020116
2. Решетников, А.Н. *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 / А.Н. Решетников, М.Г. Зиброва, Ю.Ю. Дгебуадзе // Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / Ин-т проблем экологии и эволюции Рос. акад. наук, Рос. науч. фонд ; ред.: Ю. Ю. Дгебуадзе, В.Г. Петросян, Л.А. Хляп. — М., 2018. — С. 553–562.
3. Ризевский, В.К. Оценка потенциальной инвазивности чужеродных видов рыб Беларуси с помощью протокола FISK / В.К. Ризевский, Е.В. Винцек // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. — 2018. — Т. 63, № 1. — С. 83–91. https://doi.org/10.29235/1029-8940-2018-63-1-83-91

4. Ризевский, В.К. Ротан-головешка / В. К. Ризевский // Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / В.П. Семенченко [и др.] ; под общ. ред. В.П. Семенченко, С.В. Буги. — Минск, 2020. — С. 140–142.
5. Берг, Л.С. Род *Perccottus* Dybowski / Л.С. Берг // Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран : в 3 ч. / Л.С. Берг ; гл. ред. Е. Н. Павловский. –Изд. 4-е, испр. и доп. — М. ; Л., 1949. — Ч. 3. — С. 1055–1059. — (Определители по фауне СССР / Зоол. ин-т Акад. наук СССР ; т. 30).
6. Никольский, Г.В. Головешка — *Perccottus glehni* Dybowski / Г.В. Никольский // Рыбы бассейна Амура: итоги Амурской ихтиологической экспедиции, 1945–1949 / Г. В. Никольский ; гл. ред. Е. Н. Павловский. — М., 1956. — С. 433–437.
7. Reshetnikov, A.N. The fish *Perccottus glenii*: history of introduction to western regions of Eurasia / A.N. Reshetnikov // **Hydrobiologia. — 2004. — Vol.** 522, № 1–3. — P. 349–350. https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000030060.29433.34.
8. Reshetnikov, A.N. Potential range of the invasive fish rotan (*Perccottus glenii*) in the Holarctic / A. N. Reshetnikov, G. F. Ficetola // Biol. Invasions. — 2011. — Vol. 13, № 12. — P. 2967–2980. https://doi.org/10.1007/s10530-011-9982-1.
9. Non-native fish in Belarusian and Polish areas of the European central invasion corridor / V. Semenchenko [et al.] // Oceanological a. Hydrobiol. Studies. — 2011. — Vol. 40, № 1. — P. 57–67. https://doi.org/10.2478/s13545-011-0007-6.
10. Reshetnikov, A.N. Spatio-temporal dynamics of the expansion of rotan *Perccottus glenii* from West-Ukrainian center of distribution and consequences for European freshwater ecosystems / A. N. Reshetnikov // Aquatic Invasions. — 2013. — Vol. 8, № 2. — P. 193–206. https://doi.org/10.3391/ai.2013.8.2.07.
11. First record of the invasive Chinese sleeper, *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Gobiiformes: Odontobutidae) in the Black Sea / Y. Kvach [et al.] // BioInvasions Records. — 2021. — Vol. 10, № 2. — P. 411–418. https://doi.org/10.3391/bir.2021.10.2.19.
12. First record of highly invasive Chinese sleeper *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Perciformes: Odontobutidae) in the Elbe River Basin, Czechia [Electronic resource] / M. Šmejkal [et al.] // BioRxiv: the reprint server for biology. — Mode of access: https://doi.org/10.1101/2023.01.20.524995. — Date of access: 12.04.2023.
13. First record of the invasive Chinese sleeper *Perccottus glenii* (Gobiiformes: Odontobutidae) in Finland / H. Pihlström [et al.] // *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica. — 2022. — Vol. 98. — P.* 87–92.
14. Ризевский, В.К. Морфологическая характеристика ротана-головешки (*Perccotus glehni* Dybowski) из водоемов водной системы Минска / В.К. Ризевский, М.В. Плюта, В.В. Ермолаев // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. — 1999. — № 3. — С. 119–121.
15. Lukina, I.I. Distribution of the Amur sleeper (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) in Belarus / I. I. Lukina // Russ. J. of Biol. Invasions. — 2011. — Vol. 2, № 2–3. — P. 209–212. https://doi.org/10.1134/S2075111711030088.

16. First insights into the molecular population structure and origins of the invasive Chinese sleeper, *Perccottus glenii*, in Europe / J. Grabowska [et al.] // NeoBiota. — 2020. — № 57. — P. 87–107. https://doi.org/10.3897/neobiota.57.48958.
17. Лукина, И.И. Ротан-головешка *Perccottus glenii* в Беларуси: основные пути распространения и актуальные направления борьбы с инвазивным видом / И.И. Лукина, В.К. Ризевский // Весн. Гродз. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 5, Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. — 2021. — Т. 11, № 2. — С. 152–162.
18. Змачинский, А.С. Распространение и относительная численность ротана-головешки (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) в водных объектах г. Минска и его окрестностей / А. С. Змачинский, В.К. Ризевский // Весн. Мазыр. дзярж. пед. ун-та імя І. П. Шамякіна. — 2012. — № 2 (35). — С. 3–12.
19. Rakauskas, V. Several decades of two invasive fish species (*Perccottus glenii*, *Pseudorasbora parva*) of European concern in Lithuanian inland waters; from first appearance to current state / V. Rakauskas, T. Virbickas, A. Steponėnas // J. of Vertebrate Biology. — 2021. — Vol. 70, № 4. — P. 1–14. https://doi.org/10.25225/jvb.21048
20. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Акад. наук СССР, Ин-т биологии внутр. вод, Науч. совет по проблемам биогеоценологии и охраны природы ; отв. ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовский. — М. : Наука, 1975. — 240 с.
21. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин ; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Пищевая пром-сть, 1966. — 376 с.
22. Жуков, П.И. Определитель рыб, обитающих в водоемах Республики Беларусь : справ. пособие / П.И. Жуков. — Минск : Бизнесофсет, 2003. — 88 с.
23. Early development of the Amur sleeper (*Perccottus glenii*, Dybowski, 1877): a remarkable invasive species in Eurasia / P.-M. Yang [et al.] // Iranian J. of Fisheries Sciences. — 2012. — Vol. 11, № 3. — P. 590–601.
24. Perccottus glenii Dybowski, 1877 [Electronic resource] // GBIF: Global Biodiversity Information Facility. — Mode of access: https://www.gbif.org/ru/species/2390064. — Date of access: 23.05.2023.

References

1. Reshetnikov A. N. The current range of Amur sleeper *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Odontobutidae, Pisces) in Eurasia. *Russian Journal of Biological Invasions,* 2010, vol. 1, no. 2, pp. 119–126. https://doi.org/10.1134/S2075111710020116
2. Reshetnikov A. N., Zibrova M. G., Dgebuadze Yu. Yu. *Perccottus glenii Dybowski,* 1877. *Samye opasnye invazionnye vidy Rossii (TOP-100)* [The most dangerous invasive species of Russia (TOP-100)]. Moscow, 2018, pp. 553–562 (in Russian).
3. Rizevsky V. K., Vintsek E. V. Assessement of potential invasiveness for alien fish species of Belarus usingFISK. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnych navuk = Proceedings of the National Academyof Sciences of*

Belarus. Biological series, 2018, vol. 63, no. 1, pp. 83–91 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1029-8940-2018-63-1-83-91

4. Rizevskii V. K. Rotan-Chinese sleeper. *Chernaya kniga invazivnykh vidov zhivotnykh Belarusi* [Black Book of invasive animals of Belarus]. Minsk, 2020, pp. 140–142 (in Russian).
5. Berg L. S. Genus Perccottus Dybowski. *Ryby presnykh vod SSSR i sopredel'nykh stran. Ch. 3* [Fresh water fishes of the USSR and neighboring countries. Pt. 3]. 4th ed. Moscow, Leningrad, 1949, pp. 1055–1059 (in Russian).
6. Nikolskii G. V. Chinese sleeper — Perccottus glehni Dybowski. *Ryby basseina Amura: itogi Amurskoi ikhtiologicheskoi ekspeditsii, 1945–1949* [Fishes of the Amur Basin: results of the Amur ichthyological expedition, 1945–1949]. Moscow, Leningrad, 1956, pp. 433–437 (in Russian).
7. Reshetnikov A. N. The fish *Perccottus glenii*: history of introduction to western regions of Eurasia. ***Hydrobiologia*, 2004, vol.** 522, no. 1–3, pp. 349–350. https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000030060.29433.34
8. Reshetnikov A. N., Ficetola G. F. Potential range of the invasive fish rotan (*Perccottus glenii*) in the Holarctic. *Biological Invasions*, 2011, vol. 13, no. 12, pp. 2967–2980. https://doi.org/10.1007/S1053001199821
9. Semenchenko V., Grabowska J., Grabowski M., Rizevsky V., Pluta M. Non-native fish in Belarusian and Polish areas of the European central invasion corridor. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 2011, vol. 40, no. 1, pp. 57–67. https://doi.org/10.2478/s13545-011-0007-6
10. Reshetnikov A. N. Spatio-temporal dynamics of the expansion of rotan Perccottus glenii from West-Ukrainian center of distribution and consequences for European freshwater ecosystems. *Aquatic Invasions*, 2013, vol. 8, no. 2, pp. 193–206. https://doi.org/10.3391/ai.2013.8.2.07
11. Kvach Y., Karavanskyi Y., Tkachenko P., Zamorov V. First record of the invasive Chinese sleeper, *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Gobiiformes: Odontobutidae), in the Black Sea. *BioInvasions Records,* 2021, vol. 10, no. 2, pp. 411–418. https://doi.org/10.3391/bir.2021.10.2.19
12. Šmejkal, M., Dočkal, O., Thomas, K., Kalous L. First record of highly invasive Chinese sleeper *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Perciformes: Odontobutidae) in the Elbe River Basin, Czechia. *BioRxiv: the reprint server for biology.* https://doi.org/10.1101/2023.01.20.524995
13. Pihlström H., Kuningas S., Salmi J. A., Granroth J. First record of the invasive Chinese sleeper *Perccottus glenii* (Gobiiformes: Odontobutidae) in Finland. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica, 2022, no. 98, pp.* 87–92.
14. Rizevskii V. K., Pluta M. V., Ermolaev V. V. The morphological characteristic of Amur sleeper Perccotus glehni Dybowski from Minsk water reservoir system. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnych navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 1999, no. 3, pp. 119–121 (in Russian).
15. Lukina I. I. Distribution of the Amur sleeper (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) in Belarus. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2011, vol. 2, no. 2–3, pp. 209–212. https://doi.org/10.1134/S2075111711030088

16. Grabowska J., Kvach Y., Rewicz T., Pupiňđ M., Kutsokon I., Dykyy I., Antal L., Zićba G., Rakauskas V., Trichkova T., Čeirâns A., Grabowski M. First insight into the molecular population structure and origins of the invasive Chinese sleeper, *Perccottus glenii*, in Europe. *NeoBiota*, 2020, no. 57, pp. 87–107. https://doi.org/10.3897/neobiota.57.48958
17. Lukina I. I., Rizevski V. K. The Amur sleeper Perccottus glenii in Belarus: the main invasion pathways and urgent directions of combating the invasive species. *Vesnik Grodzenskaga dzyarzhaunaga universiteta imya Yanki Kupaly. Seryya 5, Ekanomika. Satsyyalogiya. Biyalogiya = Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno. Series 5. Economics. Sociology. Biology*, 2021, vol. 11, no. 2, pp. 152–162 (in Russian).
18. Zmachinskii A. S., Rizevskii V. K. Distribution and relative number of the Chinese sleeper (Perccottus glenii Dybowski, 1877) in water bodies of Minsk and its environs. *Vesnik Mazyrskaga dzyarzhaunaga pedagagichnaga universiteta imya I. P. Shamyakina* [Vestnik of Mozur State Pedagogical University named after I.P. Shamyakin], 2012, no. 2 (35), pp. 3–12 (in Russian).
19. Rakauskas V., Virbickas T., Steponėnas A. Several decades of two invasive fish species (*Perccottus glenii*, *Pseudorasbora parva*) of European concern in Lithuanian inland waters; from first appearance to current state. *Journal of Vertebrate Biology*, 2021, vol. 70, no. 4, pp. 1–14. https://doi.org/10.25225/jvb.21048
20. Mordukhai-Boltovskii F. D. (ed.). *Methods of studying biogeocenoses of internal water bodies*. Moscow, Nauka Publ., 1975. 240 p. (in Russian).
21. Pravdin I. F. *A guide for fish (mostly freshwater) research*. 4th ed. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1966. 376 p. (in Russian).
22. Zhukov P. I. *Determination of fishes living in water bodies of the Republic of Belarus: reference manual*. Minsk, Biznesofset Publ., 2003. 88 p. (in Russian).
23. Yang P.-M., Jin G.-H.,, Liu Y.-X., Li J.-W., Hu Z.-Y. Early development of the Amur sleeper (*Perccottus glenii*, Dybowski, 1877): a remarkable invasive species in Eurasia. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2012, vol. 11, no. 3, pp. 590–601.
24. Perccottus glenii Dybowski, 1877. *GBIF: Global Biodiversity Information Facility*. Available at: https://www.gbif.org/ru/species/2390064 (accessd 23.05.2023).

Сведения об авторе

Александр Станиславович Змачинский — магистр биологических наук, редактор ОДО «Polipark» (3-я ул. Щорса, 9, офис 301, Минск, Республика Беларусь). E-mail: a.zmachynski@mail.ru

Information about the autor

Alexander S. Zmachynski — master of biological sciences, editor of LLCo «Polipark» (the 3rd Shchors street, 9, of. 301, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: a.zmachynski@mail.ru

УСТОЙЧИВОСТЬ ГИДРОБИОНТОВ И КОНТРОЛЬ НАД ПАТОГЕНАМИ

УДК 576.895.1:597.554.3(282)(476)

Поступила в редакцию 04.05.2023
Received 04.05.2023

Е.И. Бычкова[1], М.М. Якович[1], С.М. Дегтярик[2]

[1]ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», Минск, Республика Беларусь
[2]РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Республика Беларусь

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕЛЬМИНТОФАУНЫ КАРАСЯ СЕРЕБРЯНОГО В ВОДОЕМАХ БЕЛАРУСИ

Аннотация. На территории Беларуси у карася серебряного зарегистрировано 13 видов гельминтов — *Khawia sinensis* Hsu, 1935, *Neogryporhynchus cheilancristrotus* (Wedl, 1855), *Dactylogyrus anchoratus* (Dujardin, 1845), *Dactylogyrus dulkeiti* Bychowsky, 1936, *Dactylogyrus intermedius* (Wegener, 1909), *Dactylogyrus vastator* Nybelin, 1924, *Gyrodactylus medius* Kathariner, 1893, *Diplozoon paradoxum* Nordmann, 1832, *Paracoenogonimus ovatus* Katsurada, 1914, *Posthodiplostomum cuticola* (Nordmann, 1832), *Diplostomum spathaceum* Rudolphi, 1819, *Tylodelphys clavata* Nordmann, 1832, *Ichthyocotylurus pileatus* (Rudolphi, 1802). Фауна гельминтов данного вида рыбв водных объектах Беларуси в основном представлена моногенеями (6 видов) и трематодами (5 видов), что составляет по 42,8 % и 35,7 % (соответственно) от видового состава паразитических червей. Цестоды в данном списке представлены всего лишь 2 видами. Следует подчеркнуть, что данные виды гельминтов являются широко распространенными, регистрирующиеся у довольно обширного круга нативных видов рыб. Анализ собственных и литературных данных показал, что на территории Беларуси в фауне паразитических червей карася серебряного 9 видов являются характерными для аборигенных видов рыб. Формирование паразитофауны данного вида рыб в водоемах Беларуси осуществляется в направлении участия его в поддержании численности паразитов аборигенных видов рыб и расширения круга хозяев нативных видов паразитических червей.

Ключевые слова: чужеродные виды гельминтов, Республика Беларусь, карась серебряный, водоемы

Elizaveta I. Bychkova[1], Marya M.Yakovich[1], Sviatlana M. Dziahtsiaryk[2]

[1]SNPO Association "Scientific and Practical Center of National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources", Minsk, Republic of Belarus
[2]RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry", Minsk, Republic of Belarus

FORMATION FEATURES OF THE *HELMINTH FAUNA IN* GOLDFISH FROM *WATER BODIES OF BELARUS*

Abstract. *There have been 13 helminth species in goldfish in Belarus* — Khawia sinensis Hsu, 1935, Neogryporhynchus cheilancristrotus (Wedl, 1855), Dactylogyrus anchoratus (Dujardin, 1845), Dactylogyrus dulkeiti Bychowsky, 1936, Dactylogyrus intermedius (Wegener, 1909), Dactylogyrus vastator Nybelin, 1924, Gyrodactylus medius Kathariner, 1893, Diplozoon paradoxum Nordmann, 1832, Paracoenogonimus ovatus Katsurada, 1914, Posthodiplostomum cuticola (Nordmann, 1832), Diplostomum spathaceum Rudolphi, 1819, Tylodelphys clavata Nordmann, 1832, Ichthyocotylurus pileatus (Rudolphi, 1802). The *helminth fauna of this fish species in water bodies of Belarus is primarily composed by monogeneas (6 species) and tremadodes (5 species), which is 42.8 % and 35.7 % of the species composition of parasitic worms. This list includes only 2 species of Cestodes.* It should be emphasized that these types of helminths are widespread, and registered with a wide range of native fish species. The analysis of the literature and our own data demonstrated that in Belarus in the fauna of parasitic worms of goldfish 9 species are characteristic of https://context.reverso.net/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4/%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D1%80%D1%83%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9/characteristic+of native fish species. The parasite fauna formation of this fish species in water bodies of Belarus is in the direction of its participation in maintaining the number of parasites of native fish species and expanding the circle of hosts of native species of parasitic worms.

Keywords: alien species of helminths, Republic of Belarus, goldfish, water bodies

Введение. Формирование ихтиофауны водоемов Беларуси за последние 100 лет характеризуется не только исчезновением, но и появлением ряда новых видов рыб [1]. Важное значение в данном процессе имеет разведение, выращивание рыбы в искусственных условиях и ведение рыболовного хозяйства в естественных рыболовных угодьях. Интенсивные работы по акклиматизации в различных регионах дальневосточных видов рыб в послевоенный период привели к тому, что наряду с другими видами амурской ихтиофауны в Беларусь завезли и карася



«амурского» серебряного [2]. В соответствии с принятой на сегодняшний день систематикой без дополнительных уточнений название «карась серебряный» обозначает принадлежность особей к видовому комплексу *Crassius auratus*s. lato, который в подавляющем большинстве встречается в рыбопромысловых водоемах Беларуси [3]. Внешне карась «амурский» серебряный практически неотличим от аборигенного карася серебряного, обитавшего ранее на обширных пространствах Европы и Азии, однако он представляет собой совершенно иную экологическую форму. Одной из особенностей его является то, что при благоприятных условиях он не только легко преодолевает биологический барьер, создаваемый местной ихтиофауной (пищевая конкуренция, хищничество, паразитизм и т.д.), но и активно воздействует на последнюю, подавляя до минимума численность даже таких жизнестойких рыб, как окунь речной, ерш обыкновенный, плотва обыкновеннаяи др. Во многом это обусловлено существованием значительно более опасных в экологическом отношении гиногенетической формы карася серебряного, на воспроизводство которой расходуется генетический материал аборигенных видов карповых рыб [4, 5 и др.].

Наиболее ранние гельминтологические исследования карася серебряного на территории Беларуси касаются рыбоводных хозяйств, так как данный вид рыб появился в результате зарыбления их вместе с карпом обыкновенным [6]. В дальнейшим специальные исследования его паразитических червей не проводились, не изучались вопросы, связанные с формированием его гельминтофауны в зоне инвазии, а также последствия его вселения для паразитофауны аборигенной ихтиофауны. В литературе имеются лишь фрагментарные данные по зараженности данного вида рыб паразитическими червями в прудовых хозяйствах и естественных водоемах Беларуси [7, 8, 9]. Все вышеизложенное и определило актуальность наших исследований в данном направлении.

Материалы и методы. Материалом для настоящего сообщения послужили данные литературы и материалы многолетних исследований авторов, включающие результаты неполного гельминтологического обследования карася серебряного с целью обнаружения паразитических червей: 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 [10]. Для количес-

твенной 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. Анализ литературных данных и результатов собственных исследований гельминтофауны карася серебряного на территории Беларуси показал, что фауна паразитических червей данного вида рыб представлена 13 видами. Ниже приводится в систематическом порядке список видов паразитических червей карася серебряногов водоемах Беларуси.

Тип Plathelminthes Gegenbaur, 1859

Класс Cestoda Rudolphy, 1808

Отряд Caryophyllidea Beneden in Olsson, 1893

Семейство Lytocestidae Hunter, 1927

Род *Khawia* Hsu, 1935

***1. Khawia sinensis* Hsu, 1935**

Места обнаружения: рыбоводные хозяйства, естественные водоемы.

Отряд Cyclophyllidea Benedenin Braun, 1900

Семейство Dilepididae Railliet et Henry, 1909

Род *Neogryporhynchus* Baeret Bona, 1960

***2. Neogryporhynchus cheilancristrotus* (Wedl, 1855)**

Syn.: *Gryporhynchus pusillus* Nordmann, 1832; *Gryporhynchus tetrorchis* Hill, 1941; *Taenia cheilancristrotus* Wedl, 1855

На территории Беларуси вид ранее зарегистрирован как *Cysticercus gryporhynchuspusillus* (Nordmann, 1832) и *Cysticercus gryporhynchus cheilancristrotus* Nordmann, 1832.

Места обнаружения: рыбоводные хозяйства.

Класс Monogenea (VanBeneden, 1858) Bychowsky, 1937

Семейство Dactylogyridae Bychowsky, 1933

Род *Dactylogyrus* Diesing, 1850

***3. Dactylogyrus anchoratus* (Dujardin, 1845)**

Syn.: *Gyrodactylus anchoratus* Dujardin, 1845

Места обнаружения: рыбоводные хозяйства

***4. Dactylogyrus dulkeiti* Bychowsky, 1936**

Места обнаружения: рыбоводные хозяйства

***5. Dactylogyrus intermedius* (Wegener, 1909)**

Места обнаружения: рыбоводные хозяйства, естественные водоемы.

***6. Dactylogyrus vastator* Nybelin, 1924**

Места обнаружения: рыбоводные хозяйства, естественные водоемы.

Отряд Gyrodactylidea Bychowsky, 1937

Семейство Gyrodactylidae Cobbold 1864

Род *Gyrodactylus* Nordmann, 1832

***7. Gyrodactylus medius* Kathariner, 1893**

Места обнаружения: рыбоводные хозяйства, естественные водоемы.

Отряд Mazocreaidea Bychowsky, 1957

Семейство Diplozoidae Palombi, 1949

Род *Diplozoon* Nordmann, 1832

***8. Diplozoon paradoxum* Nordmann, 1832**

Места обнаружения: рыбоводные хозяйства, естественные водоемы.

Класс Trematoda Rudolphi, 1808

Отряд Strigeida La Rue, 1926

Семейство Cyathocotylidae Mühling, 1898

Род*Paracoenogonimus* Katsurada, 1914

***9. Paracoenogonimus ovatus* Katsurada, 1914**

Syn.: *Diplostomum hughesi* Markewitsch,1934; *Neodiplostomum hughesi* (Markewitsch, 1934)

На территории Беларуси вид зарегистрирован на стадии метацеркарии.

Места обнаружения: естественные водоемы.

Семейство Diplostomidae Poirier, 1886

Род *Posthodiplostomum* Dubois, 1936

Syn.: *Diplostomulum* Brandes, 1892 part.; *Diplostomum* Nordmann, 1832 part.; [по работе11]

***10. Posthodiplostomum cuticola* (Nordmann, 1832)**

Syn.: *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)

На территории Беларуси вид зарегистрирован на стадии метацеркарии как *Neascus cuticola* (Nordmann, 1832).

Места обнаружения: рыбоводные хозяйства, естественные водоемы.

Род *Diplostomum* Nordmann, 1832

Syn.: *Hemistomum* Diesing, 1850; *Proalaria* LaRue, 1926; [по работе 11]

***11. Diplostomum spathaceum* Rudolphi, 1819**

Syn.: *Diplostomum helveticum* Dubois, 1928.

На территории Беларуси вид зарегистрирован на стадии метацеркарии.

Места обнаружения: рыбоводные хозяйства, естественные водоемы.

Род *Tylodelphys* Diesing, 1850

***12. Tylodelphys clavata* Nordmann, 1832**

Syn.: *Diplostomulum clavatum* Nordmann, 1832; *Tylodelphys conifera* (Mehlis, 1846)

На территории Беларуси вид ранее зарегистрирован на стадии метацеркарии как *Diplostomulum clavatum* Nordmann, 1832.

Места обнаружения: рыбоводные хозяйства, естественные водоемы.

Семейство Strigeidae Railliet, 1919

Род *Ichthyocotylurus* Odening, 1969

Syn.: для стадии метацеркарии — *Cotylurus* auct.; *Tetracotyle* auct.

***13. Ichthyocotylurus pileatus* (Rudolphi, 1802)**

Syn.: *Cotylurus pileatus* (Rudolphi, 1802); *Tetracotyle diminuta* Hughes, 1928

На территории Беларуси вид ранее зарегистрирован на стадии метацеркарии как *Cotylurus pileatus* (Rudolphi, 1802).

Места обнаружения: рыбоводные хозяйства, естественные водоемы.

Фауна гельминтов карася серебряногов водных объектах Беларуси в основном представлена моногенеями (6 видов) и трематодами (5 видов), что составляет по 42,8 % и 35,7 % (соответственно) от его видового состава паразитических червей. Цестоды в данном списке представлены всего лишь 2 видами. Анализ собственных и литературных данных показал, что на территории Беларуси в фауне паразитов карася серебряного 9 видов гельминтов являются характерными для аборигенных видов рыб: 3 вида моногеней –*D. intermedius, D. anchoratus, G.medius,* 2 вида цестод (*Kh.sinensis*, *Gr.pusillus,* larvae) и личиночные стадии трематод — *P. ovatus, I. pileatus, T. clavata*и *P. cuticola*. Следует подчеркнуть, что данные виды гельминтов являются широко распространенными видами паразитов, регистрирующиеся у довольно обширного круга нативных видов рыб [7].

В прудовых хозяйствах у карася серебряногозарегистрировано 12 видов гельминтов. Фауна моногеней представлена 6 видами, трематод — 4 и цестод — 2 видами. Цестода *Kh. sinensis* широко распространена в прудовых хозяйствах республики и наносит существенный ущерб рыбоводному хо-

зяйству [8, 9]. Экстенсивность инвазии данного вида цестод у карася серебряного составила 4,3±3,7 %, интенсивность инвазии — 1–5 экз./ особь. *Kh. sinensis* является чужеродным видом и занесена в Черную книгу инвазивных видов животных Беларуси [12]. Лярвоцисты *N. cheilancristrotus* зарегистрированы у карася серебряного в 11 рыбхозах Беларуси [6, 13].

Среди моногеней особого внимания заслуживает *D. dulkeiti*. Появление *D. dulkeiti* в прудовых хозяйствах республики связано с зарыблением их в 1950-х гг. посадочным материалом карася серебряногоиз российских рыбопитомников, где этот вид является широко распространённым в его популяциях. Моногенея *D. Dulkeiti* является видоспецифичным паразитом, который ранее не регистрировался на территории Беларуси. Этот вид успешно адаптировался в зоне инвазии, чему способствовали высокая численность карася серебряного и достаточно простой цикл развития паразита без смены хозяев и чередования поколений. Наши данные согласуются с результатами исследований российских авторов [14], которые утверждают, что в ряде случаев чужеродные виды рыб могут привносить в водоем своих специфических паразитов. Остальные 5 видов моногеней являются характерными для других видов карповых рыб. Трематоды в прудовых хозяйствах у карася серебряного представлены 4 видами (*I. pileatus, T. clavata, D. spathaceum, P. cuticola*), характерными для аборигенной ихтиофауны. Для данных видов трематод карась серебряный является метацеркарным хозяином.

В естественных промысловых водоемах у карася серебряного зарегистрировано 10 видов паразитических червей: моногенеи — 4 вида, трематоды — 5 видов, цестоды — 1 вид. В естественных водоемах данный вид рыб заражен цестодой *Kh. sinensis* с частотой встречаемости 10,0 % и интенсивностью инвазии 1–2 экз./ особь [15]. Широкому распространению данного вида цестод в прудовых хозяйствах и в естественных водоемах способствовало наличие в них промежуточных хозяев цестоды, что позволяет *Kh. sinensis* завершать цикл развития в условиях Беларуси. Паразитирование *Kh. sinensis* у карася серебряного в естественных водоемах и водотоках отмечают и на территории Украины [16]. Что касается трематод, то 4 вида характерны для карася серебряного как в прудовых хозяйствах, так и в естественных водоемах и только 1 вид (*P. ovatus*) регистрируется у него в естественных водоемах. Данные виды трематод у карася серебряного регистрируются на стадии метацеркарий. Все 4 вида моногеней являются характерными для других аборигенных видов рыб.

На формирование гельминтофауны карася серебряного и сказывается длительный период его совместного обитания в водоемах Беларуси с аборигенным карасем золотым. Зарыбление промысловых водоемов Беларуси карасем серебряным привело к интенсивному вытеснению им карася золотого [17]. Отмеченное явление приняло глобальные масштабы и характерно не только для Беларуси, но и для многих водоемов Европы [18 и др.], а также для регионов России [19]. При сравнении гельминтофауны карасей серебряного и золотого выявлено низкое сходство их гельминтофауны [20]. На наш взгляд это обусловлено, во-первых, экологическими особенностями последнего: карась «амурский» серебряный характеризуется высокой пластичностью и способностью к обитанию в многовидовых ихтиоценозах, что обусловливает более высокое, чем у карася золотого, видовое разнообразие паразитических червей. Во-вторых, это связано с путями проникновения карася серебряного на территорию Беларуси. Как указывалось выше, проникновение карася серебряного в водоемы Беларуси шло посредством санкционированного зарыбления рыбоводных прудов и естественных водоемов в 40–50-х годах прошлого столетия посадочным материалом карася «амурского» серебряного с Дальнего Востока и из Саввинского рыбопитомника, в большей степени свободным от паразитических червей. Можно предположить, что формирование гельминтофауны данного вида рыб идет по пути включения его в циркуляцию возбудителей гельминтозных инвазий аборигенных видов рыб в водных экосистемах Беларуси. Полученные результаты исследований подтверждают это предположение, из 13 видов гельминтов, паразитирующих у данного вида рыб, 9, как указывалось выше, являются характерными для нативной ихтиофауны. Карась серебряный, будучи чужеродным видом, в условиях Беларуси расширил список аборигенных видов хозяев паразитических червей и в водоемах Беларуси участвует в поддержании численности паразитов широко распространенных видов рыб.

При сравнении инвазированности гельминтами карася серебряного на территории России, где освоение водоемов и водотоков данным видом рыб началось более 300 лет тому назад и шло естественным путем, отмечается его более богатая фауна паразитических червей, по сравнению с территорией Беларуси [21, 22, 23, 24]. По данным О.Пугачева [21, 22, 23], у карася серебряного в реках Европейской части России, Сибири и Дальнего Востока паразитирует 26 видов моногеней, 17 видов цестод, 38 видов трематод, 5 видов нематод и 6 видов скребней.

Сравнивая особенности видового состава паразитических червей, регистрируемых у карася серебряного на территории Беларуси и России, в первую очередь следует отметить более низкое (в 2,4 раза) видовое разнообразие гельминтов у данного вида рыб в водоемах Беларуси. При этом качественное сходство паразитических червей сравниваемых территорий составляет 34,0 %. Различия наблюдаются по всем классам гельминтов. Максимальное фаунистическое сходство отмечено для моногеней (43,0 %). Фаунистическое сходство трематод и цестод составляет всего лишь 13,0 % и 14,0 % (соответственно). Представители класса круглых червей, регистрируемые у карася серебряного в водоемах и водотоках на территории России, на территории Беларуси в наших исследованиях не отмечены. На основании данного сравнения можно ожидать появления в фауне гельминтов карася серебряного в водоемах Беларуси в ближайшие десятилетия около 20 видов паразитических червей. Такое предположение основано на том, что большинство этих видов паразитирует у данного вида рыб в водоемах на сопредельной территории (Европейская часть России). Наши выводы согласуются с мнением ряда авторов, которые утверждают, что происхождение инвазивных видов рыб, пути их проникновения в зону инвазии, а также сроки их обитания на новой для них территории, напрямую отражается на процессе формирования их паразитофауны [25, 26].

Заключение. Проведенный анализ результатов собственных исследований и литературных данных показал, что формирование гельминтофауны карася серебряного в условиях Беларуси осуществляется в направлении участия его в поддержании численности паразитов аборигенных видов рыб и расширения видового состава хозяев нативных видов паразитических червей. Несмотря на то, что прошел достаточно длительный период (более 50 лет) с момента массового заселения карася серебряного в водоемы Беларуси, процесс формирования его гельминтофауны не завершен. Вполне возможно ожидать появления в фауне паразитических червей данного чужеродного вида рыб новых видов паразитов, характерных как для ихтиофауны Беларуси, так и сопредельных территорий. Чужеродные виды паразитов (*Kh. sinensis* и *D. dulkeiti*) карася серебряного в зоне инвазии способны быстрее реализовывать свои жизненные циклы при условии успешного развития популяции хозяина и адаптации личиночных стадий к влиянию новой по характеристикам окружающей среды.

Список использованных источников

1. Новые виды рыб в фауне Беларуси / В.К. Ризевский [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. — 2009. — Т. 53, № 3. — С. 95–97.
2. Петрушевский, Г.К. Влияние акклиматизации рыб на их паразитофауну / Г.К. Петрушевский, О.Н. Бауер // Известия / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва. — М., 1953. — Т. 32 : Акклиматизация рыб во внутренних водоемах СССР. — С. 259–273.
3. Полетаев, А.С. Натурализация карася серебряного (Carassius auratus s. lato) на территории Беларуси / А.С. Полетаев, В.К. Ризевский // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. — Минск, 2019. — Вып. 35. — С. 146–157.
4. Биологическая характеристика карася серебряного озера Червоное / А.С. Полетаев [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. — Минск, 2022. — Вып. 37. — С. 215–228. https://doi.org/10.47612/978-985-880-000000-0-2022-37-215-228.
5. Полетаев, А.С. Сравнительный анализ кариотипа карася серебряного рыбхоза «Волма» / А.С. Полетаев, Е.С. Гайдученко // Тр. Белорус. гос. ун-та. Сер.: Физиол., биохим. и молекуляр. основы функционирования биосистем. — 2016. — Т. 11, ч. 1. — С. 224–230.
6. Чечина, А.С. Паразитофауна серебряного карася, акклиматизированного в прудовых хозяйствах Белоруссии / А С. Чечина // Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии : сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. — Минск, 1972. — Т. 8. — С. 155–157.
7. Взаимосвязь паразитоценозов рыб естественных водоемов и прудовых хозяйства Беларуси / Э. К. Скурат [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. — Минск, 2007. — Вып. 23. — С. 12–19.
8. Чужеродные виды паразитических червей интродуцированных видов рыб в водоемах Беларуси / Е.И. Бычкова [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. — Минск, 2017. — Вып. 33. — С. 225–235.
9. Bychkova, E.I. Alien species of fish helminths of Belarus / E.I. Bychkova, M.M. Yakovich, S.M. Degtyarik // Russ. J. of Biol. Invasions. — 2022. — Vol. 13, № 1. — P. 15–21. https://doi.org/10.1134/S2075111722010040
10. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР : в 3 т. / Акад. наук СССР, Зоол. ин-т ; под ред. О.Н. Бауера. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1985–1987. — Т. 2 : Паразитические многоклеточные (первая часть). — 1985. — 425 с. ; Т. 3 : Паразитические многоклеточные (вторая часть). — 1987. — 583 с.
11. Судариков, В Е. Отряд Strigeidida (La Rue, 1926). Sudarikov, 1959 / В.Е. Судариков // Трематоды животных и человека: основы трематодологии / [К. И. Скрябин и др.] ; Акад. наук СССР, Гельминтол. лаб. — М., 1971. — Т. 24. — С. 71–272.

12. Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / В.П. Семенченко [и др.] ; ред.: В.П. Семенченко, С.В. Буга. — Минск : Беларус. навука, 2020. — 163 с.
13. Чечина, А.С. Систематический обзор паразитов рыб в прудовых хозяйствах Белоруссии / А.С. Чечина // Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии : сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. — Минск, 1962. — Т. 4. — С. 129–140.
14. Жохов, А.Е. Паразиты-вселенцы бассейна Волги: история проникновения, перспективы распространения, возможности эпизоотий / А.Е. Жохов, М. Н. Пугачева // Паразитология. — 2001. — Т. 35, № 3. — С. 201–212.
15. 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. / Ин-т рыб. хоз-ва, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. — Минск, 2013. — Вып. 29. — С. 21–30.
16. Видовое разнообразие паразитов рыб непреднамеренно интродуцированных в водоёмы Украины / О.Н. Давыдов [и др.] // Зб. пр. Зоол. музею. — 2011. — № 42. — С. 3–12.
17. Ризевский, В.К. О вытеснении аборигенного карася золотого интродуцированным карасем серебряным / В.К. Ризевский, А.В. Зубей, И.А. Ермолаева // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. — Минск, 2013. — Вып. 29. — С. 263–274.
18. Lusk, S. Alien fish species in the Czech Republic and their impact on the native fish fauna / S. Lusk, V. Lusková, L. Hanel // Folia Zoologica. — 2010. — Vol. 59, № 1. — P. 57–72. https://doi.org/10.25225/fozo.v59.i1.a9.2010.
19. Колядин, С.А. Экологическая характеристика серебряного карася озер юга Красноярского края / С.А. Колядин, Г.М. Величко // Сб. науч. тр. / Гос. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва. — СПб., 1989. — Вып. 296 : Рыбохозяйственные исследования на водоемах Краснодарского края. — С. 78–87.
20. Бычкова, Е.И. Формирование гельминтофауны инвазивного вида рыб серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (*bloch*, 1782) в водоемах Беларуси / Е. И. Бычкова // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. — 2013. — Т. 57, № 6. — С. 82–84.
21. Пугачев, О.Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Книдарии, моногенеи, цестоды = Checklist of the freshwater fish parasites of the northern asia. Cnidaria, Monogenoidea, Cestoda / О.Н. Пугачев. — СПб. : Зоол. ин-т РАН, 2002. — 247 с. — (Труды Зоологического института ; т. 297).
22. Пугачев, О.Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Трематоды = Checklist of the freshwater fish parasites of the Northern Asia. Trematoda / Т.Н. Пугачев. — СПб. : Зоол. ин-т РАН, 2003. — 218 с. — (Труды Зоологического института ; т. 298).
23. Пугачев, О.Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Нематоды, скребни, пиявки, моллюски, ракообразные, клещи = Checklist of the

freshwater fish parasites of the northern asia. Nematoda, acanthocephala, hirudinea, mollusca, crustacea, acari / О.Н. Пугачев. — СПб. : Зоол. ин-т РАН, 2004. — 249 с. — (Труды Зоологического института ; т. 304).
24. Русинек, О.Т. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования) = Fish parasites of lake Baikal (fauna, communities, zoogeography and historical background) / О.Т. Русинек. — М. : Т-во науч. изд. КМК, 2007. — 576 с.
25. Bauer, O.N. Spread of parasites and diseases of aquatic organisms by acclimatization: a short review / O.N. Bauer // J. of Fish Biology. — 1991. — Vol. 39, № 5. — P. 679–686. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1991.tb04398.x.
26. Бисерова, Л.И. О причинах вспышки численности трематод *Apophallus muehlingi* в дельте Волги / Л.И. Бисерова // Проблемы изучения, охраны и рационального использования природных ресурсов Волго-Ахтубинской поймы и дельты реки Волги : тез. докл. конф. / Астрах. обл. координац. совет НТТМ, Астрах. обл. ком. ВЛКСМ ; редкол.: С.И. Никоноров [и др.]. — Астрахань, 1989. — С. 72–73.

References

1. Ryzeuski V.K., Pljuta M.V., Leshenko A.V., Yermalayeva I.A., Novik I.V. New fish species in the fauna of Belarus. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2009, vol. 53, no. 3, pp. 95–97 (in Russian).
2. Petrushevskii G.K., Bauer O.N. Influence of fish acclimatization on parasite fauna. *Izvestiya Gosudarstvennogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ozernogo i rechnogo rybnogo khozyaistva. T. 32. Akklimatizatsiya ryb vo vnutrennikh vodoemakh SSSR* [News of the State Research Institute of Lake and River Fisheries. Vol. 32. Acclimatization of fish in inland waters of the USSR]. Leningrad, 1953, pp. 259–273 (in Russian).
3. Poletaev A.S., Rizevskii V.K. The goldfich *(Crassius auratuss. lato)* establishment in Belarus. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific paper.* Minsk, 2019,iss. 35, pp. 146–157 (in Russian).
4. Poletaev A.S., Gajduchenko H.S., Rizevsky V.K., Leshchenko A.V. Biological features of the Chervonoe lake goldfish. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific paper.* Minsk, 2022, iss. 37, pp. 215–228 (in Russian). https://doi.org/10.47612/978-985-880-000000-0-2022-37-215-228.
5. Poletaev A.S., Gajduchenko H.S. Comparative analysis of the Volma fishery goldfish karyotype. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Fiziologicheskie, biokhimicheskie i molekulyarnye osnovy* [Proceedings of the Belarusian State University. Series of Physiological, Biochemical Molecular Biology Sciences], 2016, vol. 11, pt. 1, pp. 224–230 (in Russian).
6. Chechina A.S. Parasite fauna of silver carp acclimatized in pond farms in Belarus. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belorussii: sbornik nauchnykh trudov* [Belarussian fish

industry problems: collection of scientific paper]. Minsk, 1972, vol. 8, pp. 155–157 (in Russian).
7. Skurat E.K., Degtyarik S.M., Benetskaya N.A., Grebneva E.I., Sivolotskaya V.A., Asadchaya R. L., Govor T. A., Kuz'menkova O. V. Interrelation of parasitocenoses of fish in natural reservoirs and pond farms in Belarus. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific paper*. Minsk, 2007, iss. 23, pp. 12–19 (in Russian).
8. Bychkova E.I., Degtyarik S.M., Akimova L.N., Yakovich M.M. Alien species of helminths of the introduced fish species in reservoires of Belarus. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific paper*. Minsk, 2017, iss. 33, pp. 225–235(in Russian).
9. Bychkova E.I., Yakovich M.M., Degtyarik S.M. Alien species of fish helminths of Belarus. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2022, vol. 13, no. 1, pp. 15–21. https://doi.org/10.1134/S2075111722010040
10. Bauer O.N. (ed.). *Keys to parasites of freshwater fish of the fauna of the USSR. Vol. 2–3. Parasitic multicellular*. Leningrad, Nauka Publ., 1985–1987. (in Russian).
11. Sudarikov V.E. Order Strigeidida (La Rue, 1926). Sudarikov, 1959. *Trematody zhivotnykh i cheloveka: osnovy trematodologii* [Animal and human trematodes: fundamentals of trematology]. Moscow, 1971, vol. 24, pp. 71–272 (in Russian).
12. Semenchenko V.P., Buga S.V. (eds.). *Black Book of invasive animal species of Belarus*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2020. 163 p. (in Russian).
13. Chechina A.S. Systematic review of fish parasites in pond farms in Belarus. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belorussii: sbornik nauchnykh trudov* [Belarussian fish industry problems: collection of scientific paper]. Minsk, 1962, vol. 4, pp. 129–140 (in Russian).
14. Zhokhov A.E., Pugacheva M.N. Invading parasites of the Volga basin: history of penetration, distribution prospects, possibilities of epizootics. *Parazitologiya*, 2001, vol. 35, no. 3, pp. 201–212 (in Russian).
15. Degtyarik S.M., Asadchaya R.L., Skurat E.K., Benetskaya N.A., Grebneva E.I., Govor T.A., Sivolotskaya V.A. Cestodes found in fish in fish farms and natural reservoirs of the Republic of Belarus. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific paper*. Minsk, 2013, iss. 29, pp. 21–30 (in Russian).
16. Davydov O.N., Kurovskaja L.Ja., Lysenko V.N., Neborachek S.I. Diversity of fish parasites, unintentionally introduced in water reservoirs of Ukraine. *Zbirnik prats' Zoologichnogo muzeyu* [Proceedings of the Zoological Museum], 2011, no. 42, pp. 3–12 (in Russian).
17. Rizevskii V.K., Zubei A.V., Ermolaeva I.A. On the displacement of native goldfish by introduced goldfish. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers*. Minsk, 2013, iss. 29, pp. 263–274 (in Russian).
18. Lusk S., Lusková V., Hanel L. Alien fish species in the Czech Republic and their impact on the native fish fauna. *Folia Zoologica*, 2010, vol. 59, no. 1, pp. 57–72. https://doi.org/10.25225/fozo.v59.i1.a9.2010.

19. Kolyadin S.A., Velichko G.M. Ecological characteristics of the silver carp in the lakes of the south of the Krasnoyarsk Territory. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ozernogo i rechnogo rybnogo khozyaistva. Vyp. 296. Rybokhozyaistvennye issledovaniya na vodoemakh Krasnodarskogo kraya* [Collection of scientific papers of the State Research Institute of Lake and River Fisheries. Iss. 296. Fishery research in the reservoirs of the Krasnodar Territory]. St. Petersburg, 1989, pp. 78–87 (in Russian).
20. Bychkova E.I. Formation of the helminth fauna of an invasive species of fishes of a silver crucian of Carassius auratus gibelio (Bloch, 1782) in reservoirs of Belarus. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2013, vol. 57, no. 6, pp. 82–84 (in Russian).
21. Pugachev O.N. *Checklist of the freshwater fish parasites of the Northern Asia. Cnidaria, Monogenoidea, Cestoda. Proceedings of the Zoological Institute. Vol. 297.* St. Petersburg, Zoological Institute of RAS, 2002. 247 p. (in Russian).
22. Pugachev O.N. *Checklist of the freshwater fish parasites of the Northern Asia. Trematoda. Proceedings of the Zoological Institute. Vol. 298.* St. Petersburg, Zoological Institute of RAS, 2003. 218 p. (in Russian).
23. Pugachev O.N. *Checklist of the freshwater fish parasites of the Northern Asia. Nematoda, Acanthocephala, Hirudinea, Mollusca, Crustacea, Acari. Proceedings of the Zoological Institute. Vol. 304.* St. Petersburg, Zoological Institute of RAS, 2004. 249 p. (in Russian).
24. Rusinek O.T. *Fish parasites of lake Baikal (fauna, communities, zoogeography and historical background)*. Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 2007. 576 p. (in Russian).
25. Bauer O.N. Spread of parasites and diseases of aquatic organisms by acclimatization: a short review. *Journal of Fish Biology*, 1991, vol. 39, no. 5, pp. 679–686. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1991.tb04398.x.
26. Biserova L.I. On the reasons for the outbreak of the trematode Apophallus muehlingi in the Volga delta. *Problemy izucheniya, okhrany i ratsional'nogo ispol'zovaniya prirodnykh resursov Volgo-Akhtubinskoi poimy i del'ty reki Volgi: tezisy dokladov konferentsii* [Problems of study, protection and rational use of natural resources of the Volga-Akhtuba floodplain and the Volga river delta: proceedings report conference]. Astrakhan, 1989, pp. 72–73 (in Russian).

Сведения об авторах

Бычкова Елизавета Игнатьевна — доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией паразитологии, ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: bychkova@biobel.by. ORCID: 0000-0003-3760-3385

Якович Мария Митрофановна — старший научный сотрудник лаборатории паразитологии, ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: yakovichmm@tut.by. ORCID: 0000-0002-6296-8821

Дегтярик Светлана Михайловна — кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией болезней рыб, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «На-

учно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: lavrushnek@mail.ru

Information about authors

Elizaveta I. Bychkova — D.Sc (Biological), Professor, Head of the Laboratory of Parasitology, SNPO "Scientific and Practical Center of National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources" (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bychkova@biobel.by. ORCID: 0000-0003-3760-3385

Marya M. Yakovich — Senior Researcher, Laboratory of Parasitology, SNPO "Scientific and Practical Center of National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources" (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: yakovichmm@tut.by. ORCID: 0000-0002-6296-8821

Sviatlana M. Dziahtsiaryk — Ph.D. (Biological), Associate professor, Head of the Laboratory of Fish Diseases, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lavrushnek@mail.ru

УДК 639.3.043.2

Поступила в редакцию 01.06.2023
Received 01.06.2023

А.А. Климук, Т.Л. Калита, Л.Л. Брежнев

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), Москва, Российская Федерация

ДЕЙСТВИЕ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА *LAMINARIOCOLAX AECIDIOIDES* НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ АФРИКАНСКОГО КЛАРИЕВОГО СОМА *CLARIAS GARIEPINUS*

Аннотация. Изучено действие 5 и 15 % водного экстракта бурой водоросли *Laminariacolax aecidioides* на биохимические показатели крови молоди *Clarias gariepinus.* Показано, что содержание фракций фукоиданов (около 12 %) было сравнимо с его концентрацией в талломах макроводорослей, поэтому предложена возможность использования *L. aecidioides* в качестве альтернативного источника этих полисахаридов. Оценка влияния экстракта на биохимические параметры крови клариевого сома выявила позитивное влияние 5 % экстракта на состояние печени, почки и углеводного обмена рыб, тогда как более высокие концентрации экстракта (15 %) нарушали работу этих органов, что сопровождалось отклонением от нормы АСТ, щелочной фосфатазы и креатинина.

Ключевые слова: водный экстракт, фукоидан, моносахара, биохимические показатели крови, *Laminariacolax aecidioides*, *Clarias gariepinus*

Anastasia A. Klimuk, Tatyana L. Kalita, Leonid L. Brezhnev

Moscow State University of Technologies and Management (FCU), Moscow, Russian Federation

EFFECT OF LAMINARIACOLAX AECIDIOIDES WATER EXTRACT ON BIOCHEMICAL BLOOD INDICATORS OF AFRICAN CATFISH CLARIAS GARIEPINUS

Abstract. The effect of 5 and 15 % water extracts of the brown algae *Laminariacolax aecidioides* on the biochemical blood parameters of juveniles

Clarias gariepinus was studied. It was shown the content of fucoidan fractions (about 12 %) was comparable with its concentration in macroalgae thalli. Therefore, the possibility of using *L. aecidioides* as an alternative source of these polysaccharides was proposed. An assessment of the effect of the extract on the biochemical parameters of the blood of catfish revealed a positive effect of 5 % of the extract on the state of the liver, kidney and carbohydrate metabolism of fish, while higher concentrations of the extract (15 %) disrupted the functioning of these organs, which was accompanied by a deviation from the norm of AST, alkaline phosphatase and creatinine.

Keywords: water extract, fucoidan, monosaccharides, biochemical parameters, *Laminariacolax aecidioides*, *Clarias gariepinus*

Введение. Водные экстракты различных групп водорослей содержат большое число биологически активных веществ, действие которых очень широкое, начиная от стимуляции роста, урожайности, улучшения качества плодов высших растений [1], и, заканчивая смягчением действия абиотического стресса на растения [2] и животных [3].

Чаще всего экстракты в промышленном масштабе производят из представителей бурых макроводорослей порядков Laminariales и Fucales. Их экстракты проявляют антиоксидантную (связывание свободных радикалов на уровне клеток) [4], антимикробную [5], пребиотическую (стимуляция микробиоты кишечника рыб) [6], противоопухолевую [7], антигликемическую (ингибируют воздействие на α-глюкозидазы) [8], и др. активность. Действие экстрактов зависит от качества и количества входящих в них компонентов, их структуры, степени полимеризации [9], от элюента [10] и технологии экстракции [11, 12]. В водных экстрактах бурых водорослей превалируют фракции фукоиданов и ламинаранов (β-1,3-1,6-глюканов [13], а также в высоких долях отмечены флоротаннины и фукоксантин [14]. В этом отношении очень интересно исследование А.В. Скрипцовой (2017) [15], в котором показано, что нитчатые бурые водоросли из порядка Ectocarpales рода Streblonema синтезируют те же биологически активные вещества, что и традиционно-используемые виды бурых макроводорослей. Здесь просматривается очень перспективное направление использования нитчатых эктокарповых водорослей для получения полисахаридов необходимого количества и нужного качества в промышленных масштабах с использованием биореакторов за короткий срок и с наименьшими финансовыми затратами по сравнению с использованием макрофитов. Эти нитчатые водоросли, часто являясь эндо- и экзофитами, показывают

очень высокие темпы роста, феноменальные адаптационные способности и огромный репродуктивный потенциал. Поэтому в данной работе, мы исследовали действие водного экстракта одного из представителей порядка Ectocarpales, эндофита ламинариевых водорослей — *Laminariocolax aecidioides*, встречающийся повсеместно в северном полушарии [16–19].

Также следует отметить, что в настоящее время водоросли, особенно микроскопические (*Spirulina* spp., *Chlorella* spp.), охотно внедряют в рецептуры кормов для различных животных, включая корма индустриальной аквакультуры. Учитывая, что постоянно ведутся работы по внедрению в аквакультуру новых видов, например, сейчас проводятся исследования по адаптации Африканского клариевого сома в рыбоводные хозяйства средней полосы России, то оценка действия экстракта на этот вид была бы очень актуальной. Поэтому исследование действия водного экстракта *Laminariocolax aecidioides* изучали на молоди Африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*), измеряя 11 показателей крови.

Основная часть. Исследования проводились на инфраструктурных ресурсах уникальной научной установки (УНУ) НТИРФ Рег №3662433 «Научно-исследовательский комплекс передовых технологий аквакультуры и гидроэкологии» — Универсальном мультипрофильном стенде аквабиотехнологий и в экспериментальной инновационной лаборатории «Фитоэкологических аквабиотехнологий» факультета биотехнологий и рыбного хозяйства МГУТУ им. Разумовского (ПКУ).

Объект исследования. *Laminariacolax aecidioides* — это эндофитная бурая нитчатая водоросль рода Ectocarpales (Chordariaceae), была выделена из талломов бурой водоросли *Undaria pinnatifida* в июне 2018 г. (залив Петра Великого, Японское море, Россия) [16]. Штаммы водоросли хранятся в Морском биобанке Биоресурсной коллекции ННЦМБ ДВО РАН и были любезно переданы А.В. Скрипцовой для изучения в лабораторию «Фитоэкологических аквабиотехнологий» УНУ факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ).

Экспериментальный рацион. Для получения водного экстракта из водоросли *L. aecidioides*, 100 грамм живых водорослей экстрагировали дистиллированной водой (водоросли — дист. вода, 1:5 г/мл) в течение 8 ч при комнатной температуре, а затем нагревали и выдерживали при 80 °С в течение 30 мин на водяной бане. Горячий экстракт фильтровали и охлаждали по методике Вафина Л. Х., Подкорытова А. (2009).



Далее приготовленный экстракт вводили в опытные корма путем распыления и высушивания при температуре 40 °С до первоначальных значений влажности и хранили при температуре 4 °С в герметичных контейнерах не более 1 недели. Использовали концентрации 5 % и 15 % на 100 г. корма (5 мл экстракта/95 г корма; 15 мл экстракта/85 г корма,). Контрольную группу кормили коммерческим кормом без внесения экстракта.

В качестве основы рациона был взят коммерческий комбикорм фирмы Coppens (Нидерланды) (гранулированный комбикорм Coppens Intensiv 3 мм). Постановка эксперимента. Сеголетки африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*), всего в эксперименте было задействовано 30 рыб (78.29±22.8 г, 19.9±1.75 см) выращивались в экспериментальных группах по 10 особей в рыбоводных емкостях по 1000 л Универсального мультипрофильного стенда аквабиотехнологий УНУ, при этом обеспечивались условия — pH 7.0-7.5, t=26-28°C, L:D=12:12. Длительность эксперимента составила 60 дней. Было сформировано три опытные группы: 1 группа — контроль, 2 группа — 10 сомов кормили 5 % обогащенным экстрактом, и 3 группа, 10 сомов — 15% добавление экстракта. После недельной адаптации, рыб кормили два раза в день в 10:00 и 18:00. Суточная норма кормления составляла 4,0 % от биомассы выращиваемых рыб.

Условия выращивания *Laminariacolax aecidioides*: температура 10 С, освещенность 25 мкЕ/м^2 с$^{-1}$, фотопериод L:D = 12:12, еженедельная смена искусственной морской среды (обогащенная ES Провазоли) [20]. Биохимический анализ сыворотки крови. Для проведения биохимического анализа крови из каждой опытной и контрольной групп брали по три особи клариевого сома без видимых повреждений. Перед забором крови рыб анестезировали гвоздичным маслом в концентрации 0,05 %. Образцы крови (1 мл) брали из хвостовой вены.

Анализ сыворотки крови провели в начале и в конце эксперимента, который включал в себя определение биохимических маркеров состояния печени (общий белок, альбумин, глобулин, аспартатаминотрансфераза (АСТ) и аланинаминотрансфераза (АЛТ) щелочная фосфатаза), почки (мочевина, креатинин) и углеводного обмена в организме рыб (глюкоза, лактатдегидрогеназа (ЛДГ). АСТ, АЛТ, креатинин и мочевину в сыворотке определяли при помощи биохимического анализатора CS-T240 (Китай) с использованием готовых реактивов (наборов), поставляемых компанией Spinreact Co (Испания) следуя инструкциям произ-

водителя. Уровни глюкозы в крови (ммоль/л) измеряли с использованием ферментных наборов, полученных от Bio-Merieux (Франция) [21]. Общий белок и альбумины сыворотки определяли согласно Doumas и др. (1981) [22] и Reiner (2012) [23], а содержание глобулинов рассчитывали математически.

Определение полисахаридного состава *Laminariocolax aecidioides*. Количественное определение фукоидана осуществлялось спектрофотометрическим методом Dische (модифицированным) [24]. Метод основан на цветной реакции фукозы с L-цистеином и серной кислотой, позволяющий определять легкорастворимые фракции фукоидана с высоким содержанием фукозы и сульфатных групп [25]. Согласно работе Гурулевой с соавторами (2005) [11], при использовании этого метода определяется только легкорастворимая в разбавленных кислотах часть фукозосодержащих полисахаридов. Поэтому содержание фукоидана, найденное таким способом, как правило, ниже, чем содержание, рассчитанное из выхода фукозы при гидролизе биомассы. Для определения фукоидана в биомассе водоросли выход фукозы домножали на 2, исходя из условного среднего содержания фукозы в фукане, равного 50% [13].

Для определения концентрации моносахаров в эндофите пользовались стандартными методиками спектрофотометрического определения сахаров с антроновым реактивом [26]. Метод основан на расщеплении сложных углеводов до моносахаров (в случае с бурыми водорослями, расщепление ламинаранов (β-1,3-1,6 глюканов) до глюкозы, соединенной β-1,3-связью) [27] с последующей их дегидрацией и образовании гидроксиметилфурфурола, образующего при реакции с антроном комплексное соединение сине-зеленого цвета. Интенсивность окраски прямо пропорциональна содержанию сахаров в пробе.

Для сравнения полученных концентраций полисахаридов *L. aecidioides* дополнительно провели исследование содержания фукоиданов и моносахаров в сухих образцах водорослей порядка Fucaceae: *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* пользуясь методиками, описанными выше.

Статистическая обработка. Определение нормальности распределения численных данных осуществлялось при помощи теста Колмогорова-Смирнова. Сравнение содержания моносахаров в водоросли, биохимических параметров и оценка достоверности различий опытных и контрольных групп выполнена с помощью t-критерия Стьюдента.

Влияние различных концентраций экстракта на параметры крови оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) для независимых переменных. Вероятность ошибки $p<0,05$ считали достаточной для вывода о статистической значимости различий полученных данных. Обработка полученных в ходе экспериментальных исследований данных производилась с использованием StatSoft, Inc. Statistica V. 12.

Спектрофотометрическое определение содержания фракций фукоиданов и моносахаров. Анализ содержания фракций фукоидана показал, что процентное содержание фукозо-содержащих полисахаридов, определенное спектрофотометрическим способом, в L. aecidioides (Ectocarpales) имеет схожие значения с представителями фукусовых — *F. evanescens* и *A. nodosum,* и составляет 12 % от биомассы сухой водоросли (табл. 1).

Таблица 1. **Содержание фракций фукоидана и моносахаров**
Table 1. **Content of fucoidan and monosaccharides fractions**

Классификация водоросли	Фукоидан, %	Моно-сахара, мг/мл
Класс Phaeophyceae Порядок Ectocarpales Сем. Chordariaceae Вид ***Laminariacolax aecidioides***	12±11,2	0,144±0,03*
Класс Cyclosporophyceae Порядок Fucales Сем. Fucaceae Вид ***Fucus evanescens***	15,3±6,0	0,2±0,02
Класс Phaeophyceae Порядок Fucales Сем. Fucaceae Вид ***Ascophyllum nodosum***	13,24±2,1	0,2±0,002

Примечание. * — достоверно отличается от контроля при $p<0,05$

Содержание моносахаров (глюкозы), в тканях *L. aecidioides* было в 1.4 раза ($p<0,05$) ниже по сравнению с концентрациями в талломах макрофитов (*F. evanescens* и *A. nodosum*) (табл. 1).

Изучение полисахаридного состава Laminariacolax aecidioides показало, что содержание фракций фукоиданов (около 12 %) было сравнимо с его концентрацией в талломах макроводорослей, традиционно используемых в промышленности. Так, фукус (Fucus evanescens) содер-

жит в среднем около 10 % фукоидана [28]. А дальневосточные промысловые водоросли порядка Laminariales содержат от 0,6 до 6,5 % фукоидана [29, 30]. Наибольшее содержание этого полисахарида, по данным М. И. Билан с коллегами (2014) было обнаружено в небольшой пластинчатой тихоокеанской бурой водоросли *Punctaria plantaginea* (19,2 %) [31]. На основе этих данных мы рассматриваем возможность использования *Laminariacolax aecidioides* в промышленном масштабе для получения таких биологически активных веществ.

Оценка влияния водного экстракта *L. aecidioides* на биохимические параметры крови *Clarias gariepinus*. Результаты биохимического анализа сыворотки крови сомов представлены в таблице 2. Биохимические маркеры состояния печени: было зарегистрировано достоверное снижение активности аспарагиновой аминотрансферазы (АСТ) в крови группы сомов с добавлением 15 % экстракта в 2,14 раза ($p<0,05$) к концу эксперимента (60 суток).

Наблюдалось достоверное снижение концентрации щелочной фосфатазы в крови рыб, питавшихся кормом с добавлением 5 % экстракта — в 2,17 раза ($p<0,05$) к концу эксперимента по сравнению с контрольными показателями. Другие биомаркеры: АЛТ, общий белок крови, альбумин, глобулин и их соотношение не отличались от контрольных показателей на протяжении эксперимента.

Биохимические маркеры состояния почки (мочевина и креатинин) были в пределах физиологической нормы на протяжении эксперимента.

Биохимические маркеры углеводного обмена. Глюкоза в группах 5 и 15 % достоверно была снижена к 60 суткам эксперимента в 1,28 и 1,5 раза ($p <0,05$) соответственно. Наименьшее значение глюкозы в крови отмечено у особей, группе которых задавали корм с 15 % экстракта в течении 60 суток, и составляло 3,2 ммоль/л.

Уровень лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в сыворотке крови рыб не изменялся на протяжении эксперимента.

Анализ биохимических параметров крови сомов говорит о благоприятном воздействии экстракта на физиологическое состояние рыб в концентрации 5 %, что выражалось в отсутствии отклонений работы печени, почек и нормализации углеводного обмена. При добавлении 15 % экстракта в корма наблюдались нарушения в работе этих органов, что сопровождалось отклонением от нормы таких показателей как АСТ, щелочная фосфатаза, креатинин. Во всех вариантах опыта наблюдалось

низкое содержание альбуминов в сыворотке крови, что, как правило, связывают с напряженностью пластического обмена и с действием стрессовых факторов, понижающих адаптационные возможности организма рыб [32]. Среди возможных стрессовых факторов, мы полагаем, можно рассматривать плотность посадки и внутрипопуляционные взаимоотношения рыб.

Таблица 2. **Изменения биохимических показателей крови *Clarias gariepinus***
Table 2. **Changes in blood biochemical parameters of Clarias gariepinus**

Параметр	Период экспозиции, сут.	Норма [32]	Опытные группы		
			Контроль	5%	15 %
АСТ ед/л	1	83–570	119±37,1	108,1±6,8	125,3±39,5
	60		123,2±45,9	114,1±11,3	58,4±1,4
АЛТ ед/л	1	32–70	62,1±22,5	45,8±1,5	64,7±29,4
	60		41,6±17,8	39,3±14,1	39,9±13,1
Щелочная фосфатаза ед/л	1	3–25	44,7±9,3	45,7±9,5	36,3±9,0
	60		14,3±11,6	21,0±8,9	30,3±11,7
Общий белок г/л	1	25–40	35,9±2,6	32,3±5,3	35,9±3,4
	60		32,1±0,5	20,3±14,2	30,7±2,1
Альбумин г/л	1	14–17	12,1±0,9	11,0±1,0	11,3±0,5
	60		12,3±1,1	11,5±1,8	10,9±0,9
Глобулин г/л	1	н/д	23,8±1,7	21,3±4,3	24,6±2,9
	60		19,8±1,0	18,8±1,4	19,7±1,5
Соотношение альбумин/глобулин	1	н/д	0,5±0,004	0,5±0,07	0,5±0,04
	60		0,6±0,09	0,6±0,05	0,6±0,04
Мочевина ммоль/л	1	н/д	1,9±0,1	1,7±0,1	3,8±3,6
	60		1,6±0,2	1,2±0,3	1,1±0,3
Креатинин мл-моль/л	1	6–12	24,3±3,1	18,5±6,9	20,6±12,5
	60		2,2±2,2	7,3±7,4	5,7±5,3
Глюкоза ммоль/л	1	1–20	8,2±0,8	5,5±0,4	4,8±0,6
	60		4,9±1,3	4,3±0,6	3,2±0,0
ЛДГ ед/л	1	н/д	193,0±82,6	173,0±48,2	132,7±27,3
	60		193,6±64,9	147,7±20,5	112,7±17,0

Примечание. Результаты представлены в виде средних значений ± стандартное отклонение, н/д — нет данных

Аналогичные результаты были получены при внесении фукоидана в корма красного морского леща *Pagrus major* (в концентрации 0,2 и 0,4 %), что привело к снижению АСТ в крови рыб и нормализации работы печени [33]. Кроме того, кормление фукоиданом влияло на метаболизм рыб, снижая уровень глюкозы в крови у взрослых *Danio rerio* [34], что наблюдалось нами уже после 1 суток кормления экстрактом *Laminariacolax aecidioides* и оставалась неизменной в течение эксперимента — около 5 ммоль/л что было в пределах нормы для сомов (1–20 ммоль/л, цит. по Пронина, Корягина, 2015 [32]).

Выводы.

1. В результате исследования концентраций полисахаридов было выявлено, что содержание фракций фукоиданов в нитчатой водоросли *Laminariacolax aecidioides* составляет около 12 % от биомассы сухой водоросли, следовательно, можно использовать эндофит в качестве альтернативного источника биологически активных полисахаридов.

2. Изучение действия 5 и 15 % водного экстракта в кормах на биохимические показатели крови молоди *Clarias gariepinus* показало, что внесение 5 % экстракта оказало благоприятное воздействие на состояние печени, почки и углеводного обмена рыб, при этом добавление 15 % экстракта в корма сопровождалось негативным откликом организма сомов в виде отклонений от нормы АСТ, щелочной фосфатазы и креатинина.

Благодарности. Исследования выполнены в рамках проекта Межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования» и проводились на инфраструктурных ресурсах уникальной научной установки (УНУ) НТИРФ Рег №3662433 «Научно-исследовательский комплекс передовых технологий аквакультуры и гидроэкологии» — Универсальном мультипрофильном стенде аквабиотехнологий и в экспериментальной инновационной лаборатории «Фитоэкологических аквабиотехнологий».

Acknowledgment. The research was carried out within the framework of the project of the World-class Interregional Scientific and Educational Center "Russian Arctic: new materials, technologies and research methods" and was carried out on the infrastructure resources of the unique scientific installation (UNU) of the NTIRF Reg No. 3662433 "Scientific Research Complex of advanced technologies of aquaculture and hydroecology" — a universal multiprofile stand of aquabiotechnology and in experimental innovative laboratories of "Phytoecological aquabiotechnologies".

Список использованных источников

1. Mostafa M. M. Water extracts of Spirulina platensis and Chlorella vulgaris enhance tomato (Solanum lycopersicum L.) tolerance against saline water irrigation / M. M. Mostafa, D. M. Hammad, M. M. Reda, Abo El-Khair B. El-Sayed // Biomass Conv. Bioref. 2023. https://doi.org/10.1007/s13399-023-04460-x.
2. Enan S. A. A. M. Impact of foliar feeding with alga extract and boron on yield and quality of sugar beet grown in sandy soil / S. A. A. M. Enan, A. M. El-Saady, A. B El-Sayed // Egypt J of Agron, 2016, 38(2):319–336. https:// doi.org/10.21608/AGRO.2016.622.
3. Кушнерова, Н.Ф. Экстракт из бурой водоросли Laminaria japonica-перспективный стресс-протекторный препарат / Н.Ф. Кушнерова, С.Е. Фоменко, В.Г. Спрыгин, Т.В. Кушнерова, Ю.С. Хотимченко, Е.В. Кондратьева, Л.А. Другова // Биология моря — 2010. 36(№3) — С. 215–220.
4. Zubia, M. Antioxidant and antitumoural activities of some Phaeophyta from Brittany coasts / M. Zubia, M.S. Fabre, V. Kerjean, K. Le Lann, V. Stiger-Pouvreau, M. Fauchon, E. Deslandes // Food chemistry, 2009, 116(3), 693-701 https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.025.
5. Bello, A. Evaluation of genotoxic effects of methanolic extract of brown seaweed Stoechosper-mum marginatum / A. Bello, S. Padmanabhan, R. Thangamalai, K. Laksh-manan, K. Nagarajan // The Journal of Phytopharmacology, 2019, 8(5), 226-231. doi: 10.31254/phyto.2019.8504.
6. Журавлева, О.В. Бурые морские водоросли как новые источники пребиотиков / О.В. Журавлева // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: Материалы III Национальной научно-технической конференции, Владивосток, 18 декабря 2019 года. — Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2020. — С. 141–151.
7. Zorofchian M. S. Anticancer and antitumor potential of fucoidan and fucoxanthin, two main metabolites isolated from brown algae / M.S Zorofchian, H. Karimian, R. Khanabdali, M. Razavi, M. Firoozinia, K. Zandi, K. H. Abdul // Scientific World Journal, 2014, Jan 2;2014:768323. doi: 10.1155/2014/768323.
8. Moheimanian N. Inhibitory Potential of Six Brown Algae from the Persian Gulf on α-Glucosidase and In Vivo Antidiabetic Effect of Sirophysalis Trinodis / N. Moheimanian, H. Mirkhani, J. Sohrabipour, A.R. Jassbi // Iran J Med Sci., 2022, Sep;47(5):484-493. doi: 10.30476/IJMS.2021.91258.2245.
9. Li Y. Extraction and Identification of Phlorotannins from the Brown Alga, Sargassum fusiforme (Harvey) Setchel / Y. Li, X. Fu, D. Duan, X. Liu, J. Xu, X. Gao // Mar Drugs, 2017, Feb 21;15(2):49. doi: 10.3390/md15020049.
10. Sobuj M.K.A. Effect of solvents on bioactive compounds and antioxidant activity of Padina tetrastromatica and Gracilaria tenuistipitata seaweeds collected from Bangladesh / M. K. A. Sobuj, M.A. Islam, M.S. Islam, M.M. Islam, Y. Mahmud, S.M. Rafiquzzaman // Sci Rep., 2021, Sep 27;11(1):19082. doi: 10.1038/s41598-021-98461-3.

11. Гурулева, О.Н. Способ получения фукоидана из Laminaria japonica Aresch / О.Н. Гурулева, Н.М. Аминина, Т.И. Вишневская // Известия ТИНРО. 2005. — № 143. — С. 327–331.
12. Наумов, И.А. Водоросли — источник биополимеров, биологически активных веществ и субстрат в биотехнологии. Часть 1. Биополимеры клеток тканей водорослей / И.А. Наумов, Е.А. Буркова, З.А. Канарская, А.В. Канарский // Вестник Казанского технологического университета. 2015. №1.
13. Усов, А.И. Полисахариды водорослей. 55. Полисахаридный состав некоторых бурых водорослей Камчатки / А.И. Усов, Г.П. Смирнова, Н.Г. Клочкова // Биоорганическая химия. — 2001. — Т. 27, № 6. — С. 444–448.
14. Catarino M.D. Phycochemical Constituents and Biological Activities of Fucus spp / M.D. Catarino, A.M.S. Silva, S.M. Cardoso // Mar Drugs, 2018, Jul 27;16(8):249. doi: 10.3390/md16080249.
15. Skriptsova, A.V. Nitrogen Effect on Water-Soluble Polysaccharide Accumulation in Streblonema sp. (Ectocarpales, Phaeophyceae) / A.V. Skriptsova // Mar Biotechnol, 2017, 19, 410–419. https://doi.org/10.1007/s10126-017-9759-3.
16. Скрипцова, А.В. Первая находка бурой эндофитной водоросли Laminariocolax aecidioides (Rosenvinge) A.F. Peters, 1998 в дальневосточных морях России / А.В. Скрипцова, Т. Л. Калита // Биология моря. — 2020.
17. Burkhardt, E. Molecular evidence from nrDNA ITS sequences that Laminariocolax (Phaeophyceae, Ectocarpales sensu lato) is a worldwide clade of closely related kelp endophytes / E. Burkhardt, A.F. Peters // J. Phycol, 1998, V. 34. P. 682–691.
18. Bruhn, A. Crude fucoidan content in two North Atlantic kelp species, Saccharina latissima and Laminaria digitata—seasonal variation and impact of environmental factors / A. Bruhn, T. Janicek, D. Manns, M. Nielsen, T. J. S. Balsby, A.S. Meyer, A.B. Bjerre // Journal of applied phycology, 2017, 29, 3121-3137. https://doi.org/10.1007/s10811-017-1204-5.
19. Gauna, M.C. Epi-endophytic symbiosis between Laminariocolax aecidioides (Ectocarpales, Phaeophyceae) and Undaria pinnatifida (Laminariales, Phaeophyceae) growing on Argentinian coasts / M.C. Gauna, E.R. Parodi, E.J. Cáceres // J. Appl. Phycol, 2009, V. 21. P. 11–18. https://doi.org/10.1007/s10811-007-9298-9.
20. Provasoli, L. Experiments on the resynthesis of symbiosis in Covoluta roscoffensis with different flagellate cultures / L. Provasoli, T. Yamasu, I. Manton // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 1968, 48: 465–479.
21. Trinder, P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor / P. Trinder //Annals of clinical Biochemistry. — 1969. — Т. 6. — №. 1. — С. 24–27.
22. Doumas, B.T. A candidate reference method for determination of total protein in serum. I. Development and validation / B.T. Doumas, D.D. Bayse, R.J. Carter, Jr T. Peters, R. Schaffer // Clinical chemistry, 1981, 27(10), 1642–1650.
23. Reiner, M. Standard methods of clinical chemistry / M. Reiner // Elsevier, 2012. — Т. 1.

24. Dische, Z.A specific color reaction of methylpentoses and a spectrophotometric micromethod for their determination / Z. Dische, L.B. Shettles // Journal of biological chemistry. — 1948. — Т. 175. — №. 2. — С. 595–603.
25. Усов, А.И. Выделение фракций фукоидана из бурой водоросли L. cichorioides Miyabe / А.И. Усов, А.В. Кирьянов // Биоорган. химия. — 1994. — Т. 20. — №. 12. — С. 1342–1348.
26. Самылина, И.А. Определение сахаров спектрофотометрическими методами / И.А. Самылина, И.П. Рудакова, Ж.И. Аладышева, С.В. Ковалева // Фармация, 2009, (4), 3–5.
27. Звягинцева, Т.Н. Ферментативное превращение ламинаранов в 1→3;1→6-β-D-глюканы, обладающие иммуностимулирующим действием / Т.Н. Звягинцева, Л.А. Елякова, В.В. Исаков // Биоорганическая химия. — 1995. — Т. 21. — №. 3. — С. 218–225.
28. Имбс, Т.И. Оптимизация процесса экстракции фукоидана из бурой водоросли Fucus evanescens. / Т.И. Имбс, В.И. Харламенко, Т.Н. Звягинцева // Химия растительного сырья. — 2012. — № 1. — С. 143–147.
29. Имбс, Т.И. Сравнительное исследование химического состава и противоопухолевой активности водно-этанольных экстрактов бурых водорослей Laminaria cichorioides, Costaria costata и Fucus evanescens / Т.И. Имбс, Н.П. Красовская, С.П. Ермакова, Т.Н. Макарьева, Н.М. Шевченко, Т.Н. Звягинцева // Биология моря, 2009, т. 35, № 2, С. 140–146.
30. Skriptsova, A.V. Monthly changes in the content and monosaccharide composition of fucoidan from Undaria pinnatifida (Laminariales, Phaeophyta) / A.V. Skriptsova, N.M. Shevchenko, T.N. Zvyagintseva, T. I. Imbs // J Appl Phycol, 2010, 22, 79–86. https://doi.org/10.1007/s10811-009-9438-5
31. Билан, М.И. Полисахариды водорослей. Сообщение 65. Необычный полисахаридный состав тихоокеанской бурой водоросли Punctaria plantaginea / М.И. Билан, Г.П. Смирнова, А.С. Шашков, А.И. Усов // Известия Академии наук. Серия химическая. — 2014. — № 2. — С. 522. — EDN SYRKZZ.
32. Пронина, Г.И. Референсные значения физиолого-иммунологических показателей гидробионтов разных видов / Г.И. Пронина, Н.Ю. Корягина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. — 2015. — №. 4. — С. 103–108.
33. Sony, N.M. The effect of dietary fucoidan on growth, immune functions, blood characteristics and oxidative stress resistance of juvenile red sea bream, Pagrus major / N.M. Sony, M. Ishikawa, M.S. Hossain, S. Koshio, S. Yokoyama // Fish Physiol Biochem. 2019 Feb;45(1):439-454. doi: 10.1007/s10695-018-0575-0. Epub 2018 Oct 5. PMID: 30291545.
34. Ikeda-Ohtsubo W. Intestinal Microbiota and Immune Modulation in Zebrafish by Fucoidan From Okinawa Mozuku (Cladosiphon okamuranus) / W. Ikeda-Ohtsubo, A. López Nadal, E. Zaccaria, M. Iha, H. Kitazawa, M. Kleerebezem, S. Brugman // Front Nutr. 2020 Jun 24;7:67. doi: 10.3389/fnut.2020.00067. PMID: 32671088; PMCID: PMC7327095.

Reference

1. Mostafa M.M. Water extracts of Spirulina platensis and Chlorella vulgaris enhance tomato (Solanum lycopersicum L.) tolerance against saline water irrigation / M.M. Mostafa, D.M. Hammad, M.M. Reda, Abo El-Khair B. El-Sayed // Biomass Conv. Bioref. 2023. https://doi.org/10.1007/s13399-023-04460-x.
2. Enan S. A. A. M. Impact of foliar feeding with alga extract and boron on yield and quality of sugar beet grown in sandy soil / S. A. A. M. Enan, A.M. El-Saady, A. B El-Sayed // Egypt J of Agron, 2016, 38(2):319–336. https:// doi.org/10.21608/AGRO.2016.622.
3. Kushnerova, N.F. Brown algae extract Laminaria japonica is a promising stress-protective drug / N.F. Kushnerova, S.E. Fomenko, V.G. Sprygin, T.V. Kushnerova, J. S. Hotimchenko, E. V. Kondrat'eva, L. A. Drugova // Marine biology — 2010. 36(№3). P. 215–220 (in Russian).
4. Zubia, M. Antioxidant and antitumoural activities of some Phaeophyta from Brittany coasts / M. Zubia, M.S. Fabre, V. Kerjean, K. Le Lann, V. Stiger-Pouvreau, M. Fauchon, E. Deslandes // Food chemistry, 2009, 116(3), 693–701 https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.025.
5. Bello, A. Evaluation of genotoxic effects of methanolic extract of brown seaweed Stoechosper-mum marginatum / A. Bello, S. Padmanabhan, R. Thangamalai, K. Laksh-manan, K. Nagarajan // The Journal of Phytopharmacology, 2019, 8(5), 226–231. doi: 10.31254/phyto.2019.8504.
6. Zhuravleva, O.V. Brown seaweed as a new source of prebiotics / O.V. Zhuravleva // Innovative development of the fishing industry in the context of ensuring the food security of the Russian Federation: Proceedings of the III National Scientific and Technical Conference, Vladivostok, December 18, 2019. — Vladivostok: Far Eastern State Technical Fisheries University, 2020. — P. 141–151(in Russian).
7. Zorofchian M.S. Anticancer and antitumor potential of fucoidan and fucoxanthin, two main metabolites isolated from brown algae / M.S Zorofchian, H. Karimian, R. Khanabdali, M. Razavi, M. Firoozinia, K. Zandi, K.H. Abdul // Scientific World Journal, 2014, Jan 2;2014:768323. doi: 10.1155/2014/768323.
8. Moheimanian N. Inhibitory Potential of Six Brown Algae from the Persian Gulf on α-Glucosidase and In Vivo Antidiabetic Effect of Sirophysalis Trinodis / N. Moheimanian, H. Mirkhani, J. Sohrabipour, A.R. Jassbi // Iran J Med Sci., 2022, Sep;47(5):484–493. doi: 10.30476/IJMS.2021.91258.2245.
9. Li Y. Extraction and Identification of Phlorotannins from the Brown Alga, Sargassum fusiforme (Harvey) Setchel / Y. Li, X. Fu, D. Duan, X. Liu, J. Xu, X. Gao // Mar Drugs, 2017, Feb 21;15(2):49. doi: 10.3390/md15020049.
10. Sobuj M.K.A. Effect of solvents on bioactive compounds and antioxidant activity of Padina tetrastromatica and Gracilaria tenuistipitata seaweeds collected from Bangladesh / M. K. A. Sobuj, M.A. Islam, M.S. Islam, M.M. Islam, Y. Mahmud, S.M. Rafiquzzaman // Sci Rep., 2021, Sep 27;11(1):19082. doi: 10.1038/s41598-021-98461-3.
11. Guruleva O.N Method for obtaining fucoidan from Laminaria japonica Aresch / O.N. Guruleva, N.M. Aminina, T.I. Vishnevskaja // Izvestiya TINRO. 2005. № 143. P. 327–331(in Russian).

12. Naumov I.A. Algae is a source of biopolymers, biologically active substances and a substrate in biotechnology. Part 1. Biopolymers of algal tissue cells / I.A. Naumov, E.A. Burkova, Z.A. Kanarskaja, A.V. Kanarskij // Bulletin of Kazan Technological University. 2015. №1(in Russian).
13. Usov, A.I. Polysaccharide composition of some brown algae of Kamchatka / A.I. Usov, G.P. Smirnova, N.G. Klochkova // Bioorganic chemistry. — 2001. — T. 27, № 6. — P. 444–448 (in Russian).
14. Catarino M.D. Phycochemical Constituents and Biological Activities of Fucus spp / M.D. Catarino, A.M.S. Silva, S.M. Cardoso // Mar Drugs, 2018, Jul 27;16(8):249. doi: 10.3390/md16080249.
15. Skriptsova, A.V. Nitrogen Effect on Water-Soluble Polysaccharide Accumulation in Streblonema sp. (Ectocarpales, Phaeophyceae) / A.V. Skriptsova // Mar Biotechnol, 2017, 19, 410–419. https://doi.org/10.1007/s10126-017-9759-3.
16. Skripcova, A.V. The first finding of the brown endophytic alga Laminariocolax aecidioides (Rosenvinge) A.F. Peters, 1998 in the Far Eastern seas of Russia / A.V. Skripcova, T.L. Kalita // Marine biology. — 2020 (in Russian).
17. Burkhardt E. Molecular evidence from nrDNA ITS sequences that Laminariocolax (Phaeophyceae, Ectocarpales sensu lato) is a worldwide clade of closely related kelp endophytes / E. Burkhardt, A.F. Peters // J. Phycol, 1998, V. 34. P. 682–691.
18. Bruhn, A. Crude fucoidan content in two North Atlantic kelp species, Saccharina latissima and Laminaria digitate — seasonal variation and impact of environmental factors / A. Bruhn, T. Janicek, D. Manns, M. Nielsen, T. J. S. Balsby, A.S. Meyer, A.B. Bjerre // Journal of applied phycology, 2017, 29, 3121–3137. https://doi.org/10.1007/s10811-017-1204-5.
19. Gauna M.C. Epi-endophytic symbiosis between Laminariocolax aecidioides (Ectocarpales, Phaeophyceae) and Undaria pinnatifida (Laminariales, Phaeophyceae) growing on Argentinian coasts / M.C. Gauna, E.R. Parodi, E.J. Cáceres // J. Appl. Phycol, 2009, V. 21. P. 11–18. https://doi.org/10.1007/s10811-007-9298-9.
20. Provasoli L. Experiments on the resynthesis of symbiosis in Covoluta roscoffensis with different flagellate cultures / L. Provasoli, T. Yamasu, I. Manton // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 1968, 48: 465–479.
21. Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor / P. Trinder //Annals of clinical Biochemistry. — 1969. — T. 6. — №. 1. — P. 24–27.
22. Doumas, B.T. A candidate reference method for determination of total protein in serum. I. Development and validation / B.T. Doumas, D.D. Bayse, R. J. Carter, Jr T. Peters, R. Schaffer // Clinical chemistry, 1981, 27(10), 1642–1650.
23. Reiner M. Standard methods of clinical chemistry / M. Reiner // Elsevier, 2012. — T. 1.
24. Dische Z. A specific color reaction of methylpentoses and a spectrophotometric micromethod for their determination / Z. Dische, L.B. Shettles // Journal of biological chemistry. — 1948. — T. 175. — №. 2. — P. 595–603.

25. Usov A.I. Isolation of fucoidan fractions from the brown alga L. cichorioides Miyabe / A.I. Usov, A.V. Kir'janov // Bioorganic chemistry. — 1994. — T. 20. — №. 12. — P. 1342–1348 (in Russian).
26. Samylina, I.A. Determination of sugars by spectrophotometric methods / I.A. Samylina, I.P. Rudakova, Zh. I. Aladysheva, S.V. Kovaleva // Pharmacia, 2009, (4), 3–5 (in Russian).
27. Zvjaginceva T.N. Enzymatic conversion of laminarans into 1→3;1→6-β-D-glucans with an immunostimulatory effect / T.N. Zvjaginceva, L.A. Eljakova, V.V. Isakov // Bioorganic chemistry. — 1995. — T. 21. — №. 3. — P. 218–225 (in Russian).
28. Imbs, T.I. Optimization of the fucoidan extraction process from the brown algae Fucus evanescens / T.I. Imbs, V.I. Harlamenko, T.N. Zvjaginceva // Химия растительного сырья. — 2012. — № 1. — P. 143–147 (in Russian).
29. Imbs, T.I. Comparative study of the chemical composition and antitumor activity of water-ethanol extracts of brown algae Laminaria cichorioides, Costaria costata and Fucus evanescens / T.I. Imbs, N.P. Krasovskaja, S.P. Ermakova, T.N. Makar'eva, N.M. Shevchenko, T.N. Zvjaginceva // Marine biology, 2009, т. 35, № 2, P. 140–146 (in Russian).
30. Skriptsova, A.V. Monthly changes in the content and monosaccharide composition of fucoidan from Undaria pinnatifida (Laminariales, Phaeophyta) / A.V. Skriptsova, N.M. Shevchenko, T.N. Zvyagintseva, T.I. Imbs // J Appl Phycol, 2010, 22, 79–86. https://doi.org/10.1007/s10811-009-9438-5
31. Bilan M.I. Polysaccharides of algae. Message 65. Unusual polysaccharide composition of the Pacific brown algae Punctaria plantaginea / M.I. Bilan, G.P. Smirnova, A.S. Shashkov, A.I. Usov // Proceedings of the Academy of Sciences. Chemical series. — 2014. — № 2. — P. 522 (in Russian).
32. Pronina G.I. Reference values of physiological and immunological parameters of hydrobionts of different species / G.I. Pronina, N.J. Korjagina // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries. — 2015. — №. 4. — P. 103–108 (in Russian).
33. Sony N.M. The effect of dietary fucoidan on growth, immune functions, blood characteristics and oxidative stress resistance of juvenile red sea bream, Pagrus major / N.M. Sony, M. Ishikawa, M.S. Hossain, S. Koshio, S. Yokoyama // Fish Physiol Biochem. 2019 Feb;45(1):439-454. doi: 10.1007/s10695-018-0575-0. Epub 2018 Oct 5. PMID: 30291545.
34. Ikeda-Ohtsubo W. Intestinal Microbiota and Immune Modulation in Zebrafish by Fucoidan From Okinawa Mozuku (Cladosiphon okamuranus) / W. Ikeda-Ohtsubo, A. López Nadal, E. Zaccaria, M. Iha, H. Kitazawa, M. Kleerebezem, S. Brugman // Front Nutr. 2020 Jun 24;7:67. doi: 10.3389/fnut.2020.00067. PMID: 32671088; PMCID: PMC7327095.

Сведения об авторах

Климук Анастасия Алексеевна — магистр, младший научный сотрудник Экспериментальной лаборатории «Фитоэкологических аквабиотехнологий», Факультет Биотехнологий и рыбного хозяйства, Московский государственный универси-

тет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ) (ул. Земляной вал, д. 73, Москва, Российская Федерация). E-mail: klimukanastasia27@gmail.com

Калита Татьяна Львовна — кандидат биологических наук, доцент, и. о. зав. кафедрой «Биологии и биоинформатики» факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства, Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ) (ул. Земляной вал, д. 73, Москва, Российская Федерация). E-mail: t.kalita@mgutm.ru

Брежнев Леонид Леонидович — старший инженер Центра «Аквакультуры» факультета Биотехнологий и рыбного хозяйства, Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ) (ул. Земляной вал, д. 73, Москва, Российская Федерация). E-mail: brezhnev2011@list.ru

Information about the authors

Anastasia A. Klimuk — Master, Assistant researcher Experimental Laboratory of Phytoecological Aquabiotechnologies, Faculty of Biotechnology and Fisheries. Moscow State University of Technologies and Management K.G. Razumovsky (FCU) (Zemlyanoy Val, 73, Moscow, Russian Federation). E-mail: klimukanastasia27@gmail.com

Tatyana L. Kalita — PhD in Marine Biology, Associate Professor. Acting Head Department of Biology and Bioinformatics Faculty of Biotechnology and Fisheries. Moscow State University of Technologies and Management K.G. Razumovsky (FCU) (Zemlyanoy Val, 73, Moscow, Russian Federation). E-mail: t.kalita@mgutm.ru

Leonid L. Brezhnev — Senior Engineer of the Aquaculture Faculty of Biotechnology and Fisheries. Moscow State University of Technologies and Management K.G. Razumovsky (FCU) (Zemlyanoy Val, 73, Moscow, Russian Federation). E-mail: brezhnev2011@list.ru

УДК 639.3.03

Поступила в редакцию 22.05.2023
Received 22.05.2023

А.Р. Курбанов[1], С.М. Дегтярик[2], Г.В. Слободницкая[2], С.В. Полоз[2], Ш.М. Миролимова[3], Н.О. Титова[1], Е.В. Максимьюк[2], Т.А. Говор[2], А.В. Беспалый[2], Е.И. Гребнева[4]

[1]Научно-исследовательский институт рыбоводства при Государственном комитете ветеринарии и развития животноводства Республики Узбекистан, Ташкентская область, Янгиюльский район, ССГ Кукаламзор, Республика Узбекистан
[2]РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Республика Беларусь
[3]Институт микробиологии при Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан
[4]Отделение аграрных наук, Национальная академия наук, Минск, Республика Беларусь

БАКТЕРИОФЛОРА РЫБ — ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ БЕЛАРУСИ И УЗБЕКИСТАНА

Аннотация. В данной статье представлены результаты всесезонных исследований бактериофлоры разных видов рыб, разводимых в рыбоводных хозяйствах Беларуси и Узбекистана. Определен видовой состав палочковой и кокковой микрофлоры рыб в обеих странах. Отмечены потенциально опасные для рыб представители бактериофлоры. Также определен уровень бактериальной загрязненности водной среды, в которой обитает рыба, в количественном отношении выражающийся показателем общего микробного числа. Рассмотрены возможные причины повышения данного показателя выше предельно допустимых значений. Установлено, что бактериофлора рыб в Беларуси в период исследований была представлена 22 видами бактерий, в том числе 11 видами палочек и 11 видами кокков; бактериофлора рыб Узбекистана — 7 видами, в том числе 6 видами палочковой флоры и 1 видом кокковой микрофлоры. Общими представителями бактериофлоры рыб обеих стран являются бактерии р. *Kocuria* (*Kocuria kristinae* и *Kocuria rosea*) и *Aeromonas hydrophila.*

Ключевые слова: бактериофлора рыб, бактериальные болезни рыб, аквакультура, ихтиопатология, Беларусь, Узбекистан

Abdulla R. Kurbanov[1], Sviatlana M. Degtyarik[2], Halina U. Slobodnitskaya[2], Sviatlana V. Polaz[2], Shakhlo M. Mirolimova[3], Natalia O. Titova[1], Yauheniya U. Maksimyuk[2], Tatsiana A. Hovar[2], Aliaksei V. Biaspaly[2], Alena I. Grebneva[4]

[1]Scientific Research Institute of Fishery, Yangiyul district, Tashkent region, Republic of Uzbekistan
[2]RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry", Minsk, Republic of Belarus
[3]Institute of Microbiology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan
[4]Department of Agricultural Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

THE BACTERIAL FLORA OF FISH — OF THE AQUA CULTURE OBJECTS OF BELARUS AND UZBEKISTAN

Abstract. This article presents the results of all-season studies of the bacterioflora of different fish species bred in fish farms in Belarus and Uzbekistan. The species composition of bacillus and cocci fish microflora in both countries was determined. Potentially dangerous for fish representatives of bacterioflora are noted. The data of bacterial contamination of the aquatic environment in which the fish lives is also determined, quantitatively expressed as an indicator of the total microbial number. Possible reasons for increasing this indicator above the maximum permissible values are considered. It was established that the bacterioflora of fish in Belarus during the research period was represented by 22 species of bacteria, including 11 species of bacillus and 11 species of cocci; fish bacterioflora of Uzbekistan — 7 species, including 6 species of bacillus flora and 1 species of cocci microflora. Common representatives of the bacterioflora of fish in both countries are bacteria of the Kocuria (*Kocuria kristinae and Kocuria rosea)* and *Aeromonas hydrophila*.

Keywords: bacterial flora of fish, fish bacterial diseases, aquaculture, ichthyopathology, Belarus, Uzbekistan

Введение. Развитие аквакультуры в различных районах Узбекистана и Беларуси вносит существенный вклад в увеличение рыбной продукции и воспроизводство промысловых рыб. Снабжение населения полноценной белковой пищей — одна из важных проблем, в решении которой значительную роль играет интенсивное развитие прудового рыбоводства. Широкое распространение получило прудовое рыбоводство по выращиванию карпа, белого и пестрого толстолобиков, белого аму-

ра, форели радужной, осетровых и других видов рыб. Это предусматривает максимальное зарыбление озер и водохранилищ, уплотненные посадки рыбы в выростных, нагульных и в зимовальных прудах рыбоводных хозяйств, что обусловливает повышенный контакт гидробионтов и влечет за собой риск возникновения паразитарных и бактериальных заболеваний.

Аквакультура прудовых хозяйств в Узбекистане подвержена различным факторам загрязнения окружающей среды, а именно техническому, химическому, экологическому, микробиологическому. Аквакультура прудовых хозяйств в Узбекистане часто сталкивается с проблемами, связанными со стрессорами, болезнями и ухудшением качества водной среды, что приводит к серьезным экономическим потерям. Один из главных рисков в рыбном бизнесе — болезни и эпидемии рыбы, такие, как аэромоноз, кишечные паразиты, бранхомикоз и др. Если пропустить начало болезни, в кратчайший срок можно потерять все поголовье и разориться.

В Беларуси, несмотря на жесткий ветеринарно-санитарный контроль, проблема болезней рыб также весьма актуальна. Водная среда, в которой обитают рыбы, гораздо сложнее воздушной; потенциальные возбудители инфекционных и инвазионных болезней рыб как правило, постоянно присутствуют в воде. При воздействии неблагоприятных для рыбы антропогенных или природных факторов носительство очень быстро может перерости в серьезную вспышку заболевания, сопровождающуюся гибелью рыбы.

Состав микробного сообщества очень динамичен и быстро меняется; поэтому изменения в его составе и модулирование распространения возбудителя могут свидетельствовать об изменениях условий внешней среды еще до их появления. Известно, что баланс микробиома имеет ключевое значение для общего состояния здоровья рыб, поскольку изменения в микробиоме в ответ на стресс могут быть причиной заболеваний и, таким образом, имеют важное практическое значение в исследованиях аквакультуры и мониторинга патогенов.

Материалы и методы. Материалом для исследований служили:

- в Беларуси: разновозрастные рыбы сем. Карповых (карп, карась серебряный, пестрый толстолобик, белый амур, линь, плотва, верховка) и сем. Осетровых (стерлядь, ленский осетр, осбел (гибрид осетра и белуги));
- в Узбекистане: сазан (карп), белый толстолобик, белый амур, радужная форель;



- в обеих странах: пробы воды, отобранные в рыбоводных прудах и бассейнах.

Материал для исследований отобран в ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» (Брестская обл., Беларусь), СПУ «Изобелино», РУ «Вилейка», (Минская обл., Беларусь), ЧТУП «Клёвый берег» (Гродненская обл., Беларусь), ООО «ТСТ Fish-cluster» (Ташкентская область, Узбекистан), фермерское хозяйство «DB Group Eco» (Наманганская область, Узбекистан), фермерское хозяйство «Ibragimov Doston Fayz» (Ферганская обл., Узбекистан).

Бактериологические исследования проведены по общепринятым методикам [1–3]. Вначале осуществляли клинический осмотр с оценкой состояния поверхности тела, плавников и жабр. Затем следовало патологоанатомическое вскрытие отобранных для дальнейших исследований особей с оценкой состояния их внутренних органов. Для бактериологических посевов и культивирования микроорганизмов использовали твердые (мясопептонный агар (МПА), и жидкие (мясопептонный бульон (МПБ) среды. Посевы производили из внутренних органов (печень, почка, селезенка), крови и, при наличии, язв и экссудата всех вскрытых рыб, а также из воды (среды обитания рыб). Полученные бактериальные культуры очищали методом пересевов, окрашивали по Граму и проводили окси-тест. Все штаммы были помещены в коллекцию для дальнейшей работы: видовой идентификации, определения чувствительности к антибиотикам и патогенности.

Для дифференциации бактерий использовали микроскопический метод исследования суточных культур, выращенных на твердых и жидких питательных средах — МПА и МПБ соответственно. Далее бактерии испытывали на способность образовывать оксидазу (oxi-test). Идентификации бактерий до рода и вида производили при помощи тест-систем Api 20E, Api Staph и Api Strep (Беларусь), либо методом масс-спектрометрии MALDI-TOF с использованием биометрического анализатора VITEK MS (Узбекистан).

Исследование и оценку общего микробного числа воды проводили методом серийных разведений по общепринятым методикам [4–7].

Исследования проведены в течение апреля 2022 г. — февраля 2023 г.

Результаты исследований. Республика Узбекистан. Ташкентская обл. Произведено обследование рыбы, разводимой в прудах **ООО «ТСТ Fish-cluster» (**сазана, белого толстолобика и белого амура), из этих же отобрано 5 проб воды для определения ОМЧ. При клиническом осмотре

отмечено наличие на поверхности тела язв, гиперемированных участков и точечных кровоизлияний в области жаберных крышек, хвостового стебля и грудных плавников. Из язв и внутренних органов пораженных рыб, а также из воды произведены бактериологические посевы. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. **Результаты бактериологического анализа рыбы и воды в прудах ООО «ТСТ Fish-cluster»**
Table 1. **Results of bacteriological analysis of fish and water in ponds of LLC "TST Fish-cluster"**

№	1-й пруд	2-й пруд	3-й пруд	4-й пруд	5-й пруд
ОМЧ КОЕ\ml	$10*10^4$	$11*10^4$	$4*10^3$	$8*10^4$	$8*10^5$
1 из воды прудов	*Aeromonas caviae*	*Saprolegnia sp.*	*Aeromonas veronii*	*Aeromonas veronii*	*No peaks found*
2 внутренние органы рыб	*Aeromonas hydrophila*	*Aeromonas veronii*	-	*Saprolegnia sp.*	*Aeromonas veronii*

Как видно из табл. 1, самой низкой была численность микроорганизмов 3-м пруду ($4*10^3$ КОЕ/мл). Количество микроорганизмов в 1-Б пруду составляло $10*10^4$ КОЕ\мл, во 2-м пруду — $11*10^4$ КОЕ\мл, в 4-м пруду — $8*10^4$КОЕ\мл, т.е. было примерно одинаковым. Самым высоким было содержание микроорганизмов в воде пруда №5, оно составило $8*10^5$ КОЕ\мл. В воде пруда № 2 и на рыбе из пруда № 5 обнаружен гриб S*aprolegnia sp.* Из язв рыб были выделены *Aeromonas veronii* и *Aeromonas hydrophila*.

Результат осеннего осмотра показал, что хотя титр микроорганизмов снизился, среди условных патогенов по-прежнему выявляются представители рода Aeromonas. При этом установлено, что болезнь аэромоноз перешла в хроническую фазу. На рыбе есть следы зарубцевавшихся язв, но во внутренних органах патологии не обнаружено. По результатам анализа титр воды прудов 1-2-4-5 относятся к –α и β мезасапробной зоне. Снижение температуры привело к замедлению роста микроорганизмов. Но для устранения аэромоноза было рекомендовано просушить и продезинфицировать пруд, а также обеспечить чистоту поступающей воды, а также проверить чувствительность условно-патогенных бактерий к антибиотикам и принять соответствующие меры.

Наманганская обл. Произведен анализ микрофлоры образцов, полученных из организма рыб (радужной форели), разводимых в фермерском хозяйстве «DB Group Eco», а также воды — среды обитания рыб.



Было отмечено, что рыба вялая, малоактивная, на поверхности тела и жабрах наблюдались пятнистые кровоизлияния, при вскрытии отмечены гемморагический гастроэнтерит, спленит, нефрит, изменение печени. У отдельных особей наблюдались некротические участки на жабрах, распад плавников, выпадение чешуей, потемнение и изъязвление кожи.

Из посевов образцов, полученных от рыб, по форме, структуре и цвету отобрано 27 колоний. Культуры очищены путем пересевов на жидкую и твердую питательные среды и идентифицированы. Данные представлены в табл. 2 и 3. Следует отметить, что грамположительные кокки, образующие мелкие желтые колонии, и грамотрицательные палочки, образующие мелкие прозрачные колонии, идентифицировать методом MS не удалось.

Таблица 2. **Бактерии, выделенные от рыб, разводимых в ООО «DB Group Eco»**
Table 2. **Bacteria isolated from fish bred in DB Group Eco LLC**

№	Место взятия образцов	Морфология колоний	Результаты идентификации
1	"Интенсивный" пруд	Большие колонии с кремовым центром и прозрачными краями	*Aeromonas veronii*
2		Белые колонии	*Bacillus marisflavi*
3		Желтые мелкие	Грамположительные кокки
4		Маленькие прозрачные	Грамотрицательные палочки
5	Соскоб с поверхности тела рыб	Маленькие прозрачные	Грамотрицательные палочки
6		Большие колонии с кремовым центром и прозрачными краями	*Aeromonas veronii*
7	Внутренние органы рыб	Большие белые колонии	*Bacillus firmus*
8		Большие колонии с кремовым центром и прозрачными краями	*Aeromonas veronii*
9		Мелкие однородные колонии	Грамположительные кокки

Из табл. 2 видно, что бактериофлора форели радужной из хозяйства «DB Group Eco» не отличается разнообразием. Идентифицированы три

вида микроорганизмов: *Aeromonas veronii, Bacillus marisflavi, Bacillus firmus*. Из не идентифицированных можно отметить грамотрицательные палочки и грамположительные кокки.

Таблица 3. **Микрофлора образцов воды в водоемах ООО «DB Group Eco»**
Table 3. **Microflora of water samples in reservoirs of DB Group Eco LLC**

№	Образцы	Количество клеток, КОЕ/мл	Морфология колоний	Результат идентификации
1	Вода, взятая из скважины для инкубационного цеха	Отсутствует рост микроорганизмов	-	-
2	Вода, взятая с водоподающего канала	$1x10^2$	Кремовые с полупрозрачными краями колонии	*Aeromonas veronii*
3	Вода, взятая с пруда, где содержиться товарная форель	$1x10^2$	Желтые, оранжевые колонии	Не идентифицированы
			кремовые с полупрозрачными краями, белые однородные	*Aeromonas veronii, Aeromonas hydrophila*

Данные, представленные в табл. 3, свидетельствуют, что вода, в которой обитает радужная форель, в микробиологическом отношении является чистой: в пробе из скважины бактерий не обнаружено, в остальных образцах количество микроорганизмов не превышало $2x10^2$ КОЕ/мл. В исследуемых образцах воды микрофлора представлена родами *Aeromonas veronii, Aeromonas hydrophila*.

Ферганская обл. Обследована рыба (белый толстолобик) и отобраны пробы воды в фермерском хозяйстве «Ibragimov Doston Fayz». В ходе исследования обнаружены повреждения на коже рыб, в некоторых местах (в частности, на хвостовом стебле) уже заживающие. При обследовании внутренних органов наблюдалось скопление крови в одной части почки, точечные кровоизлияния в печени. Из посевов образцов, отобранных у рыб, по форме, структуре и цвету отобрано 13 колоний. Результаты идентификации представлены в табл. 4.

Как видно из таблицы 4, от белого толстолобика были выделены условно-патогенные бактерии *Aeromonas hydrophila, A. veronii, Pseudomonas putida*. Грамположительные кокки, образующие крупные и мелкие желтые колонии, грамположительные палочки, характеризующиеся ползучим ростом на поверхности среды, и грамотрицательные палочки,

образующие мелкие прозрачные колонии, идентифицировать методом MS не удалось.

Таблица 4. **Бактерии, выделенные от рыб, разводимых в ФХ «Ibragimov Doston Fayz»**
Table 4. **Bacteria isolated from fish bred in the farm "Ibragimov Doston Fayz"**

№	Образцы	Морфология колоний	
1	Бакпосев с поверхности тела рыбы	Мелкие желтые	Грамположительные кокки
2		Ползучий рост на чашке	Длинные грамположительные палочки
3		Большие колонии с темным центром и прозрачными краями	*Aeromonas hydrophila*
4		Мелкие белые	*Pseudomonas putida*
5	Бакпосев с поверхности тела рыбы	Мелкие прозрачные	Грамотрицательные палочки
6		Желтого цвета	Грамположительные кокки
7		Большие полупрозрачные	*Aeromonas veronii*
8	Толстолобик, бакпосев с поверхности тела рыбы	Большие полупрозрачные	*Aeromonas veronii*
9		Мелкие прозрачные	Грамотрицательные палочки
10		Крупные желтые	Грамположительные кокки
11	Толстолобик, бакпосев с внутренних органов	Среднего размера полупрозрачные размер	*Aeromonas veronii*
12		Мелкие прозрачные	Грамотрицательные палочки
13		Крупные желтые	Грамположительные кокки

Результаты исследования образцов воды представлены в табл. 5.

Бактериальная обсемененность воды, в которой обитают белые толстолобики, в ФХ «Ibragimov Doston Fayz», невысокая, ОМЧ не превышает $2x10^2$ КОЕ/мл. Из воды выделены изоляты *Aeromonas veronii, A. hydrophila, Psychrobacter pulmonis, Kocuria rosea, Bacillus firmus,* из которых два вида (*A. veronii, A. hydrophila*) представляют потенциальную опасность для рыб.

Таблица 5. **Микрофлора образцов воды в водоемах ФХ «Ibragimov Doston Fayz»**
Table 5. **Microflora of water samples in reservoirs of the farm "Ibragimov Doston Fayz"**

№	Образцы	Количество клеток, КОЕ/мл	Морфология колоний	Результат идентификации
1	Центральный ферганский канал (водоподающий канал)	$2x10^2$	Колонии с кремовым центром и полупрозрачными краями	*Aeromonas veronii*
		$8x10^1$	Розовые колонии	*Kocuria rosea*
2	личиночный пруд, рядом с Центральным ферганским канал	$8x10^1$	Белые мелкие	*Psychrobacter pulmonis*
		$2x10^2$	Большие колонии споровых бактерий	*Bacillus firmus*
3	Вода, взятая в интенсивном пруду	$7x10^1$	Мелкие желтые колонии	Не идентифицированы
		$2x10^2$	Кремовые с полупрозрачными краями, белые однородные	*Aeromonas veronii Aeromonas hydrophila*

Республика Беларусь. Брестская область. Исследования проводили в двух отделениях *ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» — «Центральное» и «Белоозерск»*. В течение вегетационного сезона 2022 г. регулярно проводили паразитологические и бактериологические исследования рыбы (карп, белый амур, пестрый толстлобик, ленский осетр, стерлядь, осбел (гибрид осетра и белуги), стербел (гибрид стерляди и белуги) разных возрастов — от личинки до производителей. Также проводили отбор проб воды для определения ее бактериальной обсемененности.

При внешнем осмотре рыбы нарушения целостности кожного покрова и патологических изменений, как правило, мы не выявляли. Исключение — гиперемия жучек, отмеченная у отдельных экземпляров осбела в мае или точечные кровоизлияния на жучках у ленского осетра в сентябре. При аутопсии рыб установлено, что внутренние органы не имели изменений, за исключением печени осетровых рыб, которая в большинстве случаев была белесого либо землистого цвета, мажущейся консистенции (результаты микробиологических исследований, при

этом, были отрицательны). Результаты бактериологических исследований воды и биологического материала, отобранного от рыб, представлены в табл. 6 и 7 (в табл. 6 представлены только идентифицированные представители микрофлоры).

Таблица 6. **Бактерии, выделенные от рыб, разводимых в ОАО ОРХ «Селец»**
Table 6. **Bacteria isolated from fish bred in JSC ORH "Selets"**

Вид рыбы, биологический материал	Место отбора	Изолят (идентификация)
ВЕСНА		
Стерлядь, селезенка	Белоозерск, бет. садок	*Aeromonas hydrophila*
Осбел, почка	Белоозерск, бет. садок	*Staphylococcus lentus*
Ленский осетр (далее — ЛО), почка	Белоозерск, бет. садок	*Kocuria kristinae*
Карп, печень	Центральное, пруд	*Staphylococcus sp.*
Карп, селезенка	Центральное, пруд	*Aeromonas hydrophila*
ЛО, почка	Центральное, бет. садок	*Aeromonas hydrophila*
ЛО, селезенка	Центральное, бет. садок	*Staphylococcus lentus*
ЛО, селезенка	Центральное, бет. садок	*Ochrobactrum anthropi*
Осбел, кровь	Белоозерск, бет. садок	*Shewanella putrefaciens*
ЛЕТО		
ЛО, печень	Центр., 22садок	*Aeromonas hydrophila*
ЛО (личинка)	Инкубцех, 37 ванна	*Aerococcus viridans*
-	Инкубцех, вода, 37 ванна	*Vibrio vulnificus*
ЛО, печень	Центр., 22 садок	*Aeromonas hydrophila*
ЛО, печень	Центр., 17 садок	*Aeromonas hydrophila*
ЛО, селезенка	Центр., 17 садок	*Aeromonas hydrophila*
Осбел, кровь	Беооозерск, бет. садок б/н	*Aeromonas hydrophila*
Карп, язва	Центр., наг. пруд №2	*Aeromonas hydrophila*
Карп, почка	Центр., наг. пруд №2	*Citrobacter braakii*
ЛО, селезенка	Центр., инкубцех	*Plesiomonas shigelloides*
ОСЕНЬ		
ЛО, селезенка	Белоозерск, бассейн 22	*Edwardsiella tarda*
Толстолобик, печень	Белоозерск, участок 6	*Aeromonas hydrophila*
Толстолобик, кровь	Белоозерск, участок 6	*Aeromonas hydrophila*
ЛО, селезенка	Центральное, садок 4	*Aeromonas hydrophila*
ЛО, печень	Центральное, садок 5	*Aeromonas hydrophila*
ЛО, кровь	Центральное, садок 5	*Aeromonas hydrophila*
ЛО, селезенка	Центральное, садок 5	*Serrattia odorifera*

Первичные микробиологические посевы из паренхиматозных органов и крови рыб не отличались обильным ростом, большую часть изолятов составляли представители сапрофитной микрофлоры — грамположительные палочки и кокки (в табл. 6 не представлены).

Таблица 7. **ОМЧ среды обитания рыб в ОАО ОРХ «Селец»**
Table 7. **OMCH of fish habitat in JSC ORH "Selets"**

Место взятия пробы	ОМЧ, КОЕ/мл
ВЕСНА	
Вдхр. «Селец»	19
Белоозерск, тепловодный канал	421
Белоозерск, бетонный садок	467
ЛЕТО	
Центральное, инкубцех, фильтр	51
Центральное, инкубцех, ванна №37	82
Центральное, бетонный садок №22	410
Белоозерск, бетонный садок №4	810
Белоозерск, бетонный садок №7	350
Белоозерск, бетонный садок №13	680
Вдхр. «Селец»	119440
ОСЕНЬ	
Отделение «Белоозерск» ОРХ «Селец» бассейн №8	2984
Отделение «Белоозерск» ОРХ «Селец» бассейн №22	19176
Отделение «Белоозерск» ОРХ «Селец» участок №6	5776
Отделение «Центральное» ОРХ «Селец» В-7	19332

Анализируя данные, представленные в табл. 6, отмечаем, что от рыб выделено и идентифицировано 26 штаммов бактерий, относящихся к 12 видам микроорганизмов. Из них 8 видов представляют собой палочковую микрофлору (*Aeromonas hydrophila,* ***Ochrobactrum anthropi, Shewanella putrefaciens,*** *Vibrio vulnificus, Citrobacter braakii, Plesiomonas shigelloides, Edwardsiella tarda, Serrattia odorifera*) и 4 вида — кокковую микрофлору (*Staphylococcus sp., Staphylococcus lentus, Kocuria kristinae, Aerococcus viridans*). Практически все палочки (кроме ***O. anthropi, о способности которых вызывать заболевания у рыб сведений не обнаружено), являются представителями*** условно-патогенной для рыб микрофлоры. Это постоянные обитатели воды и грунтов, в большинстве случаев присутствующие в организме рыбы без нанесения ей вреда, однако способные в неблагоприятных для рыб условиях, становиться патогенными

и вызывать опасные инфекционные заболевания. Из идентифицированных нами штаммов 53,8 % составили бактерии *A. hydrophila,* являющиеся условно-патогенными, но также постоянно присутствующие в водной среде и тканях рыбы.

Весной при определении ОМЧ воды отмечено следующее: в вдхр. «Селец» крайне низкая степень загрязнения — 19 КОЕ/мл. В тепловодном канале и бетонном садке она была несколько выше и составила 421 и 467 КОЕ/мл соответственно, что, однако, укладывается в пределы нормативных показателей для рыбоводных прудов (5000 КОЕ/мл) и садков, где содержатся осетровые рыбы (3000 КОЕ/мл) [4]. В летний период, на момент обследования, уровень бактериальной обсемененности воды в бетонных садках как в «Белоозерске», так и в «Центральном», находился в нормативных пределах и составлял 350–810 КОЕ/мл. В условиях инкубационного цеха он был низким: 51 КОЕ/мл (фильтр) и 82 КОЕ/мл (ванна № 37). В вдхр. «Селец» ОМЧ составляло 119440 КОЕ/мл, что более чем в 20 раз превышает нормативные показатели для рыбоводных прудов. Это, по всей вероятности, связано с зарегистрированной массовой гибелью ракообразных в указанном водоеме.

Осенью обнаружено превышение общей микробной обсемененности воды в 3,5 раза в бассейне № 22 отделения «Белоозерск» и на участке В-7 отделения «Центральное».

Минская область. В рыбоводном хозяйстве РУ «Вилейка» весной обследован рыбопосадочный материал — (двухлеток) карпа из нагульного пруда № 8. Рыба была клинически здорова. Бактериологические посевы на МПА рост не дали. Летом проведено ихтиопатологическое обследование сеголетков карпа из маточного пруда № 1 и трехлетков карпа, содержащихся в 3-ем маточном пруду. Осенью обследована рыба из прудов № 22 (карп, карась серебряный, пестрый толстолобик, белый амур, линь) и 23 (карп, карась серебряный, пестрый толстолобик, белый амур, линь, плотва). Зимой проведено ихтиопатологическое обследование рыбы из садков на водоподающем канале (товарный карп-двухгодовик).

При клиническом осмотре рыбы внешних нарушений и патологических изменений не обнаружено. По результатам аутопсии установлено, что внутренние органы не имели патологических изменений. Результаты бактериологических исследований паренхиматозных органов и крови рыб представлены в табл. 8.

Таблица 8. **Бактерии, выделенные от рыб, разводимых в РУ «Вилейка»**
Table 8. **Bacteria isolated from fish bred in RU «Vileika»**

Вид рыбы, биологический материал	Место отбора	Изолят (идентификация)
ВЕСНА		
Карп	Нагульный пруд №8	Посевы роста не дали
ЛЕТО		
Карп, селезенка	Маточный пруд №1	*Aeromonas hydrophila*
Карп, селезенка	Маточный пруд №1	*Aeromonas hydrophila*
Карп, кровь	Маточный пруд №1	*Staphylococcus epidermidis*
Карп, почка	Маточный пруд №3	*Bacillus sp.*
Карп, кровь	Маточный пруд №3	*Aerococcus urinae*
ОСЕНЬ		
Карп, селезенка	Пруд №22	*Aeromonas hydrophila*
Карась сер., селезенка	Пруд №23	*Staphylococcus aureus*
Пестрый толстолобик, селезенка	Пруд №23	*Micrococcus sp.*
ЗИМА		
Карп, почка	Садки на водоподающем канале	*Aeromonas hydrophila*

Из биологического материала сеголетков выделены палочки *Aeromonas hydrophila* и представители р. *Bacillus*, а также кокки *Staphylococcus epidermidis, St. aureus, Aerococcus urinae. Micrococcus sp*.

Следует отметить, что микробиологические посевы из внутренних органов рыб характеризовались скудным ростом, либо отсутствием роста бактериальных культур, что соотносится с низкими показателями ОМЧ воды (табл. 9).

ОМЧ воды из пруда № 1 составило 498 КОЕ/мл, из пруда № 2 — 520 КОЕ/мл, из канала — 136 КОЕ/мл, из прудов № 22 и 23 — 730 КОЕ/мл и 1670 КОЕ/мл соответственно, из нагульного пруда № 8 и зимовального пруда № 7 — 1100 КОЕ/мл и 440 КОЕ/мл соответственно, что свидетельствует о низком микробном загрязнении воды и соответствует скудному росту посевов из биологического материала исследуемых рыб. Полученные данные укладываются в пределы нормативных показателей для карповых прудов (5000 КОЕ/мл).

В хозяйстве СПУ «Изобелино» в весенний период проведено обследование ремонтно-маточного стада (РМС) карпа перед нерестом. Внешний осмотр 50 экз. показал, что рыба, в целом, клинически здорова,

за исключением отдельных экземпляров, имеющих механические повреждения кожных покровов и чередование гиперослизненных и лишенных слизи участков на поверхности тела. Патологоанатомическое вскрытие показало, что внутренние органы не имеют изменений. Бактериологические посевы на МПА рост не дали.

Таблица 9. **ОМЧ среды обитания рыб в РУ «Вилейка»**
Table 9. **OMCH of fish habitat in RU «Vileyka»**

Место взятия пробы	ОМЧ, КОЕ/мл
ЛЕТО	
Маточный пруд №1	498
Маточный пруд №3	520
Водоподающий канал	136
ОСЕНЬ	
Пруд №22	730
Пруд №23	1670
ЗИМА	
Нагульный пруд №8	1100
Зимовальный пруд №7	440

Таблица 10. **Результаты бактериологических исследований**
Table 10. **Results of bacteriological studies**

Вид рыбы, биологический материал	Место отбора	Изолят (идентификация)
ВЕСНА		
РМС карпа	Зимовальные пруды	Посевы рост не дали
ЛЕТО		
Карп, кровь	25 пруд	*Staphylococcus sciuri*
Амур, селезенка	-«-	*Aeromonas hydrophila*
Амур, кровь	-«-	*Aeromonas hydrophila*
Амур, селезенка	-«-	*Bacillus sp.*
Амур, кровь	-«-	*Staphylococcus epidermidis*
ОСЕНЬ		
Пестрый толстолобик, печень		*Aerococcus urinae*
Пестрый толстолобика, кровь		*Aerococcus urinae*

В августе обследованы сеголетки карпа и амура, содержащиеся в 25-м пруду. Осенью осуществлялось обследование двухлетков и трехлетков

карпа, трехлетков белого амура, трехлетков пестрого толстолобика, содержащихся в прудах № 3, 4, 5, 6, 7, 8. При клиническом осмотре видимых нарушений не обнаружено. По результатам вскрытия установлено, что внутренние органы не имеют патологических изменений. Результаты бактериологических исследований рыбы и воды представлены в табл. 10 и 11.

Следует отметить, что посевы из внутренних органов исследуемых видов рыб характеризовались либо скудным (в единичных случаях умеренным) ростом, либо отсутствием роста бактериальных культур. Анализируя данные о видовом составе микрофлоры рыб отмечаем, что из биологического материала выделено небольшое количество сапрофитной микрофлоры. Идентифицированные представители бактериофлоры определены, как *Aeromonas hydrophila, Bacillus sp.* (палочки), *Staphylococcus sciuri* и *Staphylococcus epidermidis* (кокки).

Таблица 11. **ОМЧ среды обитания рыб в СПУ «Изобелино»**
Table 11. **OMCH of the fish habitat in the SPU "Isobelino"**

Место взятия пробы	ОМЧ, КОЕ/мл
ЛЕТО	
Пруд №25	2500
ОСЕНЬ	
Пруд №3	2700
Пруд №8	1440
ЗИМА	
Головной пруд	1635
Водоподающий канал, ведущий от головного пруда	1200
Зимовальный пруд №1	820
Зимовальный пруд №5	1230
Зимовальный пруд №6	245
Зимовальный пруд №7	245
Зимовальный пруд №9	35
Зимовальный пруд №10	605
Зимовальный пруд №12	1140
Зимовальный пруд №13	90
Ремонтный пруд №2	3190
Ремонтный пруд №3	1530

Показатель ОМЧ воды прудов РУ «Вилейка», определяемый в течение вегетационного сезона и в зимний период, свидетельствует, что

бактериальная обсемененность воды находилась в пределах нормативных показателей. Однако наблюдается весьма широкий интервал колебания от 35 КОЕ/мл в зимовальном пруду № 9 до 3190 КОЕ/мл в ремонтном пруду № 2. Это зависит от ряда факторов, в первую очередь, от количества органических веществ в воде, способствующих размножению и развитию бактерий.

Гродненская обл. Еще одним полигоном исследований бактериофлоры рыб был выбран ***ЧПТУП «Клёвый берег»***, как пример организации с экстенсивным типом ведения рыбоводства. Хозяйство обладает прудом на р. Радунька, зарыбляемым различными видами рыб с целью организации платной рыбалки. В течение вегетационного сезона (весна-осень) обследованы карп, карась серебряный, белый амур и верховка.

При бактериологических исследованиях отмечено, что обильного роста бактериальных культур в первичных посевах не наблюдалось. Представители бактериофлоры, выделенные от рыб из указанного водоема, скорее характерны для озерных экосистем, чем для прудовых хозяйств. Из селезенки карася серебряного были выделены *Pantoea sp.*, из язвы карася серебряного — *Staphylococcus xylosus*, из селезенки карпа — *Enterobacter cloacea*. Из биоматериала от карася серебряного выделены кокки *Aerococcus sp.* и *Staphylococcus aureus,* и только от карпа в весенний период — условно-патогенные бактерии *Aeromonas hydrophila*. ОМЧ водной среды в летний период было довольно высоким (3840 и 4350 КОЕ/мл в разных участках пруда) и подходило к границе нормативных показателей. Осенью оно составило 39900 КОЕ/мл, что в 7 раз превышает нормативные показатели для рыбоводных прудов. Это, вероятно, связано с отсутствием обычно проводимых в прудовых хозяйствах мероприятий, таких как выкашивание водной растительности и известкование прудов.

Заключение. В рыбоводных хозяйствах Узбекистана за период исследований выявлена палочковая микрофлора, представленная *Aeromonas veronii , A. hydrophila, Bacillus marisflavi, B. firmus, Pseudomonas putida, Psychrobacter pulmonis* и кокковой микрофлора, представленная *Kocuria rosea*. Три вида выделенных микроорганизмов (*Aeromonas veronii, A. hydrophila* и *Ps. putida*) являются потенциальными возбудителями инфекционных болезней рыб. При этом выделены данные микроорганизмы были от рыб с наличием клинических признаков инфекционных заболеваний: гиперемированные участки покровов тела, наличие язв и кровоизлияний, патологические изменения внутренних органов.

В течение апреля 2022 г. — февраля 2023 г. у рыб, выращиваемых в условиях рыбоводных хозяйств Беларуси, было выявлено 22 вида бактерий (11 видов палочковой микрофлоры и 11 видов кокковой микрофлоры):

- палочки Aeromonas hydrophila, Bacillus sp., Citrobacter braakii, Edwardsiella tarda, Enterobacter cloacea, Ochrobactrum anthropi, Pantoea sp., Plesiomonas shigelloides, Serattia odorifera, Shewanella putrefaciens, Vibrio vulnificus;
- кокки Aerococcus sp., Aerococcus urinae, Aerococcus viridans, Staphylococcus sp. Staphylococcus cohnii, Staphylococcus lentus, Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis, Staphylococcus sciuri, Staphylococcus xylosus, Kocuria kristinae.

Не все они имеют эпизоотическое значение для рыбоводной отрасли, например, сапрофитные микроорганизмы *Citrobacter braakii*, *Plesiomonas shigelloida,* или *Aerococcus urinae,* сведений о патогенности, которых для рыб в отечественной и мировой литературе не имеется. Однако существует целый ряд бактерий, которые представляют собой серьезную угрозу для объектов аквакультуры республики (эпизоотически значимые для рыбоводной отрасли виды). Это 7 видов бактерий: Aeromonas *hydrophila* и *A. salmonicida, Pseudomonas fluorescens* и *Ps. aeruginosa, Shewanella putrefaciens, Proteus mirabilis, Edwardsiella tarda*.

Показатель ОМЧ воды в обследованных водоемах Беларуси свидетельствует о том, что в целом бактериальная загрязненность воды в прудовых хозяйствах не превышает нормативные показатели. Исключение составляют водоемы, в воде которых по какой-либо причине повышено содержание органических веществ: не проводились мероприятия по известкованию прудов и удалению высшей водной растительности, наблюдалась гибель рыбы или ракообразных.

Таким образом, согласно проведенным исследованиям, общим для бактериофлоры рыб Беларуси и Узбекистана является вид *A. pydrophila,* который является наиболее распространенным и часто встречающимся у рыб-объектов аквакультуры в обеих странах. Также общим является представитель кокковой микрофлоры — р. *Kocuria* (в Беларуси встречается *Kocuria kristinae,* в Узбекистане — *Kocuria rosea*). Следует отметить, что *Aeromonas veronii,* бактерии р. *Bacillus* и *Pseudomonas* отмечались ранее на территории Беларуси, но не в рамках данного исследования. Грамотрицательная палочка *Psychrobacter pulmonis* от рыб, разводимых в прудовых хозяйствах на территории Республики Беларусь, не выделялась.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по договору Б22УЗБ-032 и Министерства инноваций Республики Узбекистан.

Acknowledgements. The research was carried out with the financial support of the Belarusian Republican Foundation for Basic Research under the agreement B22UZB-032 and the Ministry of Innovation of the Republic of Uzbekistan.

Список использованных источников

1. Методические указания по диагностике, профилактике и лечению бактериальных инфекций (аэромоноз, псевдомоноз) у растительноядных рыб : утв. Гл. упр. ветеринарии М-ва сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь 16.02.2005. — Минск, 2005. — 8 с.
2. Временные рекомендации по выделению и идентификации аэромонад / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т прудового рыб. хоз-ва ; разраб.: Л.Н. Юхименко, В.Ф. Викторова, Й.Фаркаш. — М., 1987. — 14 с.
3. Методы общей бактериологии : учеб.-метод. пособие / Д.А. Васильев [и др.]. — Ульяновск : Ульян. ГСХА, 2003. — 130 с.
4. Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых и садковых хозяйств Беларуси / В.В. Кончиц [и др.] ; ред. В.В. Кончиц. — Минск : [б. и.], 2011. — 85 с.
5. Вода рыбоводческих прудов. Требования : СТБ 1943-2009. — Введ. 01.08.09. — Минск : Госстандарт, 2009. — 10 с.
6. Методические указания по санитарно-бактериологической оценке рыбохозяйственных водоемов [Электронный ресурс] : [утв. Департаментом ветеринарии 27 сент. 1999 г., № 13-4-2-/1738] // МЕГАНОРМ : система норматив. док. — Режим доступа: https://meganorm.ru/Data2/1/4293742/4293742336.htm. — Дата доступа: 12.04.2023.
7. Methods for the determination of susceptibility of bacteria to antimicrobial agents. Terminology // Clinical Microbiology a. Infection. — 1998. — Vol. 4, № 5. — P. 291–296. https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.1998.tb00061.x.

Reference

1. Guidelines for the diagnosis, prevention and treatment of bacterial infections (aeromonosis, pseudomonosis) in herbivorous fish: approved by the Main Department of Veterinary Medicine of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus on February 16, 2005.Yukhimenko L.N., Viktorova V.F., Farkash I. Temporary recommendations for the isolation and identification of aeromonads. Moscow, 1987. 14 p. (in Russian).
2. Vasil'ev D.A., Shcherbakov A.A., Karpunina L.V., Zolotukhin S.N., Shvidenko I.G. Methods of general bacteriology. Ulyanovsk, Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2003. 130 p. (in Russian).

3. Konchits V.V. (ed.). Fish breeding and biological standards for the operation of pond and cage farms in Belarus. Minsk, 2011. 85 p. (in Russian).
4. STB 1943-2009. Fish pond water. Requirements. Minsk, Gosstandart Publ., 2009. 10 p. (in Russian).
5. Guidelines for the sanitary and bacteriological assessment of fishery reservoirs. MEGANORM: system of regulatory documents. Availlable at: https://meganorm.ru/Data2/1/4293742/4293742336.htm (accessed 12.04.2023) (in Russian).
6. Methods for the determination of susceptibility of bacteria to antimicrobial agents. Terminology. Clinical Microbiology and Infection, 1998, vol. 4, no. 5, pp. 291–296. https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.1998.tb00061.x.

Сведения об авторах

Курбанов Абдулла Рухуллаевич — доктор философских наук в сфере сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, директор Научно-исследовательского института рыбоводства (ул. Чирчикская, 1, 111808, Янгиюльский район, Ташкентская область, Республика Узбекистан). E-mail: kurbanov19859@mail.ru

Дегтярик Светлана Михайловна — кандидат биологических наук, доцент, заведующий 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

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

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

Миролимова Шахло Миржамоловна — доктор биологических наук, профессор, заместитель директора по науке и инновациям, Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан (ул. А. Кадыри, 7Б, 100128, Ташкент, Республика Узбекистан). E-mail: mirshakhlo@yahoo.com

Титова Наталья Олеговна — младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт рыбоводства (ул. Чирчикская, 1, 111808, Янгиюльский район, Ташкентская область, Республика Узбекистан). E-mail: narcissus14.07.1990@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: jenya_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

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

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

Information about authors

Abdulla R. Kurbanov — D.Sc. (Doctor of Philosophy in Agricultural Sciences), Senior Researcher senior researcher, Director, Scientific Research Institute of Fishery (1, Chirchik Str., 111808, Yangiyul district, Tashkent region, Republic of Uzbekistan). E-mail: kurbanov19859@mail.ru

Sviatlana M. Dziahtsiaryk — Ph.D. (Biological), Associate professor, Head of the Laboratory of Fish Diseases, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lavrushnek@mail.ru

Halina U. Slabodnitskaya — Ph.D. (Agricultural), RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: slobodnickaja.g.v@gmail.com

Sviatlana V. Polaz — Ph.D. (Veterinary), RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lana.poloz@gmail.com

Shakhlo M. Mirolimova — D.Sc. (Biological), Professor, Deputy Director for Science and Innovation, Institute of Microbiology of the Academy of Sciences (7b, Abdulla Qodiriy Str., 100128, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: mirshakhlo@yahoo.com

Natalia O. Titova — Junior researcher, Scientific Research Institute of Fishery (1, Chirchik Str., 111808, Yangiyul district, Tashkent region, Republic of Uzbekistan). E-mail: narcissus14.07.1990@mail.ru

Yauheniya U. Maksimyuk — Researcher, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: jenya_maksimjuk@mail.ru

Tatsiana A. Hovar — Researcher, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: govorta@tut.by

Aliaksei V. Biaspaly — Researcher, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: salmotmf@gmail.com

Elena I. Hrebneva — Ph.D. (Veterinary), Chief Specialist, Department of Agricultural Sciences, The National Academy of Sciences of Belarus (66, Independence Ave., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: grebneva@presidium.bas-net.by

УДК 574.24:639.2/3

Поступила в редакцию 15.05.2023
Received 15.05.2023

С.В. Полоз[1], С.М. Дегтярик[1], Е.В. Максимьюк[1], Е.И. Гребнева[2], И.И. Стрельченя[3], Г.В. Слободницкая[1], А.В. Беспалый[1], Т.А. Говор[1]

[1]РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Республика Беларусь
[2]Отделение аграрных наук, Национальная академия наук, Минск, Республика Беларусь
[3]РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского», Минск, Республика Беларусь

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЙКИЛОТЕРМНЫХ ЖИВОТНЫХ — ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ

Аннотация. Научно обоснованы и сформулированы основные принципы повышения устойчивости пойкилотермных животных — объектов аквакультуры. Показана эффективность реализации принципа снижения антигенной нагрузки и принципов повышения естественной и специфической резистентности рыб в условиях аквакультуры. Интеграция данных принципов в рыбохозяйственную отрасль позволит создавать стабильные сообщества в моно- и поликультуре рыб и увеличивать рыбопродуктивность.

Ключевые слова: Повышение устойчивости, неспецифическая резистентность, объекты аквакультуры

Sviatlana V. Polaz[1], Sviatlana M. Dziahtsiaryk[1], Yauheniya U. Maksimyuk[1], Alena I. Hrebneva[2], Irina I. Strelthenja[3], Halina U. Slabodnitskaya[1], Aliaksei V. Biaspaly[1], Tatsiana A. Hovar[1]

[1]RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry", Minsk, Republic of Belarus
[2]Department of Agricultural Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus
[3]RUE "Institute of Experimental Veterinary Medicine named after S.N. Vyshelessky", Minsk, Republic of Belarus

MAIN PRINCIPLES OF INCREASING THE RESILIENCE OF POIKILOTHERMAL ANIMALS — AQUACULTURE OBJECTS

Abstract. The basic principles of increasing the resilience of poikilothermic animals — objects of aquaculture are scientifically substantiated and formulated.

The effectiveness of the implementation of the principle of reducing the antigenic load and the principles of increasing the natural and specific resistance of fish in aquaculture conditions is shown. The integration of these principles into the fishery industry will allow creating stable communities in mono- and polyculture of fish and increasing fish productivity.

Keywords: resilience building, non-specific resistance, aquaculture

Введение. Изучение устойчивости пойкилотермных животных является сложной задачей. Однако актуальность исследований очевидна, поскольку эктотермы, к которым относятся и пойкилотермные животные, не имеют границ нормы физиологических показателей, а их реакция непосредственно зависит от температуры окружающей среды, ее изменения и целого ряда других факторов. Поэтому и скорость реакции на экстремальное воздействие будет различной и, как правило, сама реакция будет иметь необратимый характер [11, 19, 20].

Анализ последних исследований и публикаций. Устойчивость — это процесс, который позволяет как животным, так и человеку адаптироваться к неблагоприятным условиям и восстанавливаться после их воздействия [6]. Существует мнение, что причинами, определяющими низкую устойчивость животных к воздействию экстремальных факторов, могут быть особенности реакции внутриклеточных механизмов регуляции [21].

Устойчивость животного к болезни обычно оценивается путем измерения одного или нескольких компонентов иммунной системы. Эти иммунологические тесты показывают способность животного вызывать эффективный иммунный ответ [1].

В рамках комплексной стратегии борьбы с болезнями все более желательным является повышение устойчивости организма и, следовательно, иммунного ответа у животных [5].

Установлено, что применение пробиотиков, пребиотиков и синбиотиков заметно повышает устойчивость форели к *Streptococcus iniae* и увеличивает антиоксидантную активность [3].

Многие растения повышают устойчивость животных к патогенам, в т.ч. рыб и ракообразных [2, 8]. Имеются примеры применения композиций эфирных масел для повышения устойчивости в отношении бактерий и вирусов [4].

Показано, что для повышения устойчивости радужной форели к экспериментальному заражению *Flavobacterium psychrophilum* можно эффективно применять селективное разведение [7].

Цель исследований — установить эффективность реализации основных принципов повышения устойчивости пойкилотермных животных — объектов аквакультуры.

Материал и методика. Работа выполнялась в лабораторных, боксовых и аквариальных помещениях РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», а также в рыбоводных хозяйствах Республики Беларусь.

Для реализации основных принципов повышения устойчивости пойкилотермных животных — объектов аквакультуры и их оценки использовали:

- кормовую добавку Микс-Ойл (в основе концентрированная смесь натуральных эфирных масел чеснока, орегано и гвоздики, обладающая противомикробным действием);
- пробиотический препарат «Бакто-хелс» (в основе клетки, споры, продукты метаболизма спорообразующих бактерий *Bacillus amyloliquefaciens*);
- антигельминтный препарат «Празифен» (в основе празиквантел, фенбендазол, левамизола гидрохлорид, токоферола ацетат);
- инактивированную вакцину для профилактики аэромоноза прудовых рыб (в основе бактериальные культуры *Aeromonas hydrophila, A. sobria*).

Определение физиологических показателей осуществляли по общепринятым в ихтиопатологии методикам [12, 13, 14, 17]. Микробиологические исследования проводили согласно методическим указаниям [15], а также используя методы общей бактериологии [10]. Паразитологические исследования проводили по общепринятым методикам [9, 18]. Показатели естественной резистентности определяли согласно методическим указаниям [16].

Полученные результаты обрабатывали методами параметрической статистики с помощью пакета Ecxel 2007. Достоверность различий полученных результатов оценивали с помощью t-критерия Стьюдента и TTECT. Достоверными считали различия при $\alpha = 0{,}05$ (*$p>0{,}95$). Цифровые данные представлены средней арифметической (M) и стандартным отклонением ($\pm$ m).

Результаты исследований. На основании многолетнего опыта проведения научно-практических исследований нами были сформулированы основные принципы повышения устойчивости пойкилотермных животных:

1) принцип снижения антигенной нагрузки;

2) принцип повышения неспецифической резистентности и толерантности;

3) принцип повышения специфической резистентности.

Принцип снижения антигенной нагрузки. Для реализации принципа снижения антигенной нагрузки изучали эффективность применения препаратов этиотропной терапии.

Для снижения антигенной нагрузки, вызванной воздействием гельминтов, применяли противопаразитарный препарат «Празифен», содержащий антигельминтный и иммуностимулирующий компоненты. Для снижения антигенной нагрузки, вызванной влиянием бактерий, использовали кормовую добавку Микс-Ойл, содержащую фитобиотический комплекс и обладающую антимикробным, противовирусным, иммуномодулирующим, противогрибковым, противовоспалительным действием.

Установлено, что для контроля над кишечными цестодами рр. *Khawia* и *Bothriocephalus*, а также плероцеркоидами цестоды *Ligula intestinalis,* паразитирующей в полости тела рыб, необходимо двукратное применение празифена с кормом в течение двух дней подряд в дозе 200 мг/кг. Это составляет 4 кг препарата на 1 т корма. При этом индекс обилия (ИО) для *Khaia sinensis* снижается с 2,5 до 0,1, для *Bothriocephalus claviceps* — с 2,0 до 0,1.

Чтобы вызвать гибель диплостоматид в хрусталиках глаз, Празифен для рыб следует применять с кормом в дозе 500 мг/кг двукратно. При этом ИО уменьшается с 2,6 до 1,2. Зараженность рыбы кишечными цестодозами также снижается. ИО уменьшается с 3,2 до 0,2.

Изучение показателей неспецифической (естественной) резистентности рыб на фоне применения Празифена показало, что снижение антигенной нагрузки приводит к повышению устойчивости рыб после применения препарата «Празифен», что проявляется увеличением бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК), фагоцитарной активности лейкоцитов (ФА), фагоцитарного индекса (ФИ) и фагоцитарного числа (ФЧ) по сравнению с контрольной группой (табл. 1).

Так наблюдали, что у рыб из контрольной группы значение показателей неспецифического клеточного и гуморального иммунитета остается стабильным (в сравнении «в начале» и «в конце» опыта). У рыб,

получавших препарат из расчета 200 мг АДВ/кг, регистрировали увеличение 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 500 мг АДВ/кг, наблюдалось еще более существенное увеличение данных показателей: 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 3,7 (на 27 %), ФЧ — с 69,9 до 115,5 (на 65,2 %). Полученные результаты свидетельствует о положительном влиянии Празифена на показатели естественной резистентности организма рыб путем снижения антигенной нагрузки и иммуностимулирующего эффекта, вызывающего активизацию систем, ответственных за резистентность организма [22].

Таблица 1. **Уровень неспецифической резистентности организма рыб после применения антигельминтика «Празифен»**
Table 1. **Indicators of non-specific resistance of the fish organism after the use of the anthelmintic “Prazifen”**

Количество суток после применения препарата	Показатели неспецифической резистентности			
	БАСК, %	ФА, %	ФИ	ФЧ
Группа №1 (n=50, 200 мг АДВ/кг)				
До начала опыта	24,9 + 0,3	26,7 + 0,2	2,5 + 0,20	66,8 + 0,31
8 суток спустя	26,9 + 0,3	25,9 + 0,2	2,5 + 0,15	64,8 + 0,23
15 суток спустя	28,3 + 1,1	29,3 + 0,3	3,3 + 0,15	96,7 + 0,33
21 сутки спустя	33,4 + 0,9	29,6 + 0,2	3,0 + 0,10	88,8 + 0,18
Группа №2 (n=50, 500 мг АДВ/кг)				
До начала опыта	24,3 + 0,1	25,9 + 0,1	2,7 + 0,25	69,9 + 0,16
8 суток спустя	25,5 + 0,1	27,5 + 0,3	2,9 + 0,20	79,8 + 0,15
15 суток спустя	34,2 + 0,5	29,6 + 0,1	3,7 + 0,10	109,5 + 0,21
21 сутки спустя	34,8 + 0,4	33,0 + 0,2	3,5 + 0,10	115,5 + 0,32
Контроль				
До начала опыта	24,7 + 0,3	26,2 + 0,2	2,6 + 0,10	68,1 + 0,22
8 суток спустя	24,8 + 0,2	27,0 + 0,1	2,5 + 0,15	67,5 + 0,20
15 суток спустя	25,0 + 0,2	26,6 + 0,1	2,2 + 0,10	58,5 + 0,13
21 сутки спустя	24,8 + 0,1	26,4 + 0,3	2,5 + 0,05	66,0 + 0,15

Результаты определения эффективности кормовой добавки Микс-Ойл показали, что ее применение в дозе 600 г/т три дня подряд сокращает количество заболевших бактериальными инфекциями рыб в среднем вдвое, а количество погибших рыб стремится к нулю. Отмечали, что рыба опытной и контрольной групп активно двигалась. Включен-



ные в состав добавки Микс-Ойл фитобиотики улучшают перевариваемость питательных веществ комбикорма, вкусовые качества. Установлено увеличение поедаемости корма.

Полученные в результате исследований данные свидетельствуют об увеличении у рыб, получавших кормовую добавку Микс-Ойл, показателей естественной резистентности (табл. 2).

Таблица 2. **Уровень неспецифической резистентности организма рыб после применения кормовой добавки Микс-Ойл**
Table 2. **Indicators of non-specific resistance of the fish organism after the use of the feed additive Mix-Oil**

Группы	Показатели неспецифической резистентности			
	БАСК, %	ФА, %	ФИ	ФЧ
Опытная группа (n=50), получавшая корм с добавлением кормовой добавки Микс-Ойл из расчета 600 г/т				
До начала эксперимента	25,5 + 0,2	22,7 + 0,2	2,6 + 0,10	59,0 + 0,16
После завершения кормления	39,8 + 0,1	34,8 + 0,2	3,9 + 0,09	135,7 + 0,24
Контрольная группа (n=50), получавшая обычный корм без добавления кормовой добавки Микс-Ойл				
До начала эксперимента	28,8 + 0,2	25,1 + 0,1	2,7 + 0,10	67,8 + 0,22
После завершения кормления	30,3 + 0,3	26,8 + 0,3	2,5 + 0,11	67,0 + 0,18

Так у рыб, получавших кормовую добавку Микс-Ойл в дозе 600 г/т в течение 5 дней, наблюдалось увеличение БАСК — с 25,5 до 39,8 % (на 56,0 %); ФА — с 22,7 до 34,8 (на 23,6 %); ФИ — с 2,6 до 3,9 (на 50 %), ФЧ — с 59,0 до 135,7 (на 130,0 %, т.е. более, чем в 2 раза). Это свидетельствует о положительном влиянии кормовой добавки Микс-Ойл на устойчивость рыб. У рыб контрольной группы существенного увеличения или уменьшения показателей клеточного и гуморального иммунитета не отмечалось, их значения оставались стабильными: БАСК — 28,8–30,3 %, ФА — 25,1–26,8, ФИ — 2,7–2,5, ФЧ — 67,8–67,0.

Таким образом, для снижения антигенной нагрузки, вызванной возбудителями бактериальных инфекций рыб, прудовым хозяйствам можно рекомендовать кормовую добавку Микс-Ойл, применение которой приводит к активизации систем, ответственных за устойчивость организма.

Принцип повышения неспецифической (естественной) резистентности. Для реализации принципа повышения неспецифической (естественной) резистентности и определения устойчивости рыб к зараже-

нию *Aeromonas hydrophila* годовикам форели радужной и стерляди вводили *per os* 0,5 мл пробиотического препарата «Бакто-хелс» пять дней подряд в концентрациях $2{,}2x10^9$, $2{,}2x10^8$, $2{,}2x10^7$, $2{,}2x10^6$ колониеобразующих единиц в 1 мл (КОЕ/мл). Затем рыбам из всех опытных и контрольных групп методом инъекций под грудной плавник вводили по 0,2–0,3 мл суточной культуры бактерий *Aeromonas hydrophila*. Наблюдение вели 14 дней. За период наблюдения заболевших и погибших особей среди рыб из опытных групп, получавших пробиотик в концентрации $2{,}2x10^9$, не зарегистрировано, изменений в поведении рыбы не наблюдалось. Заболела 1 стерлядь и 1 форель из группы, получавшей препарат в концентрации $2{,}2x10^8$, при этом стерлядь погибла. Среди рыб, получавших препарат в дозах $2{,}2x10^7$, заболело 30 % и погибло 10 % стерляди, заболело 50 % и погибло 20 % форели. В группах, получавших суспензию «Бакто-хелс» с концентрацией $2{,}2x10^6$, заболело 60 % и погибло 30 % стерляди, заболело 80 % и погибло 50 % форели. Смертность рыб в контрольных группах составила по 70 % (табл. 3).

Таблица 3. **Выживаемость рыбы после применения пробиотика «Бакто-хелс» и заражения *Aeromonas hydrophila***
Table 3. **Survival of fish after application of the Bacto-health probiotic and infection with *Aeromonas hydrophila***

Концентрация препарата, КОЕ/мл	Стерлядь		Форель	
	Смертность, %	Выживаемость, %	Смертность, %	Выживаемость, %
$2{,}2x10^9$ (n=20)	0	100	0	100
$2{,}2x10^8$ (n=20)	10	90	0	100
$2{,}2x10^7$ (n=20)	10	90	20	80
$2{,}2x10^6$ (n=20)	30	70	50	50
К (n=20)	70	30	70	30

Оптимальная доза применения пробиотика «Бакто-хелс» с кормом составила $2{,}2x10^8$ КОЕ/кг веса рыбы, или 400 г/т корма.

Для оценки уровня неспецифической резистентности стерляди и форели опытных групп скармливали пробиотик «Бакто-хелс» в оптимальной дозе 5 дней подряд. Рыба из контрольных групп получала стандартный корм для осетровых и лососевых рыб без добавления пробиотика. У стерляди и форели (по 10 экз. рыб каждого вида в опытных и контрольных группах) была отобрана кровь для исследований.

Как видно из табл. 4, после применения пробиотика «Бакто-хелс» наблюдаются существенные различия между показателями крови рыб опытных и контрольных групп. У стерляди, получавшей «Бакто-хелс», БАСК выше на 32,2 %, ФА — на 30,9 %, ФИ — на 109 % (более чем в 2 раза) а ФЧ, характеризующее агрессивность лейкоцитов — на 175 % (2,53 против 0,92). У форели опытной группы БАСК выше на 69,4 %, ФА — на 48,9 %, ФИ — на 83,8 % а ФЧ — на 172 % (4,55 против 1,67).

Таблица 4. **Уровень неспецифической резистентности организма рыб после применения пробиотика «Бакто-хелс»**
Table 4. **Indicators of nonspecific resistance of the fish organism after the use of the probiotic "Bakto-health"**

Группа	БАСК, %	ФА, %	ФИ	ФЧ
Стерлядь				
Опытная группа	44,3±0,74	55±1,2	4,6±0,03	2,53±0,02
Контрольная группа	33,5±0,88	42±0,9	2,2±0,05	0,92±0,02
Форель				
Опытная группа	56,4±0,35	67±1,0	6,8±0,05	4,55±0,06
Контрольная группа	33,3±0,52	45±1,1	3,7±0,04	1,67±0,03

Таким образом, отмечено, что применение пробиотика «Бакто-хелс» значительно усиливает как клеточный, так и гуморальный неспецифический иммунитет стерляди и форели. При этом следует принять во внимание, что подавляющее большинство болезней рыб, не только бактериальных, но и вирусных, микозных, паразитарных и алиментарных напрямую зависят от уровня иммунитета рыб, т.е. поражают особей с ослабленным иммунитетом; рыбы с высоким уровнем резистентности не заболевают либо переносят болезнь в легкой форме. Следовательно, положительное влияние пробиотика на уровень естественной резистентности рыб, а, следовательно, их устойчивости, является важнейшим его свойством.

Принцип повышения специфической резистентности. Реализация принципа повышения устойчивости осуществлялась с применением инактивированной вакцины в качестве превентивной меры возникновения и распространения аэромоноза прудовых рыб.

В настоящее время в странах, занимающихся интенсивным рыбоводством, актуальной задачей науки становится разработка биопрепаратов для иммунопрофилактики инфекционных заболеваний. Приме-

нение таких препаратов позволит снизить затраты на проведение противоэпизоотических мероприятий, повысить качество товарной рыбы, исключить формирование антибиотикорезистентных штаммов, патогенных как для выращиваемой рыбы, так и для человека. Анализируя полученные данные, установлено, что гематологические показатели у карпа и растительноядных рыб (белый амур, пестрый толстолобик) опытных и контрольных групп не имели достоверных отличий. Общий белок сыворотки крови составил: у карпа 17,5±0,41–19,6±0,41 г/л, у белого амура — 17,6±0,37–18,6±0,52 г/л, пестрого толстолобика — 1,69±0,42–19,2±0,64 г/л в опытных группах и 19,1±0,43 г/л, 18,1±0,39 г/л и 17,0±0,4 г/л соответственно в контрольных группах. Через 14 дней после вакцинации оценивали антигенные свойства в реакции агглютинации (РА). Титр антител у рыб опытных групп составил 1:40, в контрольных группах — не превышал 1:10.

Таким образом, на формирование устойчивости пойкилотермных животных влияет множество различных факторов, в том числе, изменения качества среды, патогены различных экологических групп (бактерии, гельминты, простейшие и др.). Эти факторы взаимосвязаны и взаимозависимы. Понимание взаимодействия множества внешних и внутренних факторов с механизмами регуляции организма является одним из важнейших вопросов при формировании основных принципов повышения устойчивости пойкилотермных животных.

Заключение. Результаты проведенных исследований показали, что применение Празифена и Микс-Ойла являются эффективными способами снижения антигенной нагрузки на организм рыб.

Применение Празифена в дозе 200 мг/кг двукратно приводит к уменьшению зараженности гельминтами. При этом индекс обилия (ИО) для *Khaia sinensis* снижается с 2,5 до 0,1, для *Bothriocephalus claviceps* — с 2,0 до 0,1. Использование Празифена в дозе 500 мк/кг двукратно взывает гибель и кишечных цестод и диплостом. При этом ИО кишечных цестод снижается с 3,2 до 0,2, ИО диплостом уменьшается с 2,6 до 1,2.

Включение в рацион кормовой добавки Микс-Ойл в дозе 600 г/т три дня подряд сокращает количество заболевших бактериальными инфекциями рыб в среднем вдвое, а количество погибших рыб стремится к нулю.

Снижение антигенной нагрузки приводит к повышению устойчивости рыб. Выявлено положительное влияние Празифена и Микс-Ойла на показатели естественной резистентности. У рыб, получавших Празифен из расчета 200 мг АДВ/кг, регистрировали увеличение БАСК на 34,1 %, ФА — на 10,8 %, ФИ — на 20 %, ФЧ — на 32,9 %. У рыб, получавших Празифен из расчета 500 мг АДВ/кг, наблюдалось еще более существенное увеличение данных показателей: БАСК — на 43,2 %, ФА — на 27,4 %, ФИ — на 27 %, ФЧ — на 65,2 %. У рыб, получавших кормовую добавку Микс-Ойл в дозе 600 г/т в течение 5 дней, наблюдалось увеличение БАСК на 56,0 %, ФА — на 23,6 %, ФИ — на 50 %, ФЧ — в 2,30 раза.

При реализации принципа повышения неспецифической (естественной) резистентности определяли устойчивость к заражению *Aeromonas hydrophila* годовиков форели радужной и стерляди после применения пробиотика «Бакто-хелс». Установлено, что оптимальным явиляется введение пробиотика «Бакто-хелс» с кормом в дозе $2{,}2x10^8$ КОЕ/кг веса рыбы, или 400 г/т корма. При этом у стерляди, получавшей «Бакто-хелс», БАСК повышается на 32,2 %, ФА — на 30,9 %, ФИ — в 2,1 раза, а ФЧ — в 2,7 раз. У форели БАСК увеличивается на 69,4 %, ФА — на 48,9 %, ФИ — на 83,8 % а ФЧ — в 2,7 раз.

Применение инактивированной вакцины в качестве превентивной меры возникновения и распространения аэромоноза прудовых рыб и реализации принципа повышения специфической резистентности показало, что титр антител у рыб является защитным и составляет 1:40.

Таким образом, результаты реализации основных принципов повышения устойчивости рыб показали эффективность их применения. Полученные данные могут быть использованы в управлении сообществами видов пойкилотермных животных, в том числе для контроля патогенов, особенно в условиях аквакультуры. Объекты аквакультуры в силу своего предназначения постоянно находятся под действием стрессовых факторов, поэтому принципы повышения устойчивости организма рыбы должны быть интегрированы в рыбохозяйственную деятельность. При этом экономическая эффективность достигается посредством получения высококачественной рыбопродукции, предотвращения и минимизации гибели рыбы.

Перспектива дальнейших исследований. Основные принципы повышения устойчивости рыб обоснованы для включения в мероприятия по оздоровлению и превентивным мерам контроля возникновения и распространения патогенов, что обеспечит высокую эффективность и экономическую целесообразность данных мероприятий в условиях аквакультуры. Полученные данные являются научной основой для создания стабильных сообществ, позволяющих увеличить продуктивность рыбохозяйственной отрасли.

Список использованных источников

1. Adamo, S.A. Estimating disease resistance in insects: phenoloxidase and lysozyme-like activity and disease resistance in the cricket Gryllus texensis / S.A. Adamo // J. of Insect Physiology. — 2004. — Vol. 50, № 2/3. — P. 209–216. https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2003.11.011.
2. Harikrishnan, R. In vitro and in vivo studies of the use of some medicinal herbals against the pathogen Aeromonas hydrophila in goldfish / R. Harikrishnan, C. Balasundaram // J. of Aquatic Animal Health. — 2008. — Vol. 20, № 3. — P. 165–176. https://doi.org/10.1577/H05-035.1.
3. Effects of galactooligosaccharide and Pediococcus acidilactici on antioxidant defence and disease resistance of rainbow trout, Oncorhynchus Mykiss / S.H. Hoseinifar, S.M. Hoseini, D. Bagheri // Annals of Animal Science. — 2017. — Vol. 17, № 1. — P. 217–227. https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0024.
4. Phytochemical analysis and in vitro antiviral activities of the essential oils of seven Lebanon species / M.R. Loizzo [et al.] // Chemistry a. Biodiversity. — 2008. — Vol. 5, № 3. — P. 461–470. https://doi.org/10.1002/cbdv.200890045.
5. Pinard-van der Laan, M.H. Immune modulation: the genetic approach / M.H. Pinard-van der Laan // Veterinary Immunology a. Immunopathology. — 2002. — Vol. 87, № 3/4. — P. 199–205. https://doi.org/10.1016/S0165-2427(02)00075-2.
6. Resilience and immunity / R. Dantzer [et al.] // Brain, Behavior a. Immunity. — 2018. — Vol. 74. — P. 28–42. https://doi.org/10.1016/j.bbi.2018.08.010.
7. Response to selection for bacterial cold water disease resistance in rainbow trout / T.D. Leeds [et al.] // J. of Animal Science. — 2010. — Vol. 88, № 6. — P. 1936–1946. https://doi.org/10.2527/jas.2009-2538.
8. Yilmaz, E. Potential of medical herbal products to be used in aquaculture / E. Yilmaz, O. Taşbozan, C. Erbaş // Eastern Anatolian J. of Science. — 2018. — Vol. 6, № 2. — P. 16–23.
9. Быховская-Павловская, И.Е. Паразиты рыб: руководство по изучению / И.Е. Быховская-Павловская. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1985. — 123 с.

10. Методы общей бактериологии : учеб.-метод. пособие / Д.А. Васильев [и др.]. — Ульяновск : Ульян. ГСХА, 2003. — 130 с.
11. Влияние некоторых факторов стресса на уровень кортизола у радужной форели / С.В. Полоз [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. — Минск, 2019. — Вып. 35. — С. 231–237.
12. Практикум по ихтиопатологии : учеб. пособие / Н.А. Головина [и др.] ; под ред. Н. А. Головиной. — М. : Моркнига, 2016. — 417 с.
13. Головина, Н.А. Гематология прудовых рыб / Н.А. Головина, И.Д. Тромбицкий. — Кишинев : Штиинца, 1989. — 158 с.
14. Иванова, Н.Т. Атлас клеток крови рыб: сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб / Н.Т. Иванова. — М. : Лег. и пищевая пром-сть, 1983. — 80 с.
15. Методические указания по диагностике, профилактике и лечению бактериальных инфекций (аэромоноз, псевдомоноз) у растительноядных рыб : утв. Гл. упр. ветеринарии М-ва сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь 16.02.2005. — Минск, 2005. — 8 с.
16. Методические указания по определению уровня естественной резистентности и оценке иммунного статуса рыб : утв. Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода РФ 25 нояб. 1999 г. , № 13-4-2/1795. — М., 1999. — 20 с.
17. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб : (утв. Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода России 2 февр. 1999 г., № 13-4-2/1487) // Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб : в 2 ч. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рос. Федерации. — М., 1999. — Ч. 2. — С. 69–97.
18. Методы изучения микозов рыб / В.А. Мусселиус [и др.] // Лабораторный практикум по болезням рыб : учеб. пособие / В.А. Мусселиус [и др.] ; под ред. В.А. Мусселиус. — М., 1983. — С. 174–186.
19. Маркеры устойчивости пойкилотермных животных к стрессовому воздействию / С.В. Полоз [и др.] // Эпизоотология. Иммунобиология. Фармакология. Санитария. — 2021. — № 1. — С. 34–40. https://doi.org/10.47612/2224-168X-2021-1-34-40.
20. Полоз, С.В. Влияние абиотических факторов на формирование устойчивости у пойкилотермных животных / С.В. Полоз, С.М. Дегтярик // Экология и живот. мир. — 2021. — № 2. — С. 7–12. https://doi.org/10.47612/2224-1647-2021-2-7-12.
21. Сергиенко, Н.Г. Специфичность механизмов внутриклеточной регуляции в сердце крыс при экспериментальных воздействиях / Н.Г. Сергиенко, Т А. Ченчик // Проблемы криобиологии. — 1997. — № 1–2. — С. 81–84.
22. Способ повышения устойчивости и оздоровления рыб от гельминтов / С.М. Дегтярик [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводс-

тву. — Минск, 2022. — Вып. 37. — С. 295–304. https://doi.org/10.47612/978-985-880-000000-0-2022-37-295-304.

Reference

1. Adamo S.A. Estimating disease resistance in insects: phenoloxidase and lysozyme-like activity and disease resistance in the cricket Gryllus texensis. *Journal of Insect Physiology*, 2004, vol. 50, no. 2/3, pp. 209–216. https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2003.11.011.
2. Harikrishnan R., Balasundaram C. In vitro and in vivo studies of the use of some medicinal herbals against the pathogen Aeromonas hydrophila in goldfish. *Journal of Aquatic Animal Health*, 2008, vol. 20, no. 3, pp. 165–176. https://doi.org/10.1577/H05-035.1.
3. Hoseinifar S.H., Hoseini S.M., Bagheri D. Effects of galactooligosaccharide and Pediococcus acidilactici on antioxidant defence and disease resistance of rainbow trout, Oncorhynchus Mykiss. *Annals of Animal Science*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 217–227. https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0024.
4. Loizzo M.R., Saab A.M., Tundis R., Statti G.A., Menichini F., Lampronti I., Gambari R., Cinatl J., Doerr H.W. Phytochemical analysis and in vitro antiviral activities of the essential oils of seven Lebanon species. *Chemistry and Biodiversity*, 2008, vol. 5, no. 3, pp. 461–470. https://doi.org/10.1002/cbdv.200890045.
5. Pinard-van der Laan M.H. Immune modulation: the genetic approach. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 2002, vol. 87, no. 3–4, pp. 199–205. https://doi.org/10.1016/S0165-2427(02)00075-2.
6. Dantzer R., Cohen S., Russo S.J., Dinan T.G. Resilience and immunity. *Brain, Behavior and Immunity*, 2018, vol. 74, pp. 28–42. https://doi.org/10.1016/j.bbi.2018.08.010.
7. Leeds T.D., Silverstein J.T., Weber G.M., Vallejo R.L., Palti Y., Rexroad III C. E., Evenhuis J., Hadidi S., Welch T. J., Wiens G. D. Response to selection for bacterial cold water disease resistance in rainbow trout. *Journal of Animal Science*, 2010, vol. 88, no. 6, pp. 1936–1946. https://doi.org/10.2527/jas.2009-2538.
8. Yilmaz E., Taşbozan O., Erbaş C. Potential of medical herbal products to be used in aquaculture. *Eastern Anatolian Journal of Science*, 2018, vol. 6, no. 2, pp. 16–23.
9. Bykhovskaya-Pavlovskaya I.E. *Fish parasites: a study guide*. Leningrad, Nauka Publ., 1985. 123 p. (in Russian).
10. Vasil'ev D.A., Shcherbakov A.A., Karpunina L.V., Zolotukhin S.N., Shvidenko I. G. *Methods of general bacteriology*. Ulyanovsk, Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2003. 130 p. (in Russian).
11. Poloz S.V., Bespalyi A.V., Degtyarik S.M., Slobodnitskaya G.V. Influence of some stress factors on cortisol levels in rainbow trout. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers.* Minsk, 2019, iss. 35, pp. 231–237 (in Russian).

12. Golovina N.A., Avdeeva E.V., Evdokimova E.B., Kazimirchenko O.V., Kotlyarchuk M.Yu. *Workshop on ichthyopathology*. Moscow, Morkniga Publ., 2016. 417 p. (in Russian).
13. Golovina N.A., Trombitskii I.D. *Hematology of pond fish*. Chisinau, Shtiintsa Publ., 1989. 158 p. (in Russian).
14. Ivanova N.T. *Atlas of fish blood cells: comparative morphology and classification of blood cells in fish*. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1983. 80 p. (in Russian).
15. *Guidelines for the diagnosis, prevention and treatment of bacterial infections (aeromonosis, pseudomonosis) in herbivorous fish: approved by the Main Department of Veterinary Medicine of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus on February 16, 2005.* Minsk, 2005. 8 p. (in Russian).
16. *Guidelines for determining the level of natural resistance and assessing the immune status of fish: approved Department of Veterinary Medicine of the Ministry of Agriculture and Food of the Russian Federation 25 November 1999, no. 13-4-2/1795.* Moscow, 1999. 20 p. (in Russian).
17. Guidelines for conducting hematological examination of fish: approved by the Ministry of Agriculture and Food of the Russian Federation 02.02.1999, no. 13-4-2-/1487. *Sbornik instruktsii po bor'be s boleznyami ryb* [Collection of instructions for the fight against fish diseases]. Moscow, 1999, pt. 2, pp. 69–97 (in Russian).
18. Musselius V.A., Vanyatinskii V.F., Vikhman A.A., Golovina N.A., Golovin P.P., Marchenko A.M., Shchelkunova T.I., Shchelkunov I.S., Yukhimenko L.N. Methods for studying fish mycoses. *Laboratornyi praktikum po boleznyam ryb* [Laboratory workshop on fish diseases]. Moscow, 1983, pp. 174–186 (in Russian).
19. Poloz S.V., Degtyarik S.M., Slobodnitskaya G.V., Strelchenya I.I. Markers of resistance of poykylotherm animals to stress impact. *Epizootologiya. Immunobiologiya. Farmakologiya. Sanitariya = Epizootology. Immunobiology. Pharmacology. Sanitation*, 2021, no. 1, pp. 34–40 (in Russian). https://doi.org/10.47612/2224-168X-2021-1-34-40.
20. Polaz S.V., Degtyarik S.M. Abiotic factors in-fluences the formation of resistance poikilothermic animals. *Ekologiya i zhivotnyi mir = Ecology and Animal World,* 2021, no. 2, pp. 7–12 (in Russian). https://doi.org/10.47612/2224-1647-2021-2-7-12.
21. Sergienko N.G., Chenchik T.A. Specificity of the mechanisms of intracellular regulation in the heart of rats under experimental influences. *Problemy kriobiologii* [Problems of cryobiology], 1997, no. 1–2, pp. 81–84 (in Russian).
22. Dziahtsiaryk S., Polaz S., Biaspaly A., Slabodnitskaya H. Method for increasing the resistant and healthy of fish ageinst helminthes. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers*. Minsk, 2021, iss. 37, pp. 295–304 (in Russian). https://doi.org/10.47612/978-985-880-000000-0-2022-37-295-304.

Сведения об авторах

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

Дегтярик Светлана Михайловна — кандидат биологических наук, доцент, заведующий 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: jenya_maksimjuk@mail.ru

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

Стрельченя Ирина Ивановна — кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского» (ул. Брикета, 26, 220063, Минск, Республика Беларусь). E-mail: pemsstrel@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

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

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

Information about authors

Sviatlana V. Polaz — Ph.D. (Veterinary), RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lana.poloz@gmail.com

Sviatlana M. Dziahtsiaryk — Ph.D. (Biological), Associate professor, Head of the Laboratory of Fish Diseases, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lavrushnek@mail.ru

Yauheniya U. Maksimyuk — Researcher, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal

Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: jenya_maksimjuk@mail.ru

Elena I. Hrebneva — Ph.D. (Veterinary), Chief Specialist, Department of Agricultural Sciences, The National Academy of Sciences of Belarus (66, Independence Ave., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: grebneva@presidium.bas-net.by

Irina I. Strelthenla — Ph.D. (Veterinary), Institute of Experimental Veterinary Medicine named after S.N. Vyshelessky, The National Academy of Sciences of Belarus (26, Briceta Str., 220063, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pemsstrel@tut.by

Halina U. Slabodnitskaya — Ph.D. (Agricultural), RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: slobodnickaja.g.v@gmail.com

Aliaksei V. Biaspaly — Researcher, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: salmotmf@gmail.com

Tatsiana A. Hovar — Researcher, RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry" (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: govorta@tut.by

ОГЛАВЛЕНИЕ

Агеец В.Ю., Костоусов В.Г., Марцуль О.Н., Макеев Д.С.
Рыбохозяйственная деятельность в Республике Беларусь 7

Костоусов В.Г., Апсолихова О.Д., Прищепов Г.П., Попиначенко Т.И.
Результаты рыбохозяйственных исследований на водоемах Беларуси и современное научное обеспечение ведения рыболовного хозяйства 25

Агеец В.Ю., Воронова Г.П., Литвинова А.Г., Дашкевич В.К. Основные направления и перспективы гидробиологических и гидрохимических исследований в рыбоводстве.....44

Агеец В.Ю., Дегтярик С.М., Полоз С.В., Слободницкая Г.В., Максимьюк Е.В., Беспалый А.В., Говор Т.А. История и современные направления ихтиопатологических исследований в Республике Беларусь 53

Агеец В.Ю., Кошак Ж.В., Гадлевская Н.Н. Современные тенденции производства комбикормов для рыб 76

Агеец В.Ю., Сергеева Т.А., Книга М.В. Основные результаты и перспективные направления научных исследований в селекционно-племенной работе с карпом 86

Агеец В.Ю., Пантелей С.Н., Сенникова В.Д., Исаенко М.Н., Агеенко М.И. История функционирования и основные направления исследований лаборатории прудового и индустриального рыбоводства 101

ВОПРОСЫ СЕЛЕКЦИИ И ГЕНЕТИКИ

Агеец В.Ю., Сергеева Т.А. Результаты выращивания двухлетков реципрокных кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности из белорусского коллекционного стада 122

Агеец В.Ю., Вишневская О.Н., Крук А.Ю., Сергеева Т.А., Книга М.В. Характеристики немецкого карпа, разводимого в Беларуси..... 140

Сергеева Т.А. Результаты зимовки годовиков кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности 158

Сергеева Т.А. Сравнительная характеристика биохимического состава мышц двухлетков реципрокных кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности..... 175

Сергеева Т.А., Книга М.В., Вишневская О.Н., Орлов И.А., Крук А.Ю., Сумаревич С.А., Войтюк Т.Ф., Баянков А.С. Сравнительная характеристика экстерьерных показателей двухлетков реципрокных гибридов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности 190

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЫБОВОДСТВА

Агеец В.Ю., Воронова Г.П., Дашкевич В.К., Литвинова А.Г., Ракач С.И., Хотин В.А., Коломиец Э.И., Мандрик-Литвинкович М.Н. Закономерности формирования естественной кормовой базы и рыбопродуктивности рыбоводных прудов при использовании препарата микробного «Биопруд» 211

Литвинова А.Г., Воронова Г.П., Дашкевич В.К., Ракач С.И., Хотин В.А. Влияние применения биокомпостов на результаты выращивания товарных двухлетков карпа в поликультуре 223

Пантелей С.Н., Сенникова В.Д., Исаенко М.Н. Результаты исследований по увеличению эффективности производства посадочного материала белого амура в Республике Беларусь 235

Пантелей С.Н., Сенникова В.Д., Марцуль О.Н., Исаенко М.Н. Влияние биохимических и гематологических показателей на качество посадочного материала черного амура перед зимовкой 256

Сенникова В.Д., Пантелей С.Н., Марцуль О.Н., Исаенко М.Н. Воздействие условий преднерестового содержания черного амура на репродукционные характеристики самок 265

Сафронов А.С., Филиппова О.П., Яхонтова И.В., Козовкова Н.А., Мищенко А.В. Рыбоводно-биологические показатели бестера «Бурцевской» породы 5 поколения селекции при выращивании в индустриальной аквакультуре 279

АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОДОЁМОВ

Апсолихова О.Д., Прищепов Г.П., Баран Т.Л., Попиначенко Т.И., Ласица В.А., Лишко В.И. Гидроэкологические условия участков реки днепр в районах расположения зимовальных ям 293

Кириллов А.Ф., Сидорова Л.И., Апсолихова О.Д. Гидробионты арктического пояса бассейна реки Лены 312

Смольская О.С. Пигментные индексы E_{450}/E_{480} и E_{430}/E_{412} автотрофной компоненты сестона и донных отложений в водоемах и водотоках Беларуси 327

Вежновец В.В., Журавлев М.Д. Сравнительная вертикальная структура популяций двух реликтовых видов копепод в озерах Беларуси 349

Журавлёв М.Д. Зоопланктон озера Долгое (Беларусь) и его вертикальное распределение 357

Лапука И.И. Зообентоценозы эвтрофного озера Круглик 369

Змачинский А.С. Изменения в распространении и численности ротана-головешки (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) в водоемах г. Минска за период с середины 1990-х гг. по нынешнее время 378

УСТОЙЧИВОСТЬ ГИДРОБИОНТОВ И КОНТРОЛЬ НАД ПАТОГЕНАМИ

Бычкова Е.И., Якович М.М., Дегтярик С.М. Особенности формирования гельминтофауны карася серебряного в водоемах Беларуси 403

Климук А.А., Калита Т.Л., Брежнев Л.Л. Действие водного экстракта *Laminariocolax aecidioides* на биохимические показатели крови африканского клариевого сома *Clarias gariepinus* 418

Курбанов А.Р., Дегтярик С.М., Слободницкая Г.В., Полоз С.В., Миролимова Ш.М., Титова Н.О., Максимьюк Е.В., Говор Т.А., Беспалый А.В., Гребнева Е.И. Бактериофлора рыб — объектов аквакультуры Беларуси и Узбекистана 434

Полоз С.В., Дегтярик С.М., Максимьюк Е.В., Гребнева Е.И., Стрельченя И.И., Слободницкая Г.В., Беспалый А.В., Говор Т.А. Основные принципы повышения устойчивости пойкилотермных животных — объектов аквакультуры 454

CONTENTS

Aheyets U.Yu., Kostousov V.G., Martsul O.N., Makeev D.S. Fisheries management in the Republic of Belarus.....7

Kostousov V.G., Apsolikhova O.D., Prishchepov G.P., Popinachenko T.I. The results of fisheries research in the reservoirs of Belarus and modern scientific support of fisheries management.....26

Aheyets U.Yu., Voronova G.P., Litvinava A.G., Dashkevich V.K. The main directions and prospects of hydrobiological and hydrochemical research in fish farming.....44

Aheyets U.Yu., Dziahtsiaryk S.M., Polaz S.V., Slabodnitskaya H.U., Maksimyuk Y.U., Biaspaly A.V., Hovar T.A. History and modern directions of ichthyopathological research in the Republic of Belarus.....53

Aheyets U.Yu., Koshak Z.V., Hadlevskaya N.N. Current trends in the production of feed for fish 76

Aheyets U.Yu., Sergeeva T.A., Kniga M.V. The main results and promising areas of scientific research in breeding and breeding work with carp 86

Aheyets U.Yu., Panteley S.N., Sennikova V.D., Isaenko M.N., Ageenko M.I. History of functioning and main directions of research of the laboratory of pond and industrial fish farming..... 101

SELECTION ISSUES AND GENETICS

Aheyets U.Yu., Sergeeva T.A. The results of growing two-year-old reciprocal crosses of the amur carp with carp of different breeds from the belarusian collection herd 122

Aheyets U.Yu., Vishneuskaya O.N., Kruk A.Yu., Sergeeva T.A., Kniga M.V. Characteristics of german carp bred in Belarus 140

Sergeeva T.A. The results of wintering of yearlings of amur carp crosses with carp of different breeds..... 159

Sergeeva T.A. Comparative characteristics of the biochemical composition of the muscles of two-year-olds of reciprocal crosses of the amur carp with carp of different breeds 175

Sergeeva T.A., Kniga M.V., Vishneuskaya O.N., Orlov I.A., Kruk A.Yu., Sumarevich S.A., Voytyuk T.F., Bayankov A.S. Comparative characteristics of exterior indicators of two-year-old wild amur carp (sazan) and different breed carp reciprocating crosses 191

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF FISH FARMING

Aheyets U.Yu., Voronova G.P., Dashkevich V.K., Litvinava Anastasiya G., Rakach S.I., Khotin V.A., Kolomiets E.I., Mandryk-Litvinkovich M.N. Natural food base and fish productivity patterns of formation in fish ponds while using the microbial preparation "Bioprud" 211

Litvinava A.G., Voronova G.P., Dashkevich V.K., Rakach S.I., Khotin V.A. Effect of biocomposts use on the results of commercial two-year-old carp cultivation in polyculture 223

Panteley S.N., Sennikova V.D., Isaenko M.N. Results of research on increasing the efficiency of white amur planting material production in the Republic of Belarus 236

Panteley S.N., Sennikova V.D., Martsul O.N., Isaenko M.N. The influence of biochemical and hematological parameters on the quality of the planting material of the black amur before wintering 257

Sennikova V.D., Panteley S.N., Martsul O.N., Isaenko M.N. The impact of pre-spawning conditions of the black cupid on the reproductive characteristics of females 266

Safronov A.St., Filippova O.P., Yakhontova I.V., Kozovkova N.A., Mishchenko A.V. Fish-breeding and biological indicators of the bester «Burtsevskaya» breed of the 5th generation of breeding when growing in industrial aquaculture 280

ASPECTS OF THE ECOLOGY OF INLAND RESERVOIRS

Apsolikhova O.D., Prishchepov G.P., Baran T.L., Popinachenko T.I., Lasitsa V.A., Lishko V.I. Hydroecological characteristics of the parts of the dnepr river in the areas of winter pits location 293

Kirillov A.F., Sidorova L.I., Apsolikhova O.D. Hydrobionts of the arctic belt of the Lena river basin 313

Smolskaya V.S. The pigment indices E_{450}/E_{480} and E_{430}/E_{412} of the autotrophic component of seston and bottom sediments in water bodies and streams of Belarus 328

Zhurauliou M.D., Veznavets V.V. Comparative vertical structure of populations of two relict copepod species in lakes of Belarus 349

Zhurauliou M.D. Zooplankton of lake Dolgoye (Belarus) and its vertical distribution 357

Lapuka I.I. Zoobentocenoses of the eutrophic lake Kruglik 369

Zmachynski A.S. Changes in distribution and abundance rotana firebrands (Perccottus glenii Dybowski, 1877) in the reservoirs of Minsk for the period from the mid-1990-s. To the present time 379

THE RESISTANCE OF HIDROBIONTES AND CONTROL OF PATOGENS

EBychkova E.I., Yakovich M.M., Dziahtsiaryk S.M. Formation features of the helminth fauna in goldfish from water bodies of Belarus 404

Klimuk A.A., Kalita T.L., Brezhnev L.L. Effect of *Laminariacolax aecidioides* water extract on biochemical blood indicators of african catfish *Clarias gariepinus* 418

Kurbanov A.R., Degtyarik S.M., Slobodnitskaya H.U., Polaz S.V., Mirolimova S.M., Titova N.O., Maksimyuk Y.U., Hovar T.A., Biaspaly A.V., Grebneva A.I. The bacterial flora of fish — of the aqua culture objects of Belarus and Uzbekistan 435

Polaz S.V., Dziahtsiaryk S.M., Maksimyuk Y.U., Hrebneva A.I., Strelthenja I.I., Slabodnitskaya H.U., Biaspaly A.V., Hovar T.A. Main principles of increasing the resilience of poikilothermal animals – aquaculture objects 454

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 39

Компьютерная верстка *А. В. Засулевич*

Подписано в печать 30.10.2023. Формат 60x90/16.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 27,67.
Уч.-изд. л. 26,95. Тираж 30 экз. Заказ 399.

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.