



**2019**

**Выпуск/Issue 87 (90)**

**ТРУДЫ ИНСТИТУТА  
БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД  
ИМ. И.Д. ПАПАНИНА РАН**

**TRANSACTIONS OF PAPANIN INSTITUTE  
FOR BIOLOGY OF INLAND WATERS RAS**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**



**ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД ИМ. И.Д. ПАПАНИНА РАН**



**ТРУДЫ ИБВВ РАН**

**ВЫПУСК 87(90)**

**2019**

**ИЮЛЬ – СЕНТЯБРЬ**

Выходит 4 раза в год

п. Борок

2019

**THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**



**PAPANIN INSTITUTE FOR BIOLOGY OF INLAND WATERS RAS**



**TRANSACTIONS OF IBIW RAS**

**ISSUE 87(90)**

**2019**

**JULY – SEPTEMBER**

The Journal is published quarterly

Borok

2019

**Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН.** – Борок : Институт биологии внутренних вод – 2019. – Вып. 87(90). – 85 с.

В. В. Крылов, Е. А. Флёрова, М. И. Малин, А. С. Ключников, А. А. Паюта, А. А. Богданова, М. И. Андреева, А. Е. Жохов, М. Н. Пугачева, А. С. Фомина, Д. А. Гульдина, Д. В. Микряков, А. О. Ревякин, Г. И. Пронина, А. С. Соколова, В. Р. Микряков, А. Б. Петрушин, Т. А. Суворова, Н. И. Силкина, Вл. К. Чугунов, Е. Г. Евдокимов

В очередном выпуске журнала представлены статьи, посвященные изучению механизмов адаптаций рыб к различным биотическим и абиотическим факторам. Проведен анализ многолетней динамики ростовых характеристик плотвы, выращенной в условиях экспериментальной базы «Сунога» ИБВВ РАН. Изучены видовое разнообразие и дана биологическая характеристика рыб в постнерестовый и нагульный периоды 2018 года, обитающих в условиях малых рек государственного природного заказника «Ярославский». Приведены данные о необычно высокой зараженности сегментов плотвы метацеркариями *Metorchis bilis* в двух малых реках Ярославской области – притоках Рыбинского водохранилища. Проведено патоморфологическое исследование состояния печени и жабр *Perca fluviatilis* и *Rutilus rutilus lacustris* в заливах Братского водохранилища для получения информации об эколого-токсикологическом благополучии водоема. Изучена упитанность и химический состав скелетных мышц *Hybrid Clarias sp.*, выращенных в условиях аквакультуры Южного Вьетнама. Проведено сравнительное исследование биохимических показателей сыворотки крови между устойчивыми и восприимчивыми к возбудителям краснухи карпами. Проанализирована и обобщена информация по проблемам культивирования кладоцер рода *Moina* Baird (Cladocera: Moinidae) – перспективного стартового корма. Проведено изучение архитектоники и структуры кровеносных сосудов мезонефроса *Polypterus senegalus*.

Издание рассчитано на экологов, зоологов, ихтиологов, ихтиопатологов, а также студентов биологических и экологических факультетов высших учебных заведений.

#### Рецензенты:

М.В. Ястребов, д.б.н. (Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова)  
Г. Е. Серветник, д.с.-х.н. (ВНИИР)  
Ю. А. Северов, к.б.н. (Татарский филиал ФГБНУ «ВНИРО»)  
Е.А. Заботкина, к.б.н. (ИБВВ РАН)

Е. Г. Скворцова, к.б.н. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА)  
А. А. Богданова, к.с.-х.н. (Ярославский НИИЖК – филиал ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса)  
А. А. Болотовский, к.б.н. (ИБВВ РАН)  
А. А. Котов, д.б.н., (ИПТЭ РАН)

#### Редакционная коллегия Трудов ИБВВ РАН:

С. А. Поддубный (гл. редактор), д.г.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия  
А. В. Крылов (зам. гл. редактора), д.б.н., проф., ИБВВ РАН, Борок, Россия  
А. А. Бобров, к.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия  
Б. К. Габриелян, д.б.н., проф., НАН РА НЦ ЗГЭ, Ереван, Армения  
И.Л. Голованова, д.б.н. ИБВВ РАН, Борок, Россия  
Ю.В. Герасимов, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия  
А. Н. Дзюбан, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия  
Хай Доан Нё, д.ф., Институт океанографии, ВАНТ, Нячанг, Вьетнам

В. Т. Комов, д.б.н., проф., ИБВВ РАН, Борок, Россия  
В. И. Лазарева, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия  
Н. М. Минеева, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия  
Лам Нгуен Нгок, д.ф., проф., Институт океанографии, ВАНТ, Нячанг, Вьетнам  
А. А. Протасов, д.б.н., проф., ИГБ НАНУ, Киев, Украина  
К. Робинсон, д.ф., EAWAG, Цюрих, Швейцария  
В. П. Семенченко, д.б.н., чл.-кор. ННЦ НАН по биоресурсам, Минск, Беларусь

Ответственный редактор: **Е.А. Флёрова**

Ответственный секретарь **А. А. Сажнева**

Печатается по решению Ученого совета ИБВВ РАН.

Исследования проведены при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России.

Адрес редакции: 152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н,  
Институт биологии внутренних вод РАН  
тел./факс (48547) 2-48-09; e-mail: trud@ibiw.yaroslavl.ru

*V. V. Krylov, E. A. Flerova, M. I. Malin, A. S. Klyuchnikov, A. A. Payuta, A. A. Bogdanova, M. I. Andreeva, A. E. Zhokhov, M. N. Pugacheva, A. S. Fomina, D. A. Guldina, D. V. Mikryakov, A. O. Revyakin, G. I. Pronina, A. S. Sokolova, V. R. Mikryakov, A. B. Petrushin, T. A. Suvorova, N. I. Silkina, Vl. K. Tchougounov, E. G. Evdokimov*

This issue of the journal presents articles devoted to the study of mechanisms of fish adaptations to different biotic and abiotic factors. The analysis has been made of the long-term dynamics of growth characteristics of roach reared at the Sunoga experimental pond base of the Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences. The species diversity of fish inhabiting small rivers in the Yaroslavl State Nature Reserve was studied during postspawning and feeding periods of 2018 and their biological characteristics are given. The data on extremely high infestation of roach fingerlings with metacercariae *Metorchis bilis* in two small rivers in Yaroslavl oblast, tributaries of the Rybinsk Reservoir are presented. The pathomorphological study of the state of liver and gills in *Perca fluviatilis* and *Rutilus rutilus lacustris* in bays of the Bratsk Reservoir was performed to obtain information about ecological and toxicological status of the water body. The condition and chemical composition of skeletal muscles of *Hybrid Clarias* sp. reared under controlled conditions in Southern Vietnam were investigated. The comparative study of biochemical parameters of the blood serum was performed using carps which are resistant and sensitive to measles virus. The information about the problems of cultivation of cladocerans of the genus *Moina* Baird (Cladocera: Moinidae), as a perspective initial food has been analyzed and generalized. The architecture and structure of blood vessels of the gray bichir *Polypterus senegalus* have been studied.

This issue is intended for ecologists, zoologists, ichthyologists, ichthyopathologists as well as for the students of biology and ecology departments at institutions of higher education.

#### Reviewers:

*M.V. Yastrebov, Doctor of Biology (P.G. Demidov Yaroslavl State University)*  
*G.E. Servetnik, Doctor of Agricultural Sciences (VNIIR)*  
*Y. A. Severov, Ph.D. (Tatar branch of the FSBSI "VNIRO")*  
*E. A. Zabotkina, Ph.D. (IBIW RAS)*

*E. G. Skvortsova, Ph.D. (FSBEI HE Yaroslavl State Agricultural Academy)*  
*A. A. Bogdanova, Ph.D. (YarSRILF — FWRC FPA)*  
*A. A. Bolotovskiy, Ph.D. (IBIW RAS)*  
*A. A. Kotov, Doctor of Biological Sciences (IEE RAS)*

#### Editorial board of IBIW RAS Transactions:

*S. A. Poddubny (editor), Dr. of geogr., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*A. V. Krylov (deputy editor), Dr. of biol., prof., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*A. A. Bobrov, PhD., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*Hai Doan Nhu, PhD., Institute of Oceanography, VAST, Nha Trang, Vietnam*  
*A. N. Dzuban, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*B. K. Gabrielyan, Dr. of biol., prof., SC ZHE NAS RA, Yerevan, Armenia*  
*I.L. Golovanova, Dr. of biol., prof., IBIW RAS, Borok, Russia*

*Yu. V. Gerasimov, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*V. T. Komov, Dr. of biol., prof., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*V. I. Lazareva, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*N. M. Mineeva, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*Lam Nguyen Ngoc, PhD., prof., Institute of Oceanography, VAST, Nha Trang, Vietnam*  
*A. A. Protasov, Dr. of biol., prof., IHB NASU, Kiev, Ukraine*  
*C. Robinson, PhD., EAWAG, Zurich, Switzerland*  
*V. P. Semenchenko, Dr. of biol., corr. member NASB, Minsk, Belar*

Editor-in-chief of the volume **E. A. Flerova**

Coordinating Editor **A. A. Sazhneva**

*Published by the decision of IBIW RAS Academic council.*

*The research was carried out with the financial support of the state in the person of the Ministry of education and science of the Russian Federation.*

*Editorial address: 152742. Borok, Yaroslavl region, Nekouz district,  
Institute for Biology of Inland Waters, RAS  
tel./fax (48547) 2-48-09; e-mail: trud@ibiw.yaroslavl.ru*

## СОДЕРЖАНИЕ

*V. V. Krylov*

THE SIZES OF ROACH <i>RUTILUS RUTILUS</i> L. UNDERYEARLINGS FROM DIFFERENT PONDS AT THE "SUNOGA" POND STATION FROM 2003 TO 2015 .....	7
---	---

*Е. А. Флёрова, М. И. Малин, А. С. Ключников, А. А. Паюта, А. А. Богданова, М. И. Андреева*

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЫБ МАЛЫХ РЕК ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «ЯРОСЛАВСКИЙ» В ПОСТНЕРЕСТОВЫЙ И НАГУЛЬНЫЙ ПЕРИОДЫ 2018 ГОДА ...	12
--	----

*А. Е. Жохов, М. Н. Пугачева*

ОЧАГ «ОПИСТОРХОЗА» В ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ .....	31
--	----

*А. С. Фомина*

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЫБ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА .....	41
---	----

*Д. А. Гульдина, Е. А. Флёрова*

УПИТАННОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ <i>HYBRID CLARIAS</i> sp., ВЫРАЩЕННЫХ В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ .....	51
--	----

*Д. В. Микряков, А. О. Ревякин, Г. И. Пронина, А. С. Соколова, В. Р. Микряков, А. Б. Петрушин*

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫВОРОТКИ КРОВИ КРАСНУХОУСТОЙЧИВОЙ ПОРОДЫ КАРПА ПОСЛЕ ЗИМОВКИ .....	56
--	----

*Т. А. Суворова, Н. И. Силкина*

ВЛИЯНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО И ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТОВ НА СПЕЦИФИЧЕСКИЙ И НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЙ ИММУНИТЕТ И ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОРГАНИЗМЕ РЫБ .....	62
---	----

*Вл. К. Чугунов*

ПРОБЛЕМЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ (CLADOCERA) КАК СТАРТОВОГО ЖИВОГО КОРМА И СТРАТЕГИЯ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ .....	71
---	----

*Е. А. Флёрова, Е. Г. Евдокимов*

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ МЕЗОНЕФРОСА <i>POLYPTERUS SENEGALUS</i> .....	76
--	----

## CONTENTS

<i>V. V. Krylov</i> THE SIZES OF ROACH <i>RUTILUS RUTILUS</i> L. UNDERYEARLINGS FROM DIFFERENT PONDS AT THE “SUNOGA” POND STATION FROM 2003 TO 2015 .....	7
<i>E. A. Flerova, M. I. Malin, A. S. Klyuchnikov, A. A. Payuta, A. A. Bogdanova, M. I. Andreeva</i> SPECIES DIVERSITY AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF FISHES OF SMALL RIVERS OF THE STATE NATURAL RESERVE “YAROSLAVSKY” IN THE POST-BIRTH AND FISHING PERIODS OF 2018 .....	12
<i>A. E. Zhokhov, M. N. Pugacheva</i> FOCUS OF “OPISTHORCHIASIS” IN YAROSLAVL PROVINCE .....	31
<i>A. S. Fomina</i> HISTOPATNOLOGICAL STUDIES OF FISH FROM BRATSK RESERVOIR .....	41
<i>D. A. Guldina, E. A. Flerova</i> FATNESS AND CHEMICAL COMPOSITION OF HYBRYD <i>CLARIAS SP.</i> SKELETAL MUSCLES, GROWN UP TO AQUACULTURE .....	51
<i>D. V. Mikryakov, A. O. Revyakin, G. I. Pronina, A. S. Sokolova, V. R. Mikryakov, A. B. Petrushin</i> BIOCHEMICAL INDICES OF BLOOD SERUM OF RED-RESISTANT CARP BREED AFTER WINTER .....	56
<i>T. A. Suvorova, N. I. Silkina</i> EFFECT OF ANTIBACTERIAL AND PROBIOTIC PREPARATIONS ON SPECIFIC AND NON-SPECIFIC IMMUNITY AND OXIDATIVE PROCESSES IN THE ORGANISM OF FISH .....	62
<i>Vl. K. Tchougounov</i> CLADOCERA CULTIVATION FUNDAMENTALS AS A LIVE FOOD FOR MODERN AQUACULTURE .....	71
<i>E. A. Flerova, E. G. Evdokimov</i> THE STRUCTURAL FEATURES OF BLOOD VESSELS OF THE MESONEPHROS PO- LYPTERUS SENEGALUS .....	76

## THE SIZES OF ROACH *RUTILUS RUTILUS* L. UNDERYEARLINGS FROM DIFFERENT PONDS AT THE “SUNOGA” POND STATION FROM 2003 TO 2015

V. V. Krylov, Yu. V. Chebotareva, Yu. G. Izyumov

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences,  
Borok, Nekouzski raion, Yaroslavl oblast, 152742 Russia  
e-mail: kryloff@ibiw.ru*

Standard lengths in *Rutilus rutilus* underyearlings from different experiments over the available observation period from 2003 to 2015 were analyzed in order to find out whether the specific conditions in ponds at the “Sunoga” pond station affect the size-mass characteristics of roach. The sizes of *R. rutilus* significantly depended on the year of observation and correlated with water temperature as a statistical trend. Specific conditions in ponds had no significant effect of on the standard length of fish. Thus, size-mass indices of *R. rutilus* underyearlings raised in the ponds at the “Sunoga” pond station can be used as an indicator of various influences on fish embryos.

**Keywords:** roach, standard length, embryos, underyearlings, long-term observations

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10014

### INTRODUCTION

An impact of chemical and physical treatments on the early development of common roach *Rutilus rutilus* L. is being studied in the laboratory of population biology and genetics of the Institute for the Biology of Inland Waters RAS for many years [Chebotareva et al., 2009; Krylov et al., 2010; Filippov et al., 2014; Filippov et al., 2015; Golovanova et al., 2015; Chebotareva et al., 2016; Krylov et al., 2016; Krylov et al., 2017]. Most of the experiments are consist in the exposure of embryos to treatments, the subsequent maintaining of young fish in ponds at the “Sunoga” pond station during the summer, the capture of underyearlings, and the evaluation of its morphological features. The main attention is paid to the morphological diversity of vertebral phenotypes in underyearlings after exposure as embryos. The number of vertebrae is strictly related to the number of myomeres that separate from the 5th to 7th germinal stages [Lange, Dmitrieva, 1981; Lindsey, 1988]. The vertebral bodies are formed strictly against myosepta [Lange, Dmitrieva, 1981; Pavlov, 2007]. The calcification of vertebrae bodies occurs at the larval stages of *R. rutilus* development [Vanyushina, 1990]. Except the selective

mortality, the conditions in ponds do not affect the aforementioned trait in underyearlings. The size-mass characteristics of fish are often given in addition to osteological data. It should be said that the staff of the “Sunoga” pond station keep the water level and maintains similar conditions in different ponds in order to provide the homogeneous feed base. Every year researchers randomly choose ponds for the control and experimental groups of *R. rutilus*. However, one cannot exclude the possibility that the size-mass characteristics of underyearlings to a greater extent depend on the conditions in a particular pond, rather than from experimental influences. For this reason, the influence of various treatments on the sizes of underyearlings exposed as embryos is considered in publications with care.

Therefore, the aim of this study was to analyze the standard lengths in *R. rutilus* underyearlings from different experiments over the available observation period from 2003 to 2015 in order to find out whether the conditions in specific ponds at the “Sunoga” pond station affect the size-mass characteristics of roach juveniles.

### MATERIALS AND METHODS

Over the available observation period from 2003 to 2015, roach embryos were exposed to various chemical and physical treatments. Detailed description of the exposures can be found in the relevant publications [Chebotareva et al., 2009; Krylov et al., 2010; Chebotareva et al., 2016; Krylov et al., 2016; Krylov et al., 2017]. *R. rutilus* ova and sperm were collected from spawners caught in the Rybinsk Reservoir (Yaroslavl oblast, Russia) during their natural spawning event in the first half of May. The

method of dry fertilization was used. Gametes from several males and females were used in order to achieve phenetic diversity in the resulting fry. Upon fertilization, the eggs were placed into jars (diameter 23 cm, height 7×5 cm) filled with reservoir water (controls and magnetic treatments) or solutions of chemicals in reservoir water (chemical treatments) up to 6 cm. Approximately 2500–3000 eggs were placed in each jar. The water or solutions of chemicals in the jars was replaced twice a day. Water temperature during



embryo incubation varied from 15.5 to 18°C. This temperature regime corresponded with the natural conditions found in the Rybinsk Reservoir.

After the disappearance of yolk sacs and inflation of swim bladders (between the 1st and 2nd larval stages), fry from the control and experimental treatments were placed into ponds and fed a natural diet for 4 months. Different ponds were used for the control and experimental groups of fry from each year. The fish stocking density in ponds ranged from 10000 to 20000 per ha in different years and was lower than recommended for cyprinids [Martyshev, 1973]. Underyearlings were collected in the autumn. Their survival rate in the ponds varied from 20 to

40%. Standard lengths of underyearlings are considered in this study.

A one-way ANOVA was performed in order to test for the influence of pond's conditions and years of observation on the standard length of *R. rutilus*. The normality and homoscedasticity assumptions were satisfied. In order to clarify the contribution of temperature conditions to differences in roach's sizes caused by years of observation, we have performed a correlation analysis using data on mean water temperatures in shallow water of the Rybinsk Reservoir near the "Sunoga" pond station in July-August (fish are growing actively during these months) and the average standard length for the each year.

The standard lengths in *R. rutilus* underyearlings from different experiments over the available observation period from 2003 to 2015

Treatment	Pond #	Standard length, mm	n
<b>2003</b>			
Control	53	69.1±0.4	74
Trichlorfon ( $1 \times 10^{-2}$ mg/l)	45	71.1±0.5	79
Trichlorfon ( $1 \times 10^{-3}$ mg/l)	40	65.1±0.6	80
Trichlorfon ( $1 \times 10^{-4}$ mg/l)	42	61.7±0.3	80
Trichlorfon ( $1 \times 10^{-6}$ mg/l)	48	72.9±0.4	80
Nitrosoguanidine ( $3 \times 10^{-1}$ mg/l)	47	70.9±0.4	80
<b>2004</b>			
Control	48	76.6±0.4	97
Magnetic field(1.5 $\mu$ T, 500 Hz)	42	66.4±0.3	132
Magnetic field(1.5 $\mu$ T, 500 Hz)	39	75. 5±0.5	72
Magnetic field(1.5 $\mu$ T, 500 Hz)	45	75.6±0.3	104
Thermal shock (23°C)	40	75. 4±0.6	30
<b>2005</b>			
Control	39	71.8±0.3	82
Magnetic field(1.5 $\mu$ T, 500 Hz)	40	78.0±0.3	158
Trichlorfon ( $1 \times 10^{-2}$ mg/l)	48	73.9±0.3	162
Magnetic field+ Trichlorfon	42	67.8±0.2	158
<b>2006</b>			
Control	53	61.7±0.3	86
Magnetic field(1.5 $\mu$ T, 500 Hz)	2	59.4±0.3	120
Nitrosoguanidine ( $3 \times 10^{-1}$ mg/l)	45	69.4±0.3	95
Nitrosoguanidine ( $3 \times 10^{-3}$ mg/l)	42	63.5±0.5	65
Nitrosoguanidine ( $3 \times 10^{-4}$ mg/l)	39	76.8±0.3	122
Nitrosoguanidine ( $3 \times 10^{-5}$ mg/l)	48	66.6±0.7	99
Nitrosoguanidine ( $3 \times 10^{-6}$ mg/l)	40	69.6±0.3	81
Nitrosoguanidine ( $3 \times 10^{-7}$ mg/l)	47	64.5±0.4	60
<b>2007</b>			
Control	47	69.9±0.5	63
Magnetic field(1.5 $\mu$ T, 72.5 Hz)	45	75.1±0.4	80
Magnetic field(1.5 $\mu$ T, 500 Hz)	54	68.4±0.4	77
Cu <sup>2+</sup> ( $1 \times 10^{-2}$ mg/l)	39	78.7±0.5	97
Cu <sup>2+</sup> ( $1 \times 10^{-3}$ mg/l)	48	71.3±0.4	40
Magnetic field+ Cu <sup>2+</sup> ( $1 \times 10^{-2}$ mg/l)	42	59.9±0.3	94
Magnetic field+ Cu <sup>2+</sup> ( $1 \times 10^{-3}$ mg/l)	40	70.9±0.3	131

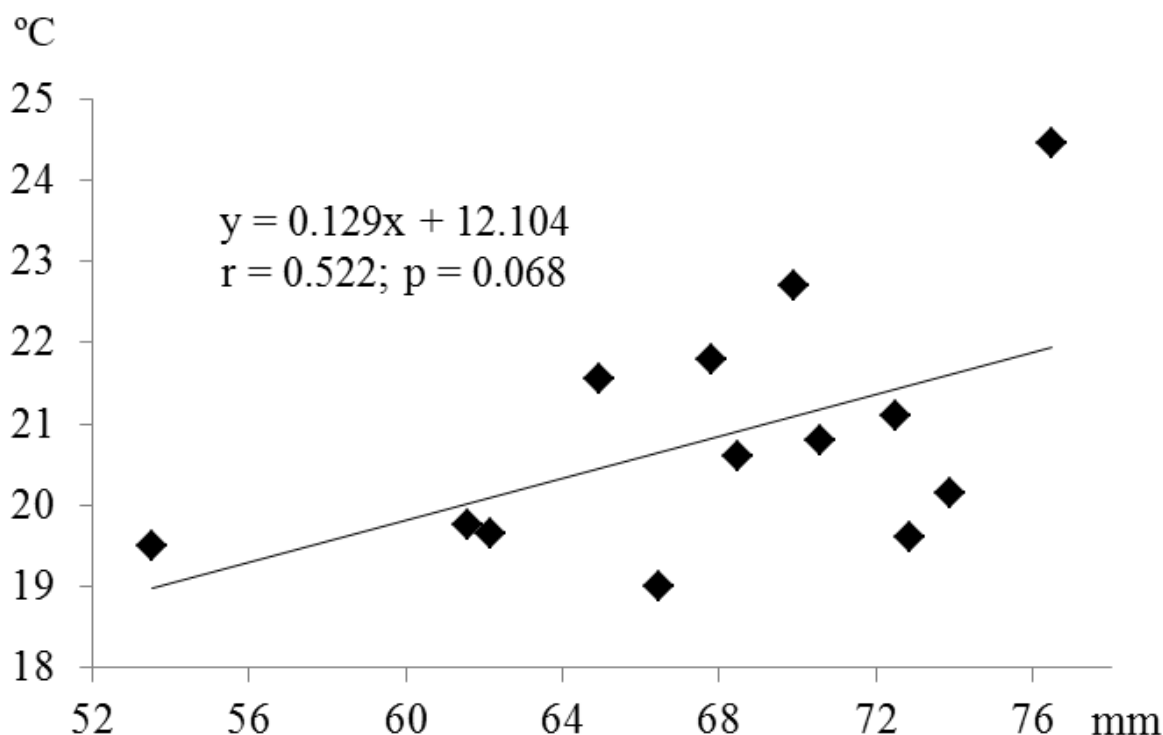
<b>2008</b>			
Control	53	64.8±0.4	30
Magnetic field(1.5 $\mu$ T, 500 Hz)	45	60.7±0.3	83
Thermal shock (23°C)	40	61.9±0.3	153
Magnetic field+ Thermal shock	42	59.0±0.4	80
<b>2009</b>			
Control-1	39	65.6±0.3	154
Control-2	48	62.7±0.3	107
Geomagnetic storm-1	40	59.2±0.2	137
Geomagnetic storm-2	45	61.2±0.2	151
<b>2010</b>			
Control	39	78.2±0.3	120
Geomagnetic storm	40	79.6±0.3	124
Geomagnetic storm	42	70.5±0.3	116
Geomagnetic storm	45	78.4±0.3	105
Geomagnetic storm	48	76.0±0.4	81
<b>2011</b>			
Control-1	48	73.5±0.4	101
Control-2	45	78.2±0.3	137
Geomagnetic storm	41	56.7±0.4	133
Geomagnetic storm	6	71.3±0.8	29
<b>2012</b>			
Control-1	41	65.1±0.3	107
Control-2	40	68.5±0.3	113
Geomagnetic storm	42	62.6±0.4	68
Geomagnetic storm	45	67.3±0.3	118
Geomagnetic storm	47	56.0±0.2	94
Geomagnetic storm	48	62.1±0.2	120
Hypomagnetic field	39	70.5±0.3	141
Hypomagnetic field	54	63.1±0.3	102
Hypomagnetic field	2	65.5±0.2	139
Water exposed to magnetic field	6	68.5±0.6	48
<b>2013</b>			
Control	42	75.2±0.5	30
Magnetic variations 100 nT	40	78.4±0.6	30
Magnetic variations 300 nT	39	76.8±0.9	30
Magnetic variations 500 nT	45	75.0±0.7	30
Magnetic variations 100 nT	44	61.6±0.6	30
Magnetic variations 300 nT	47	69.5±0.6	30
Magnetic variations 500 nT	48	71.1±0.5	30
<b>2014</b>			
Control	44	69.5±0.6	48
Hypomagnetic field	40	77.8±0.5	100
Hypomagnetic field	48	68.6±0.3	90
Hypomagnetic field	54	51.4±0.4	105
Hypomagnetic field	6	71.7±0.4	73
<b>2015</b>			
Control-1	45	55.2±0.4	82
Control-2	2	43.8±0.5	104
Shifting of geomagnetic variation	40	63.0±0.4	90
Shifting of geomagnetic variation	6	56.9±0.4	93
Shifting of geomagnetic variation	42	59.1±0.3	104
Shifting of geomagnetic variation	48	48.8±0.5	59
Thermal shock (23°C)	39	47.8±0.5	79

## RESULTS

The standard lengths of underyearlings from different ponds from 2003 to 2015 are shown in Table. The ponds used once during the observation period were excluded from the analysis and not shown in the Table. Analysis of variance revealed significant differences between the lengths of *R. rutilus* that depended on the year of observation ( $F_{[12, 63]} = 7.04$ ,  $p < 0.001$ ). At the

same time, specific conditions in ponds had no significant effect of on this characteristic ( $F_{[11, 64]} = 1.64$ ,  $p > 0.05$ ).

A contribution of water temperature to the differences caused by the years of observation was revealed at the level of the statistical trend following correlation analysis (Fig.).



**Fig.** The correlation between water temperature in July-August and standard lengths of underyearlings.

## DISCUSSION

The standard lengths of roach underyearlings varied in different years of observation. The relationship between this characteristic and water temperature is an anticipated result. The low level of the significance of detected correlation is most likely due to the relatively small number of observations. In addition, the differences in fish sizes from one year to the next could be related to differences in the quality of the gametes provided by the parents. Feeding opportunities during the previous year, conditions of wintering, age and

other unaccounted factors have an effect on fish ova and sperm quality [Blaxter, 1988].

The sizes of underyearlings did not depend on specific ponds at the “Sunoga” pond station. This confirms our assumptions about the similarity of conditions in the ponds. Thus, size-mass indices of underyearlings raised in the ponds at the “Sunoga” pond station can be used as an indicator of various influences on fish embryos. It is unlikely that other factors could interfere with the specific conditions in the ponds due to its random selection for the placement of control and experimental fish.

We are grateful to Arina V. Zakonnova (IBIW RAS) for temperature data and Konstantin Podgornyj (AtlantNIRO) for his help with statistics. Authors also thank staff of the “Sunoga” pond station for their assistance. This results was obtained in the framework of the state assignment (theme № AAAA-A18-118012690222-4).

## REFERENCES

- Blaxter J.H.S. Pattern and variety in development // Fish physiology. Vol. XI. Physiology of developing fish. Pt. A. Eggs and Larvae. / Eds. Haar W.S., Randall D.J. San Diego: Acad. Press. SNC. 1988. P. 1–58.
- Chebotareva Yu.V., Izyumov Yu.G., Krylov V.V. Some morphological features of fry of roach *Rutilus rutilus* (Cyprinidae, Cypriniformes) after separate and combined exposure of embryos to magnetic and elevated temperature // Journal of Ichthyology. 2016. Vol. 56. № 3. P. 445–455.
- Chebotareva Yu.V., Izyumov Yu.G., Krylov V.V. The effect of an alternating electromagnetic field upon early development in roach (*Rutilus rutilus*: Cyprinidae, Cypriniformes) // Journal of Ichthyology. 2009. Vol. 49. № 5. P. 409–415.
- Filippov A.A., Aminov A.I., Golovanova I.L., Chebotareva Yu.V., Izyumov Yu.G., Krylov V.V. Effect of magnetic storm on the sensitivity of juvenile roach intestinal glycosidase to heavy metals (Cu, Zn) and the herbicide Roundup // Inland Water Biology. 2015. Vol. 8. № 4. P. 417–420.
- Filippov A.A., Krylov V.V., Golovanova I.L. Effect of magnetic storms on the temperature characteristics of digestive glycosidases in roach fingerlings // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. 2014. № 2. C. 101–105.
- Golovanova I.L., Filippov A.A., Chebotareva Yu.V., Izyumov Yu.G., Krylov V.V. Impact of simulated geomagnetic storm on activity of digestive glycosidases in roach *Rutilus rutilus* underyearlings // Journal of Ichthyology. 2015. Vol. 55. № 4. P. 590–595.
- Krylov V.V., Chebotareva Yu.V., Izyumov Yu.G. Delayed consequences of extremely low-frequency magnetic fields and the influence of adverse environmental conditions on roach *Rutilus rutilus* embryos // Journal of Fish Biology. 2016. Vol. 88. № 4. P. 1283–1300.
- Krylov V.V., Chebotareva Yu.V., Izyumov Yu.G., Zotov O.D., Osipova E.A. Effects of an induced magnetic storm on the early ontogenesis of roach *Rutilus rutilus* (L.) // Inland Water Biology. 2010. Vol. 3. № 4. P. 356–359.
- Krylov V.V., Osipova E.A., Pankova N.A., Talikina M.G., Chebotareva Yu.V., Izyumov Yu.G., Batrakova A.A., Nepomnyashchikh V.A. The effect of a temporal shift in diurnal geomagnetic variation on roach *Rutilus rutilus* L. embryos: a comparison with effects of simulated geomagnetic storms // Biophysics. 2017. Vol. 62. P. 675–681.
- Lange N.O., Dmitrieva E.N. Methods of ecological-morphological research of the development of young fish // The studies of reproduction and development of fish / Eds. Koshelev B.V., Gulidov M.W. M.: Nauka. 1981. P. 67–88. [in Russian]
- Lindsey C.C. Factors controlling meristic variation // Fish physiology. Vol. XI. Physiology of developing fish. Pt. A. Eggs and Larvae. / Eds. Haar W.S., Randall D.J. San Diego: Acad. Press. SNC. 1988. P. 197–274.
- Martyshev F.G. Prudovoye rybovodstvo [Pond fish farming]. M.: Vysshaya shkola. 1973. 428 s. [In Russian]
- Pavlov D.A. Morfologicheskaya izmenchivost' v rannem ontogeneze kostistukh ryb [Morphological variation in the early ontogeny of teleost fishes]. M.: GEOS. 2007. 246 s. [In Russian]
- Vanyushina O. G. Razvitiye oseвого skeleta u leshcha (*Abramis brama* L.) i plotvy (*Rutilus rutilus* L.) [Development of axial skeleton in bream (*Abramis brama* L.) and roach (*Rutilus rutilus* L.)] // Transactions of IBIW RAS. 1990. Vol. 58(61). P. 4–9.

## ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЫБ МАЛЫХ РЕК ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА “ЯРОСЛАВСКИЙ” В ПОСТНЕРЕСТОВЫЙ И НАГУЛЬНЫЙ ПЕРИОДЫ 2018 ГОДА

Е. А. Флёрова<sup>1,2</sup>, М. И. Малин<sup>3</sup>, А. С. Ключников<sup>1</sup>, А. А. Паюта<sup>1</sup>,  
А. А. Богданова<sup>1</sup>, М. И. Андреева<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства,  
150517, Ярославская область, поселок Михайловский, ул. Ленина, 1

<sup>2</sup>Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова,  
150003, г. Ярославль, ул. Советская, 14

<sup>3</sup>Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,  
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н

<sup>4</sup>ФГБУ “Национальный парк “Плещеево озеро”  
e-mail: katarinum@mail.ru

Проведен анализ ихтиофауны малых рек, находящихся на территории Государственного природного заказника “Ярославский”. В постнерестовый период в р. Соть выявлены следующие виды: *Blicca bjoerkna*, *Pelecus cultratus*, *Rutilus rutilus*, *Perca fluviatilis*, *Sander volgense*. Доля густеры составила 73%, плотвы – 17%, берша, окуня и чехони – по 3%. В р. Вопша обнаружены: *Abramis brama*, *Blicca bjoerkna*, *Leuciscus idus*, *Rutilus rutilus*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Aspius aspius*, *Tinca tinca*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca*. Доля густеры составила 45%, плотвы и красноперки – 22% и 19% соответственно, плотвы – 8%, леща – 2%, редкие виды, как жерех (2%), линь (1%) и судак (1%), были обнаружены только в этой реке. В р. Касть обнаружено 6 видов рыб: *Abramis brama*, *Blicca bjoerkna*, *Leuciscus idus*, *Rutilus rutilus*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Perca fluviatilis*, доля густеры составила 71%, язя – 15%, красноперки – 6.5%, плотва – 3%, окунь – 3%, линь – 1.5%. В нагульный период в р. Соть выявлены следующие виды: *Abramis brama*, *Blicca bjoerkna*, *Rutilus rutilus*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca*, *Sander volgense*; в р. Вопша: *Blicca bjoerkna*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Perca fluviatilis*; в р. Касть: *Scardinius erythrophthalmus*, *Perca fluviatilis*. В р. Соть доля плотвы – 41%, густеры – 29%, судака – 7%, леща – 4%, берша и окуня по 3%. В р. Вопша доля красноперки составила 54% (в сравнении с летним периодом больше на 35%), густеры – 2% (меньше на 43% по сравнению с постнерестовым периодом), окуня – 33%. В р. Касть обнаружено 2 вида: красноперка (45%) и окунь (55%). Анализ размерно-возрастного состава, стадий зрелости гонад, коэффициентов упитанности ихтиофауны малых рек, находящихся на территории Государственного природного заказника “Ярославский”, показал, что между стадами исследуемых видов нет существенных различий по морфометрическим и биологическим признакам. Данные по численности популяций, половому и возрастному соотношению видов в изучаемых реках косвенно характеризуют стабильность и возобновляемость популяций. Результаты патологоанатомического вскрытия рыбы показали отсутствие видимых патологий у большинства исследованных видов. Эпизоотологическое состояние рыб исследуемых водоемов оценено как удовлетворительное. Полученные данные косвенно свидетельствуют об эколого-токсикологическом благополучии водоема.

**Ключевые слова:** ихтиофауна, малые реки, видовое разнообразие, биологическая характеристика.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10015

### ВВЕДЕНИЕ

Малые реки – самый распространенный тип пресных вод. В разных регионах Российской Федерации доля малых водотоков достигает 98.0–99.0% общей протяженности речной сети. Они формируются под влиянием специфичных условий регионов и обычно характеризуются определенными особенностями в каждом бассейне [Крылов, 2003 (Krylov, 2003); Krylov et al., 2007; Zhivoglyadov, 2014]. Малые водотоки имеют высокую экологическую значимость: выступая в качестве исходной составляющей водосбора региона, реки определяют гидрологическую, гидрохимическую и биологическую специфику более крупных водоемов, формируют и поддерживают в них биологическое разнообразие гидро-

бионтов [Есин и др., 2009 (Esin i dr., 2009)]. Некоторые малые реки являются резерватами реофильных ихтиоценозов и в них можно обнаружить редкие виды рыб, которые не встречаются в крупных водоемах [Клевакин и др., 2002 (Klevakin i dr., 2002)]. Из 2.5 миллионов малых рек и ручьев 127 тыс. длиной от 10 до 200 км интенсивно используются в народном хозяйстве, в целях рекреации, любительского рыболовства. Отмечено увеличение водозабора из рек, в том числе безвозвратного, а также сбросов в них сточных вод предприятиями и коммунальными хозяйствами [Ткачев, Булатов, 2002 (Tkachev, Bulatov, 2002); Вундцеттель, 2012 (Vundcettel', 2012)]. Антропогенное воздействие, отражаясь на всех звеньях водной

экосистемы, изменяет количественный и качественный состав гидробионтов, размещение их в пространстве, нарушает биологию их размножения и развития, разрушает трофические связи, что может привести к уменьшению биомассы ихтиофауны и сокращению численности рыбных запасов [Петлина и др., 2000 (Petlina i dr., 2000); Курамшина и др., 2015; (Kuramshina i dr., 2015)]. Поэтому в изменяющихся условиях среды обитания инвентаризация гидробионтов является наиболее существенным критерием происходящих экологических изменений в водотоках.

Реки Соть, Касть и Вопша относятся к малым рекам Ярославской области и являются притоками первого порядка Горьковского водохранилища. В низовьях этих водоемов расположен Государственный природный заказник “Ярославский”, единственный заказник федерального значения в бассейне Верхней Волги, где разрешено только любительское

рыболовство [Чуйков, 2016 (Chujkov, 2016)]. Основные черты исследований в заповедниках и заказниках — длительность, непрерывность и комплексность работ, проводимых на одних и тех же участках. Ранее изучению видового разнообразия в этих реках уделялось мало внимания. Часть работ по инвентаризационной оценке окуневых и карповых рыб приводились в заказнике в 2017 г. [Флёрова и др., 2019 (Flerova i dr., 2019)]. Сравнения показателей за 2017 и 2018 гг. позволят выявить закономерности межсезонной видовой и половозрастной динамики популяций окуневых и карповых рыб.

Цель работы: изучить видовой состав, возрастную, половую структуру и биологические показатели популяций рыб рек Соть, Вопша и Касть, находящиеся на территории Государственного природного заказника “Ярославский”.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отлов рыбы проводили в 2 периода постнерестовый (с 15 по 18 июня 2018 г.) и нагульный (с 28 по 30 сентября 2018 г.) на трех участках, расположенных на р. Соть, Вопша и Касть (рис. 1). В первый день обоих периодов отлова измеряли температуру воды, и концентрацию растворенного кислорода (табл. 1).

Размерно-видовой состав рыбного населения на исследуемых участках малых рек оценивали по уловам двух соединенных вместе фрагментарных сетей, общая длина которых составляла 60 м. Конструкция сети была описана нами ранее [Флёрова и др., 2019 (Flerova i dr., 2019)].

Биологический анализ, согласно Правдину [(Pravdin, 1966)], и патологоанатомическое вскрытие производили непосредственно после вылова рыбы. Определяли длину и массу рыбы, пол, стадию зрелости гонад, массу порки. Длину рыбы определяли с помощью мерной доски. Длину всей рыбы ( $L_1$ ) измеряли от вершины рыла до вертикали конца наиболее длинной лопасти хвостового плавника при горизонтальном положении рыб. Длину тела ( $L_2$ ) измеряли от передней части наиболее удаленной точки тела при закрытом рте, до

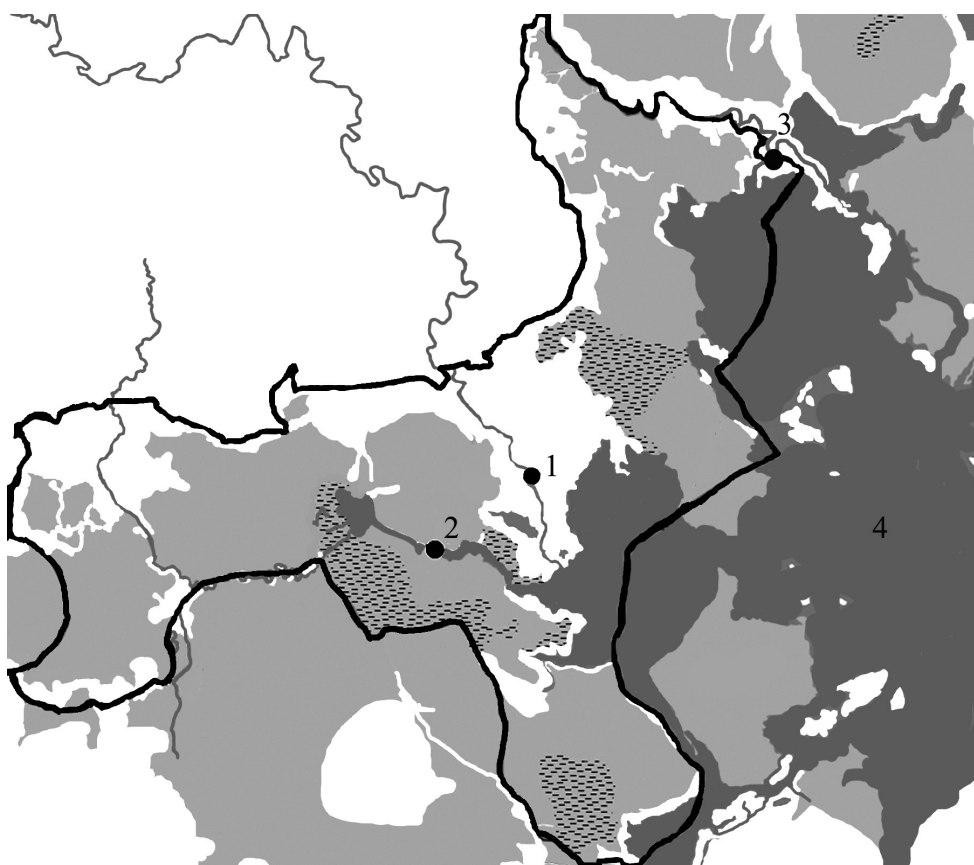
конца чешуйчатого или чешуйного покрова у основания средних лучей хвостового плавника.

Для определения возраста чешую рыб брали под спинным плавником в первом-третьем рядах над боковой линией. У окуневых в связи с высоким прохождением боковой линии чешую брали из первого-третьего рядов под боковой линией. Для пересчета годовых колец использовали бинокуляр [Стерлигова, 2016 (Sterligova, 2016)].

Для определения коэффициентов упитанности массы рыбу взвешивали на весах, для определения массы порки из рыбы удаляли внутренние органы и снова взвешивали.

Коэффициент упитанности по Кларк находили по формуле  $k = w \times 100 / l^3$ , в которой  $k$  — коэффициент упитанности;  $w$  — масса порки в граммах;  $l$  — длина тела рыбы в см. Коэффициент упитанности по Фультону определяли по формуле:  $m / l^3 \times 100$ , где  $m$  — масса тела рыбы;  $l$  — длина до конца чешуйного покрова.

Данные статистической обработки были получены с помощью программы Excel 2007, здесь и далее они и представлены в таблицах виде средних значений и их ошибок ( $M \pm m$ ).



**Рис. 1.** Точки отбора материала: 1 – р. Касть, 2 – р. Вопша, 3 – р. Соть. Цифрой 4 обозначены Костромские разливы Горьковского водохранилища.

**Fig. 1.** Material selection points: 1 – river Cast, 2 – river Vopsha, 3 – river Sot. The number 4 indicates the Kostroma spills of the Gorky reservoir.

**Таблица 1.** Температура воды и концентрация растворенного кислорода р. Соть, Вопша и Касть

**Table 1.** Water temperature and dissolved oxygen concentration rivers Sot, Vopsha and Cast

Дата / Date	Приток / Inflow	Температура / Temperature, °C	Концентрация раствора кислорода, мг/л / Oxygen solution concentration, mg/l
15.06.2018	р. Соть	16.3	11.17
15.06.2018	р. Вопша	18.2	10.61
15.06.2018	р. Касть	16.7	10.96
28.09.2018	р. Соть	10.9	10.58
28.09.2018	р. Вопша	10.5	8.78
28.09.2018	р. Касть	10.4	9.46

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате отбора материала, всего за 2 периода исследований было выловлено 300 экземпляров рыб, принадлежащих, согласно Решетникову [(Reshetnikov, 2002)], к двум отрядам (Карпообразные – Cypriniformes, Окунеобразные – Perciformes).

**Характеристика рыб в постнерестовый период.** В первый период на реках Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна традиционно заканчивается нерест карповых и окуневых рыб. Нерест рыбы наступает при сочетании одновременно нескольких факторов

– температурного, кислородного, гидрологического, а также пищевого [Рабазанов, 2010 (Rabazanov, 2010); Шкодин, 2005; (Shkodin, 2005)]. Если сочетание факторов не наступает, то нерест не начинается, а икра у производителей резорбируется [Рыжков и др., 1998 (Ryzhkov i dr., 1998); Шайдуллина, 2009; (Shajdullina, 2009)]. Поэтому данный период очень важно рассматривать с точки зрения благополучия водоемов для воспроизводства популяций и пополнения рыбных запасов.

В постнерестовый период отбора проб по числу видов во всех исследуемых реках преобладали представители отряда карпообразные – 8 видов и лишь 3 вида относились к отряду окунеобразные (табл. 2).

Наибольшее количество видов карпообразных обнаружено в р. Вопша, наименьшее – в р. Соть. Среди окунеобразных – в р. Соть и Вопша обнаружено по 2 вида окуневых, при этом в р. Соть зарегистрировано наличие судака, а в р. Вопша пойман близко-

родственный вид – берш. В р. Касть обнаружен лишь речной окунь, наличие данного вида было также зарегистрировано в р. Соть и Вопша.

Данная тенденция сохранялась и для общего количества видов. Самая бедная по рыбному населению оказалась р. Соть, в ней обнаружено лишь 3 вида рыб. Самая богатая по разнообразию рыбного населения – р. Вопша (табл. 2). В р. Соть зарегистрировано наличие чехони – вида, включенного в Красную книгу МСОП [Решетников, 1998 (Reshetnikov, 1998)].

**Таблица 2.** Рыбное население р. Соть, Вопша и Касть в постнерестовый и нагульный периоды

**Table 2.** Fish population rivers Sot, Vopsha and Cast in the postspawning and feeding periods

Семейство, вид / Family, species	р. Соть r. Sot		р. Вопша r. Vopsha		р. Касть r. Cast	
	пост- нерестовый / postspawning	Нагульный / feeding period	пост- нерестовый / postspawning	Нагульный / feeding period	пост- нерестовый/ postspawning	Нагульный / feeding period
<b>Отряд Карпообразные – Cypriniformes</b>						
<b>Сем. Карповые – Cyprinidae</b>						
<i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758) – лещ	–	+	+	–	+	–
<i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758) – густера	+	+	+	+	+	–
<i>Leuciscus idus</i> (Linnaeus, 1758) – язь	–	–	+	–	+	–
<i>Pelecus cultratus</i> (Linnaeus, 1758) – чехонь	+	–	–	–	–	–
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758) – плотва	+	+	+	–	+	–
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758) – красноперка	–	–	+	+	+	+
<i>Aspius aspius</i> – (Linnaeus, 1758) – обыкновенный жерех	–	–	+	–	–	–
<i>Tinca tinca</i> – (Linnaeus, 1758) – линь	–	–	+	–	–	–
<b>Отряд Окунеобразные – Perciformes</b>						
<b>Сем. Окуневые – Percidae</b>						
<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758 – речной окунь	+	+	+	+	+	+
<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758) – обыкновенный судак	–	+	+	–	–	–
<i>Sander volgense</i> (Gmelin, 1788) – волжский судак, берш	+	+	–	–	–	–
<b>Всего / Total:</b>	5	6	9	3	6	2

Следует отметить, что ихтиофауну исследуемых рек отличает высокая продуктивность малоценных промысловых видов, представляющих интерес как объекты любительского рыболовства. К данным видам относятся густера, красноперка, язь, линь, окунь, вместе с тем, по разнообразию она уступает ихтиофауне других рек Волжско-Каспийского бассейна. По количеству ценных промысловых видов рыб лидирует р. Вопша, в ней обнаружены плотва, лещ и судак. Чехонь – один из объектов промысла, который обнаружена только в р. Соть.

Если рассматривать рыб по трофическому статусу, то в исследованных реках преобладают хищники, также многочисленны бентофа-

ги, среди планктофагов обнаружены плотва и красноперка.

Среди обнаруженных видов в р. Соть наиболее многочисленным видом, как и во всех исследуемых реках, оказалась густера. Доля его от общего количества пойманных видов составила 73%. На втором месте по численности оказалась плотва, доля которой от общего количества составила 17%. Доля берша, окуня и чехони составила 3%. Таких массовых видов Волжско-Каспийского бассейна, как лещ и красноперка в исследуемой реке не обнаружено.

Среди обнаруженных видов в р. Вопша, как и в р. Соть наиболее многочисленным оказалась густера. Доля этого вида от общего количества пойманных видов составила 45%.



На втором месте по численности оказались окунь и красноперка, доля этих видов от общего количества составила 22% и 19% соответственно. Соотношение плотвы составило – 8%. Следует отметить, что такие виды, как обыкновенный судак, линь и жерех, обнаруженные только в р. Вопша, относятся в этой реке к редким видам. Доля их в уловах составила по 2% для судака и по 1% для линя и жереха. Массовый вид для Волжско-Каспийского бассейна – лещ, в исследуемой реке также оказался редким видом, его доля в уловах составила лишь 2%.

В р. Касть обнаружено 6 видов рыб, из них наиболее массовым видом, как и в вышеописанных реках оказалась густера, доля данного вида в уловах составила 71%, на втором месте по численности оказался язь, доля его в уловах составила 15%, соотношение красноперки составило 6.5%, на долю плотвы и окуня пришлось по 3%, к редкому виду отнесен линь, доля которого 1.5%.

Следует отметить, что наибольшая общая численность особей в постнерестовый период убывает в ряду р. Вопша – р. Касть – р. Соть. Если общий улов в р. Вопша взять за 100%, то в р. Касть общая численность особей составила 69.8%, в р. Соть данный показатель составил 32% от численности р. Вопша.

В постнерестовый период в уловах р. Соть наиболее многочисленный вид – густера, присутствовал в возрасте от 3 до 7 лет, также наблюдалось неравномерное распределение особей по возрастам. Наименьшее количество особей густеры выявлено в возрасте 7+, наибольшее 4+, при этом количество густеры уменьшалось в ряду 4+>3+=5+=6+>7+, что характеризует стабиль-

ность популяции в данном водоеме. Плотва встречалась в возрасте от 5 до 8 лет, наибольшее количество особей в уловах было в возрасте 6+, особей в возрасте 7+ обнаружено не было, особи в возрасте 5+ и 7+ были единичны. Единичные экземпляры чехони обнаружены в возрасте 4+ (табл. 3).

При определении возраста окуневых выявлено, что все особи находились в возрасте 3+, берш – в возрасте 6+. Как уже было отмечено выше, окунь и берш в р. Соть относятся к редким видам, их доля в уловах составила лишь 3%, при этом встречались только одновозрастные особи. Как и в уловах 2017 г., берш обнаружен только в р. Соть [Флёрова и др., 2019 (Flerova et al., 2019)]. Приведенные данные не противоречат данным других авторов, обычно в малых реках численность берша ничтожно мала, наиболее часто встречаются особи от 3 до 5 лет [Самойлов, 2017 (Samojlov, 2017)]. Окунь – единственный вид среди окуневых, обнаруженный во всех исследуемых реках, так же, как и берш, является редким видом в уловах р. Соть. Скорее всего, это связано с образом жизни окуней: известно, что окунь в малых реках предпочитает мелководные, заросшие травой участки благодаря благоприятному гидрологическому и кислородному режиму и хорошей кормовой базе данных участков малых рек. Поэтому в уловах, полученных с помощью фрагментарных сетей, установленных вдоль реки, окунь встречается реже.

В постнерестовый период в р. Касть, так же как и в р. Соть наиболее многочисленным видом была густера, которая в уловах присутствовала в возрасте от 3 до 12 лет.

**Таблица 3.** Биологическая характеристика карповых и окуневых р. Соть в постнерестовый период

**Table 3.** Biological assessment of carp and perch river Sot in the postspawning period

Вид / Species	Возраст / Age	Длина (L <sub>1</sub> ), см / Length (L <sub>1</sub> ), cm	Длина (L <sub>2</sub> ), см / Length (L <sub>2</sub> ), cm	Масса рыбы, г / Weight of fish, g	Упитанность по Фультону / Fulton condition factor	Упитанность по Кларку / Clark condition factor
Густера	3+	16.5±0.7	12.9±0.5	39±4	1.82±0.15	1.54±0.06
Густера	4+	17.7±0.9	13.9±0.7	52±7	1.90±0.09	1.62±0.07
Густера	5+	22.8±0.7	18.4±0.5	105±9	1.70±0.29	1.50±0.13
Густера	6+	22.5±1.0	17.7±0.7	106±15	1.86±0.12	1.67±0.12
Густера	7+	23.9±1.7	19.4±1.9	132±22	1.82±0.24	1.58±0.11
Плотва	5+	29.7	25.0	53	0.93	0.84
Плотва	6+	19.6	15.0	91±36	1.57	1.48
Плотва	8+	21.0±2.1	17.4±1.8	145	1.60±0.12	1.48±0.11
Чехонь	4+	29.7	25.0	145	0.93	0.84
Окунь	3+	18.5	16.0	56	1.37	1.27
Берш	6+	35.5	31.0	331	1.11	1.05

Так же как и р. Соть в уловах наблюдалось неравномерное распределение особей по возрастам, 50% особей густеры выявлено в возрасте 4+, 25% – это особи возраста 3+, 5+ и 6+, обнаружены единичные экземпляры возраста 11+ и 12+. Известно, что данный вид рыбы половозрелым становится в возрасте 3+, поэтому закономерно появление в уловах половозрелых особей, в основном, возраста 4+, находящихся рядом с местами нереста.

Плотва встречалась лишь в возрасте 5+, количество ее уловов было единичным. Плотва – это типичный вид как для больших, так и маленьких, как глубоких, так и мелких, как со стоячих, так и с проточной водой водотоков, при этом после нереста и в начале лета плотва предпочитает ямы со слабым течением и места рядом со сваями мостов и другими сооружениями, скорее всего именно этот факт является лимитирующим для количества особей плотвы в уловах. Чехони в данном водоеме обнаружено не было.

В уловах р. Касть обнаружено большое количество особей язя возраста от 5 до 12 лет, распределение по возрастам было равномерным. Показано, что живут язи до 15–20 лет, в пору половой зрелости в зависимости от кормовой базы водоема язи вступают в возрасте от трех до 5 лет, скорее всего именно кормовая база р. Касть является лимитирующим фактором выявления половозрелых особей язя репродуктивного возраста от 5 до 12 лет.

Численность красноперки в уловах р. Касть уступала таковой густере и язю. В уловах встречались особи от 4 до 9 лет, в уловах отсутствовали особи возраста 6 и 7 лет. Следует отметить, что выявленные возрастные группы в уловах обнаружили в одинаковом количестве. Скорее всего, это также связано с кормовой базой р. Касть. Лещ, линь и окунь обнаружены в единичных количествах. Скорее всего, это связано с образом жизни окуня, поэтому в уловах, полученных с помощью фрагментарных сетей, установленных вдоль реки, окунь встречается реже (табл. 4).

**Таблица 4.** Биологическая характеристика карповых и окуневых р. Касть в постнерестовый период

**Table 4.** Biological assessment of carp and perch river Cast in the postspawning period

Вид / Species	Возраст / Age	Длина (L <sub>1</sub> ), см / Length (L <sub>1</sub> ), cm	Длина (L <sub>2</sub> ), см / Length (L <sub>2</sub> ), cm	Масса рыбы, г / Weight of fish, g	Упитанность по Фультоу / Fulton condition factor	Упитанность по Кларк / Clark condition factor
Густера	3+	16.5±0.4	12.9±0.4	41±3	1.90±0.06	1.77±0.06
Густера	4+	17.5±1.1	14.6±0.3	63±5	1.96±0.04	1.74±0.02
Густера	5+	16.3±0.4	20.5±0.5	85±6	1.92±0.03	1.64±0.03
Густера	6+	18.7±0.6	23.6±0.7	135±12	2.03±0.03	1.79±0.05
Густера	7+	28.8±0.5	22.8±0.5	228±7	1.93±0.07	1.70±0.09
Густера	12+	30.8	24.0	249	1.80	1.52
Плотва	5+	20.9±2.0	16.6	89±31	1.80	1.65
Язь	5+	37.0	17.2	526	2.20	2.01
Язь	6+	36.5	23.5	624	1.79±0.13	1.34±0.60
Язь	7+	35.2±4.2	25.9	464±191	1.81	1.69
Язь	8+	38.4	30.8	644	1.80±0.02	1.67±0.03
Язь	9+	31.4±0.7	30.5	319±11	1.70	1.54
Язь	11+	32.8	29.3±3.4	354	1.79	1.64
Язь	12+	33.3	32.9	392	1.82	1.53
Линь	11+	36.6	26.1±0.4	699	1.88	1.58
Лещ	9+	29.5	27.5	222	1.93	1.65
Красноперка	4+	14.0	28.0	50	2.08	1.71
Красноперка	5+	21.0	22.9	327	1.85	1.76
Красноперка	8+	28.2	31.2	98	2.30	2.13
Красноперка	9+	29.6	17.0±2.0	270	1.77±0.01	1.64±0.00
Окунь	4+	28.3±1.5	24.8±0.6	251±41	1.65±0.14	1.54±0.13

В постнерестовый период в уловах р. Воппа, так же как и в р. Соть и Касть наиболее многочисленным видом была густера, присутствующая в уловах в возрасте от 3 до 7 лет. Так же как и р. Соть и Касть в уловах наблюдалось неравномерное распределение особей по

возрастам, 50% особей густеры выявлено в возрасте 4+, 25% – это особи возраста 3+, 5+ и 6+, обнаружены единичные экземпляры возраста 8+, таким образом, так же как в вышеописанных реках данная популяция стабильна. Вторым по численности видом

данной реки является окунь, в уловах он представлен особями от 3 до 8 лет. Возрастное распределение было равномерным. Скорее всего, это связано с тем, что вылов в р. Вопша производили в устьевой части, где предположительно расположены нерестилища и находится большое количество молоди карповых рыб – потенциальных объектов питания окуней. Плотва встречалась в возрасте 4+ и 6+, так же как и в р. Касть количество ее уловов было единичным, причина, скорее всего, аналогичная описанной выше для р. Касть. Чехонь и язь в данном водоеме не зарегистрированы. Лещ, линь, жерех, судак обнаружены в единичных экземплярах (табл. 5).

**Таблица 5.** Биологическая характеристика карповых и окуневых р. Вопша в постнерестовый период

**Table 5.** Biological assessment of carp and perch river Vopcha in the postspawning period

Вид / Species	Возраст / Age	Длина (L <sub>1</sub> ), см / Length (L <sub>1</sub> ), cm	Длина (L <sub>2</sub> ), см / Length (L <sub>2</sub> ), cm	Масса рыбы, г / Weight of fish, g	Упитанность по Фультону / Fulton condition factor	Упитанность по Кларк / Clark condition factor
Густера	3+	17.8±1.6	13.55±2.05	51±11	2.09±0.48	1.94±0.44
Густера	4+	19.7±0.5	15.6±0.4	74±6	1.90±0.04	1.64±0.03
Густера	5+	20.9±0.9	17.5±1.5	97±13	1.84±0.15	1.57±0.12
Густера	6+	22.5±1.2	18.0±0.9	119±20	1.90±0.05	1.66±0.03
Густера	7+	20.9	18.9±0.8	134±17	1.89±0.06	1.60±0.05
Густера	8+	20.9±1.1	23.0	249	2.05	1.76
Линь	5+	16.6±0.2	17.9	567	2.34	2.15
Лещ	6+	22.5±4.2	13.5±0.4	289±39	1.73	1.59
Жерех	4+	16.2	17.1±1.2	81	2.08±0.12	1.75±0.09
Красноперка	5+	26.2±1.8	18.4±3.7	38	2.11±0.08	1.77±0.09
Красноперка	6+	26.3±1.5	13.0	223±51	2.03±0.08	1.80±0.05
Красноперка	7+	23.8±1.2	21.7±1.5	236±47	2.21	1.84
Красноперка	8+	31.0	22.0±1.37	158±23	1.77±0.08	1.61±0.12
Красноперка	9+	33.0±1.4	19.7±0.9	387	1.70±0.14	1.52±0.08
Плотва	4+	24.0±1.1	26.0	43±2	1.91±0.11	1.69±0.14
Плотва	6+	28.4	25.9±0.9	128±79	1.67±0.05	1.55±0.04
Окунь	3+	34.0	28.9	51±14	1.41	1.27
Окунь	4+	17.8±1.6	25.0	63±6	1.45±0.06	1.41±0.07
Окунь	5+	19.7±0.5	35.5	101±23	1.51±0.06	1.40±0.08
Окунь	6+	20.9±0.9	15.2±1.6	165±30	1.43±0.10	1.31±0.09
Окунь	7+	22.5±1.2	16.0±0.3	238±95	1.50±0.05	1.40±0.04
Окунь	8+	20.9	18.6±1.9	496	1.64±0.14	1.48±0.08
Судак	3+	20.9±1.1	21.8±1.1	154	1.38	1.11
Судак	7+	16.6±0.2	24.2±2.6	63	0.99	0.94

В р. Соть – единственной реке из исследованных водоемов обнаружено 4% особей густеры с резорбцией икры. Показано, что резорбция икры происходит при неблагоприятных условиях для нереста (нарушение гидрологического, гидрохимического, термического режимов, дефицит нерестовых площадей, антропогенное загрязнение, а также интенсивный вылов гидробионтов) [Рабазанов, 2010 (Rabazanov, 2010); Микряков, Силкина, 2017 (Mikryakov, Silkina, 2017)]. Известно, что на р. Соть расположен рыболовный пункт, возможно именно с этим фактом связано

Результаты исследования показали, что в уловах р. Соть в постнерестовый период ювенильных особей обнаружено не было.

Среди особей густеры выявлено 61% половозрелых самцов и 39% половозрелых самок, среди самок большинство особей находилась на 5 стадии зрелости гонад, большинство самцов – на 4 стадии. Таким образом, в данный период отлова большинство особей еще не отнерестились. Следует отметить, что в р. Соть во время отлова была самая низкая температура, по сравнению с р. Вопша и Касть, что возможно привело к удлинению срока нереста густеры.

наличие небольшого числа особей густеры с резорбцией икры.

Выборка чехони состояла из половозрелых самок, гонады которых находились на 2 стадии зрелости.

Среди особей плотвы обнаружено 80% самок, находящихся на 1–2 стадии зрелости гонад. Все самцы плотвы находились на 1 стадии зрелости гонад.

Выборка окуня состояла из половозрелых самок, находящихся на 2 стадии зрелости гонад.

Выборка берша состояла из половозрелых самцов, находящихся на 3–4 стадии развития гонад. Результаты исследования показали, что в уловах р. Касть, так же как и в р. Соть в постнерестовый период, ювенильные особи не обнаружены.

В уловах р. Касть в равном соотношении присутствовали половозрелые самцы и самки язей, все особи находились на 2 стадии развития гонад. Среди особей красноперки обнаружено 75% самок на 5 стадии зрелости гонад и 25% самок на 6 стадии зрелости гонад. Самцов в уловах обнаружено не было. Возможно, погодные условия, в частности температура 16.7°C в р. Касть сдвинула сроки нереста красноперки.

Среди особей плотвы обнаружены лишь самки на 2 стадии зрелости гонад. Среди окуней обнаружены самцы, находящихся на 2 стадии развития гонад. Среди особей густеры обнаружено равномерное соотношение самок и самцов, при этом, как самки, так и самцы находились на 4–5 стадии зрелости гонад. Среди линей обнаружены самцы, находящиеся на 4 стадии зрелости гонад.

Результаты исследования показали, что в уловах р. Вопша, в отличие от р. Соть и Касть в постнерестовый период присутствовали ювенильные особи судака, окуня, жереха и плотвы. Все особи жереха были ювенильные. Среди особей судака обнаружены самцы, находящиеся на 3 стадии зрелости гонад, а также ювенильные особи. Распределение особей окуня по половому признаку было следующее: ювенильные особи, самок – 65%, самцы – 10%, все половозрелые особи находились на 2 стадии зрелости гонад. Среди особей плотвы обнаружено 50% самок, 50% самцов и ювенильные особи, самки находились на 2–3 стадии зрелости гонад, самки – на 6 стадии зрелости. В ихтиологическом материале р. Вопша присутствовали только самки леща, находящиеся на 2 стадии зрелости гонад.

Среди особей линя обнаружены лишь самцы, находящиеся на 4 стадии зрелости гонад. Среди особей густеры 59.5% самок находились на 5–6 стадии зрелости гонад, 31% самцов густеры находились на 4 стадии развития гонад и лишь 10% особей были на 5–6 стадии зрелости гонад. Среди половозрелых особей красноперки выявлено 83% самок на 5–6 стадии зрелости гонад и 6% самок на 6 стадии зрелости гонад, 11% самцов на 4–5 стадии зрелости гонад.

Следует отметить, что такое распределение большинства видов по полу, возрасту, и стадии зрелости гонад соответствует нормаль-

ному физиологическому состоянию популяций относительно сезонных изменений, связанных с нерестом и воспроизводством изучаемых видов. Наличие видов, где встречаются только самцы или только самки одного возраста, скорее всего, связано не с деградиционными изменениями популяций, а с малыми выборками особей в уловах.

Средние размеры густеры в р. Соть варьировали в зависимости от возраста от 16 до 24 см, скачкообразное увеличение длины тела зарегистрировано после 5-летнего возраста. Авторами ранее было показано, что в период с 5 до 11 лет у карповых рыб наблюдается смена периодов интенсивности накопления белка в мышечной ткани. Известно, что максимальное значение белка в мышцах карповых достигается в возрасте 5+ [Payuta, Flerova, 2019]. Скорее всего, резкое увеличение морфометрических показателей густеры связано с более интенсивным накоплением белка мышечной тканью (табл. 9). При анализе размерно-возрастной структуры плотвы выявлено, что средние размеры ее в р. Соть в зависимости от возраста варьировали от 21 до 30 см, при этом с возраста 5+ по 8+ они увеличивались равномерно (табл. 3).

Исследования 2018 г. показали, что чехонь в возрасте 4+, была крупнее своих сородичей, выловленных в 2017 году, в котором вылов производили на 2 месяца позднее, чем первый вылов 2018 г. [Флёрова и др., 2019 (Flerova et al., 2019)]. Скорее всего, это связано с температурным режимом и лучшими кормовыми условиями в реке в 2018 г., по сравнению с 2017 г. Средние размеры густеры в р. Касть варьировали, в зависимости от возраста, от 16.5 до 31 см, скачкообразное увеличение длины тела рыбы произошло после 6-летнего возраста. Следует отметить, что интенсивность роста густеры р. Касть была больше, по сравнению с особями р. Соть. Известно, что накопление конечных продуктов обмена веществ и как следствие интенсивность роста гидробионов, а также их упитанность напрямую зависят от питания и условий обитания вида [Steven, Helfrich 2002; Payuta et al., 2019]. Скорее всего, такое явление может быть связано как с разницей в кормовой базе, так и с разницей в гидрохимическом составе водоемов. К сожалению, такие данные по изучаемым рекам отсутствуют, поэтому на данном этапе исследований такие выводы носят предварительный характер.

В р. Касть обнаружено несколько особей густеры возраста 12+, с одной стороны состав улова из старшевозрастных особей обычно

характеризует деградацию популяции, но с другой стороны в уловах р. Касть большинство особей густеры были младших возрастных групп, что характеризует стабильность данной популяции.

При анализе размерно-возрастной структуры красноперки выявлено, что средние размеры ее в р. Касть, в зависимости от возраста, варьировали от 16 до 30 см. В возрастном промежутке от 4 до 5 лет, так же как и в случае в густерой, наблюдали резкое увеличение длины тела с возраста 5+ по 8+ данные показатели увеличивались равномерно (табл. 4).

Средние размеры язя в р. Касть варьировали от 26 до 33 см. В улове присутствовали особи от 5- до 12-летнего возраста. Выявлена размерно-возрастная неоднородность в структуре стада язя (табл. 4). Такое явление возможно связано с присутствием в реке как тугорослых, так и быстрорастущих форм язя.

Как уже было отмечено выше линь, плотва, окунь в р. Касть относятся к редким видам, при этом встречались только одновозрастные особи. Следует отметить, что по скорости роста плотва и окунь р. Касть превосходили своих сородичей р. Касть, пойманных в 2017 г. [Флёрва и др., 2019 (Flerova et al., 2019)]. При этом отмечается малый диапазон возрастного ряда в изучаемом водоеме (табл. 4). Особи густеры р. Вопша возраста 3+–7+ были несколько крупнее своих сородичей, выловленных в р. Соть и Касть (табл. 5). При этом темпы роста рассматриваемого вида изменялись аналогичным образом с густерой р. Соть и Касть, скачкообразное увеличение длины тела рыбы произошло после 5-летнего возраста. Разница в интенсивности роста густеры р. Вопша по сравнению с особями р. Соть и Касть скорее всего связана с разницей в кормовой базе и гидрохимическим составе водоемов.

При анализе размерно-возрастной структуры красноперки выявлено, что средние размеры ее в р. Вопша в зависимости от возраста варьировали от 14 до 30 см, в возрастном промежутке от 4 до 5 лет наблюдали резкое увеличение длины тела с возраста 5+ по 7+ данные показатели увеличивались равномерно, в возрасте 8+ произошло резкое падение морфометрических показателей, затем, в возрасте 9+ произошло скачкообразное увеличение исследуемых показателей (табл. 5). В отличие от красноперки р. Касть, данный вид в р. Вопша в возрасте 5+ уступал в размерах, а к возрасту 9+ превосходил таковые. Возможно, размерно-возрастная неоднородность в

структуре популяции красноперки изучаемых рек, так же как и случае с язем, связано с присутствием в реке как тугорослых, так и быстрорастущих форм.

Как уже было отмечено выше жерех, лещ, линь в р. Вопша относятся к редким видам, при этом встречались только одновозрастные особи. Отмечается малый диапазон возрастного ряда судака в изучаемом водоеме (табл. 5). Плотва в р. Вопша представлена особями от 4- до 6-летнего возраста, размеры ее варьировали от 17 до 22 см, при этом интенсивность роста плотвы р. Вопша, превосходила данный показатель р. Соть, аналогично с карповыми рыбами, рассмотренными выше, скачек в увеличении всех морфометрических показателей произошел в 5-летнем возрасте. Более того, при достижении плотвы возраста 6+ также наблюдался резкий скачок в сторону увеличения морфометрических показателей. Следует отметить, что все возрастные группы плотвы были половозрелыми. Полученные данные могут косвенно свидетельствовать о том, что в уловах р. Вопша преобладала моллюскоядная быстрорастущая форма плотвы (Stolbunov, Gerasimov, 2008).

Среди окуневых, обитающих в р. Вопша судак является редким видом, в постнерестовом периоде обнаружены особи 3+ и 7+ (табл. 5). По морфометрическим показателям данный вид был аналогичен судакам Горьковского водохранилища [Паюта, 2017 (Payuta, 2017)]. Так как данный вид является типичным водохранилищным обитателем, то небольшое его количество в уловах является обычным явлением.

Окунь – вид, обнаруженный во всех исследуемых реках. Его средние размеры в р. Вопша варьировали от 17 до 19 см. В уловах встречались особи от 3- до 8-летнего возраста (табл. 5). При этом в ихтиологическом материале р. Вопша 2017 г. выявлены особи от 3- до 5-летнего возраста, их средние размеры варьировали от 16 до 22 см, такой разброс был связан с поимкой нескольких крупных особей 4-х летнего возраста [Флёрва и др., 2019 (Flerova et al., 2019)]. Высокие значения колебаний средних размеров связаны с присутствием в уловах разновозрастных рыб. При этом в уловах наблюдалось неравномерное распределение особей по возрастам, наименьшее количество окуня было обнаружено в возрасте 7 и 8+.

Упитанность рыб – это важный показатель в биологических исследованиях, так как при расчете коэффициентов, характеризующих этот показатель можно судить о степени истощения рыбы.

Результаты исследования показали, что коэффициент упитанности по Кларк у карповых, пойманных в р. Соть, варьировал в пределах 0.8–1.8 (табл. 3) при среднем значении у густеры – 1.58, у чехони – 0.84, плотвы – 1.27. Упитанность карповых по Фультону – 0.93–1.86 (табл. 3), при среднем значении у густеры – 1.82, чехони – 0.93, плотвы – 1.37. Если рассматривать внутривидовую изменчивость 2017–2018 гг. коэффициентов упитанности, то исследованные виды были несколько упитаннее своих сородичей 2017 г., но данные изменения были незначительны [Флёрова и др., 2019 (Flerova et al., 2019)]. Коэффициент упитанности по Кларк у окуневых, пойманных в р. Соть, варьировал незначительно и колебался в пределах от 1.05 до 1.27. Упитанность окуневых по Фультону составила 1.37 (окунь) и 1.11 (берш) (табл. 3). При внутривидовом сравнении окуневых р. Соть, пойманных в 2017–2018 гг. выявлено, что по коэффициенту упитанности по Кларк для окуневых, уловов 2018 г. превосходил таковой для рассматриваемых видов, выловленных в 2017 г. Коэффициент упитанности по Фультону для окуня был больше, а для судака уступал в 2018 г. [Флёрова и др., 2019 (Flerova et al., 2019)].

Коэффициент упитанности карповых по Кларк р. Касть колебался в диапазоне 1.5–2.0 (табл. 4). Среднее значение для густеры составило 1.69, для язя – 1.67, для красноперки – 1.62, для леща – 1.76, для линя – 2.13, для плотвы – 1.64. Коэффициенты упитанности по Кларк леща, язя и плотвы в 2018 г. были выше по сравнению с 2017 г. для данных видов рыб [Флёрова и др., 2019 (Flerova et al., 2019)].

Коэффициент упитанности карповых по Фультону варьировал от 1.7 до 2.3 (табл. 4), при среднем значении у густеры – 1.92, красноперки – 1.93, у леща – 1.85, у плотвы – 1.77, у язя – 1.84, у линя – 2.3. При рассмотрении внутривидовой изменчивости 2017–2018 гг. коэффициенты упитанности по Фультону леща, язя и плотвы в 2018 г. были выше своих сородичей 2017 г. [Флёрова и др., 2019 (Flerova et al., 2019)].

Среднее значение коэффициентов упитанности по Кларк и Фультону для окуней р. Касть, выловленных в 2018 г., было выше, по сравнению с таковым (1.35) для улова окуней 2017 г. (табл. 4). Прежде всего, это связано с наличием в уловах 2017 г. разных возрастных групп окуневых, тогда как в уловах 2018 г. встречались лишь окуни возраста 4+ [Флёрова и др., 2019 (Flerova et al., 2019)].

Коэффициент упитанности карповых по Кларк р. Вопша колебался в диапазоне 1.3–1.94

(табл. 5). Среднее значение для густеры составило 1.4, для линя – 2.15, для красноперки – 1.75, для плотвы – 1.61, для леща – 1.55, для жереха – 1.27. Коэффициент упитанности карповых по Фультону варьировал от 1.41 до 2.34, при среднем значении у густеры 1.94, у линя – 2.30, у красноперки – 2.03, у плотвы – 1.77, у леща – 1.67, жереха – 1.41.

Коэффициент упитанности по Кларк для окуней р. Вопша колебался в диапазоне 1.27–1.48 (табл. 5). Для судака р. Вопша коэффициент упитанности по Кларк варьировал от 0.94 до 1.11.

Коэффициент упитанности по Фультону для окуней р. Вопша варьировал от 1.41 до 1.64 (табл. 5), судака – от 0.99 до 1.38. Если рассматривать внутривидовую изменчивость 2017–2018 гг., то в целом коэффициенты упитанности плотвы и окуня в 2018 г. были выше данных показателей для своих сородичей 2017 г. [Флёрова и др., 2019 (Flerova et al., 2019)].

В целом для многих карповых коэффициенты упитанности могут варьировать в пределах 0.92–2.73 по Кларк [Кожабаева, 2008 (Kozhabaeva, 2008); Шайдуллина, 2009; (Shajdullina, 2009)] и 0.85–2.27 – по Фультону [Кожабаева, 2008 (Kozhabaeva, 2008); Маренков, 2013 (Marenkov, 2013)].

Для окуневых коэффициент упитанности по Кларк может варьировать в пределах от 0.73 до 1.99, по Фультону 1.28–2.80 [Кожабаева, 2008 (Kozhabaeva, 2008); Коваленко, 2015 (Kovalenko, 2015)], что связано с сезонными и онтогенетическими изменениями, происходящими в организме рыб. Отметим, что у всех исследованных видов коэффициенты упитанности находились в пределах нормальных значений, что характеризует их нормальное функциональное состояние. Исключение составил судак р. Вопша, коэффициент упитанности по Фультону которого оказался ниже ранее установленных минимальных значений. Следует отметить, что в 2017 г. у окуня и судака р. Соть были выявлены низкие значения коэффициента упитанности по Фультону [Флёрова и др., 2019 (Flerova et al., 2019)]. Согласно данным литературы низкий коэффициент упитанности в первую очередь свидетельствует о том, что рыба не растет, либо в результате нехватки самих кормовых объектов, либо в результате изменений условий окружающей среды, вызывающих уменьшение питания или полный отказ от корма [Boujard et al., 2000]. Для более точных выводов необходимы данные по кормовой базе изучаемых рек.

**Характеристика рыб в нагульный период.** Нагульный период характеризуется увеличением скорости роста рыб, накоплением питательных веществ в организме, развитием гонад [Шульман, 1972 (Shul'man, 1972); Шайдуллина, 2009 (Shajdullina, 2009)]. Таким образом, у рыб, находящихся в относительно благоприятных условиях и имеющих нормальное физиологическое состояние, должны повышаться индексы упитанности, расти морфометрические показатели и увеличиваться стадия зрелости гонад [Маляревская, 1979 (Malyarevskaya, 1979)].

Среди обнаруженных видов в р. Соть наиболее многочисленным видом во всех исследуемых реках, оказалась плотва (табл. 2). Доля этого вида от общего количества пойманных видов составила 41%. На втором месте по численности оказалась густера, доля этого вида от общего количества составила 29%. В отличие от постнерестового периода, доля густеры в уловах нагульного периода несколько уменьшилась, тогда, как доля плотвы была сопоставима. Зарегистрирован лещ, доля его в уловах составила 4%, так как лещ является массовым видом Волжско-Каспийского бассейна, крупные особи являются типичными водохранилищными обитателями. Лещ, в основном, поднимается в малые реки на нерест. Таким образом, в малых реках встречаются молодые особи средней массой 400 г, что согласуется с нашими данными (табл. 2). Несмотря на то, что одна особь леща была возраста 9+, масса ее (426 г) соответствовала средним значениям для данного вида, обнаруживаемого в малых реках [Шайдуллина, 2009 (Shajdullina, 2009)].

В нагульный период в реке появились половозрелые особи судака, что, скорее всего, связано с наличием потенциальной кормовой базы в виде подросшей за летний сезон молоди карповых рыб. Доля берша, окуня, как и в весенне-летний период составила 3%.

Красноперки, язя, жереха, линя и чехони, регистрируемой в летний период, в осенний период обнаружено не было.

Среди обнаруженных видов в р. Вопша, в отличие от летнего периода, самым многочисленным видом оказалась красноперка, ее доля в уловах составила 54%, таким образом, ее относительное количество, по сравнению с летним периодом, увеличилось на 35%. Доля густеры сократилась на 43% и составила 2% от общей доли видов в осенних уловах. Доля окуня несколько увеличилась, по сравнению с постнерестовым периодом и составила 33%. Следует отметить, что таких видов как лещ, язь,

плотва, жерех, линь и судак, регистрируемых в летний период, в осенний период обнаружено не было.

В р. Касть в отличие от летнего вылова обнаружено лишь два вида – это красноперка и окунь. Доля их в уловах составила 45% и 55% соответственно, тогда как доля красноперки в постнерестовый период составила 6.5%, а на долю окуня приходилось по 3%.

Следует отметить, что наибольшая общая численность особей в нагульный период убывала в ряду р. Соть. – р. Вопша – р. Касть. Если общий улов в р. Соть взять за 100%, то в р. Вопша общая численность особей составила 58.5%, в р. Касть данный показатель составил 27% от численности р. Соть. Тогда как в постнерестовым периоде наибольшая плотность рыбного населения была в р. Вопша, наименьшая в р. Соть.

В нагульный период в уловах р. Соть наиболее многочисленный вид – плотва присутствовала в возрасте от 4 до 6 лет. В уловах наблюдалось неравномерное распределение особей по возрастам, 80% составили особи возраста 5+, в отличие от уловов постнерестового периода доля особей возраста 6+, составила лишь 12%, особи возраста 4+ были единичны (табл. 6).

Густера встречалась в возрасте от 4 до 7 лет, при этом наибольшее количество особей (70%) в осенних уловах было в возрасте 6+, 20% особей в возрасте 7+ и 10% особей в возрасте 4+. Скорее всего, изменения в возрастном соотношении связаны с миграциями нагуливающих особей.

Единичные особи леща, которые появились лишь в осенних уловах, обнаружены в возрасте 3+ и 9+, особи жереха – в возрасте 7+ и 10+.

Единичные особи берша обнаружены в возрасте 3+ (табл. 6). Следует отметить, что в осеннем улове берш обнаружен только в р. Соть. Приведенные данные не противоречат данным других авторов о численности и возрастном диапазоне берша других малых рек РФ [Самойлов, 2017 (Samojlov, 2017)]. В осенний период судак р. Соть присутствовал в ихтиологическом материале в возрасте 6+ и 8+, в постнерестовый период данный вид рыб обнаружен не был, как уже было отмечено выше, скорее всего, его заход в малые реки связан с наличием потенциальной кормовой базы в виде подросшей за летний сезон молоди карповых рыб.

Окунь в осенних уловах присутствовал в возрасте 3+ и 5+, при этом доминировали особи 3-летнего возраста, что указывает на меньшую

миграционную активность данного вида, так как в постнерестовый период выборка из популяции окуня р. Соть была представлена особями возраста 3+ (табл. 6).

В нагульный период в уловах р. Касть возрастная структура окуня варьировала от 4- до 7-летнего возраста. Большинство особей были 5-летнего возраста. Причина такой смены возрастной структуры на данном этапе

исследований не ясна. В популяции красноперки встречались особи 5- и 6-летнего возраста. По сравнению с постнерестовым периодом, возрастная структура красноперки в р. Касть изменилась в сторону омоложения, скорее всего, более старые особи мигрировали на большие глубины ближе к костромским разливам, где присутствуют зимовальные ямы (табл. 7).

**Таблица 6.** Биологическая характеристика карповых и окуневых р. Соть в нагульный период

**Table 6.** Biological assessment of carp and perch river Sot in the feeding period

Вид / Species	Возраст / Age	Длина (L <sub>1</sub> ), см / Length (L <sub>1</sub> ), cm	Длина (L <sub>2</sub> ), см / Length (L <sub>2</sub> ), cm	Масса рыбы, г / Weight of fish, g	Упитанность по Фультону / Fulton condition factor	Упитанность по Кларк / Clark condition factor
Густера	4+	13.3	12.1	37	1.82±0.10	1.67±0.09
Густера	5+	15.1±0.4	13.7±0.3	64±4	2.05	1.89
Густера	6+	17.9±0.4	16.0±0.3	105±9	2.10	1.81
Густера	7+	23.1±0.0	20.9±0.4	221±29	2.10±0.05	1.83±0.05
Плотва	4+	14.6	12.5±0.1	44	2.24±0.09	1.92±0.06
Плотва	5+	16.6±0.2	27.5	71±3	2.09	1.92
Плотва	6+	20.8±1.4	12.8	156±35	2.49±0.01	2.27±0.05
Лещ	3+	13.8±0.4	15.0±0.2	36±1	2.51±0.09	2.21±0.07
Лещ	9+	33.2	18.9±1.3	426	2.44±0.44	2.17±0.38
Жерех	7+	35.8	33.0	598	1.66	1.55
Жерех	10+	39.4	36.5	722	1.48	1.40
Берш	3+	26.0	23.0	195	1.60	1.45
Окунь	3+	15.0	13.3	40	1.70	1.62
Окунь	5+	20.3±0.0	18.2±0.3	130±4	2.16±0.17	1.89±0.14
Судак	6+	31.7	28.8	280	1.17	1.11
Судак	8+	45.0	41.0	830	1.20	1.08
Судак	9+	53.0	49.0	1548	1.32	1.25

**Таблица 7.** Биологическая характеристика карповых и окуневых р. Касть в нагульный период

**Table 7.** Biological assessment of cyprinids and perch rivers Caste in the feeding period

Вид / Species	Возраст / Age	Длина (L <sub>1</sub> ), см / Length (L <sub>1</sub> ), cm	Длина (L <sub>2</sub> ), см / Length (L <sub>2</sub> ), cm	Масса рыбы, г / Weight of fish, g	Упитанность по Фультону / Fulton condition factor	Упитанность по Кларк / Clark condition factor
Красноперка	5+	15.8±0.2	14.1±0.1	64±1	2.29±0.06	2.08±0.31
Красноперка	6+	20.1±1.0	18.5±0.9	133±14	2.12±0.12	1.83±0.22
Окунь	4+	18.0	16.2	78	1.83	1.69
Окунь	5+	19.6±0.1	17.8±0.5	113±7	2.02±0.04	1.76±0.01
Окунь	6+	24.1±0.1	22.3±0.2	236±23	2.14±0.14	1.38±0.46
Окунь	7+	26.5	24.0	348	2.52	2.16

**Таблица 8.** Биологическая характеристика карповых и окуневых р. Вопша в нагульный период

**Table 8.** Biological assessment of the carp and perch rivers Vopsha in the feeding period

Вид / Species	Возраст / Age	Длина (L <sub>1</sub> ), см / Length (L <sub>1</sub> ), cm	Длина (L <sub>2</sub> ), см / Length (L <sub>2</sub> ), cm	Масса рыбы, г / Weight of fish, g	Упитанность по Фультону / Fulton condition factor	Упитанность по Кларк / Clark condition factor
Красноперка	5+	16.0±0.3	14.5±0.3	64±4	2.11±0.05	1.83±0.06
Красноперка	6+	20.5±0.6	18.7±0.5	150±15	2.27±0.08	1.95±0.07
Густера	6+	20.5	18.5	130	2.05	1.99
Густера	8+	25.4±0.2	23.0±0.3	264±27	2.17±0.14	1.99±0.15
Окунь	4+	17.9±0.8	16.1±0.7	84±10	2.02±0.12	1.75±0.11
Окунь	5+	21.4±0.8	19.5±0.9	140±26	1.88±0.09	1.66±0.05
Окунь	6+	25.8±1.6	23.8±1.6	289±64	2.10±0.04	1.79±0.06



В нагульный период р. Вопша присутствовали 20% красноперки возраста 5+ и 80% возраста 6+, 33% густеры в возрасте 6+ и 67% особей возраста 8+, 37.5% окуней возраста 4+ и 6+ и 25% особей окуня возраста 5+. Возможные причины меньшего разнообразия видов и возрастной структуры каждого вида были описаны выше и характерны и для данной реки (табл. 8).

Следует отметить, что в р. Соть в нагульный период рыб с резорбцией икры обнаружено не было, что соответствует сезонным изменениям половых желез рассматриваемых видов и нормальному протеканию гаметогенеза.

Выборка густеры состояла из ювенильных особей, самок, находящихся на 3–4 стадии зрелости гонад и самцов, находящихся на 2 стадии зрелости гонад. Выборка жереха состояла из половозрелых самок, гонады которых находились на 2 стадии зрелости. Выборка леща была представлена самцами (1 стадия зрелости гонад), самками (2 стадия зрелости гонад) и ювенильными особями, имеющими одинаковый удельный вес в общей структуре популяции. Среди особей плотвы обнаружено 60% самок, находящихся на 2–4 стадии зрелости гонад и 40% самцов, гонады которых находились на 1–2 стадии зрелости. Выборка окуня состояла из половозрелых самок, находящихся на 1 и 4 стадии зрелости гонад. Выборка судака состояла из половозрелых самцов, находящихся на 2–3 стадии развития гонад.

Результаты исследования показали, что в уловах р. Касть в нагульный период красноперка – вид с порционным икрометанием была представлена самцами (2, 3, 4 стадия зрелости гонад), самками (3, 4 стадия зрелости гонад) имеющими одинаковый удельный вес в общей структуре популяции. Среди окуней обнаружено 67% самцов, находящихся на 3, 4 стадии развития гонад и 33% самок

В ихтиологическом материале р. Вопша в нагульный период обнаружены лишь самцы, находящиеся на 2 и 5 стадии зрелости гонад.

Среди половозрелых особей красноперки выявлено 38.5 % самцов, на 2–3 стадии зрелости гонад и 61.5% самок на 4 стадии зрелости гонад.

Таким образом, половые железы 29% исследованных видов всех рассматриваемых рек, находились на 2 стадии зрелости, что соответствует пятому периоду развития половых клеток. Этот период характерен как для половозрелых самок, так и самцов в начале каждого последующего полового цикла (для полициклических видов рыб), так и для неполо-

возрелых (впервые созревающих) самок и самцов. Продолжительность данного периода 2–3 месяца после икрометания, что соответствует времени отбора проб на малых реках и возрасту исследованных видов (Кузьмин, 1957).

Половые железы 16% леща, плотвы, густеры находились на 0–1 стадии зрелости, что соответствует первому периоду развития половых клеток. Этот период характерен только для неполовозрелых особей. Данный период длится у рыб несколько лет и зависит от среды обитания видов. Так, например, длительность 1 и 2 стадии зрелости гонад леща в водоемах южных широт (Дагестана) составляет не более 2–3-х лет, тогда как в водоемах севера (Микельское озеро) – 7 лет [Rabazanov, 2007 (Рабазанов, 2007)]. Подобная же картина длительности прохождения этих стадий характерна и для других видов рыб (окунь, красноперка, плотва, густера). В ихтиологическом материале р. Соть, где обнаружены неполовозрелые особи, возраст густеры и плотвы составлял 4+, возраст окуня 3+, что соответствует данным других авторов.

Половые железы 55% видов как карповых, так и окуневых находились на 3–4 стадии зрелости, что соответствует второму периоду развития половых желез, в котором происходит трофоплазматический (большой) рост ооцитов. Для этого периода требуются условия для интенсивного питания. Идет интенсивное накопление резервных веществ, используемых для роста ооцитов (Кузьмин, 1957). Встречаемость таких особей в данный период времени, скорее всего, связана с большим количеством неполовозрелых экземпляров.

Следует отметить, что такое распределение большинства видов по полу, возрасту, и стадии зрелости гонад соответствует нормальному физиологическому состоянию особей относительно сезонных изменений, связанных с нагульным периодом изучаемых видов. Наличие видов, где встречаются только самцы или только самки одного возраста, скорее всего, связано с малыми выборками особей в уловах.

Средние размеры густеры в р. Соть варьировали от 13 до 23 см, если сравнивать морфометрические показатели одновозрастной густеры с данными по летним уловам, то по общей длине, длине тела, то осенние особи уступали по скорости роста (табл. 6). Известно, что рост густеры в условиях водохранилища по сравнению с речными условиями, лучше, так как это связано с наличием в бентосе дрейссены, которую густера использует в пищу [Григорьев, 2007 (Grigor'ev, 2007)].

Средние размеры плотвы в р. Соть варьировали от 14.6 до 20.8 см, если сравнивать морфометрические показатели одновозрастной плотвы с данными по летним уловам 2017 и 2018 гг., то по приведенным показателям осенние особи уступали по скорости роста (табл. 6). Исследования 2018 г. показали, что плотва в возрасте 4+ и 5+, уступала по длине тела и общей длине своим сородичам, выловленным на месяц раньше, чем был произведен осенний вылов 2018 г., более того, плотва возраста 6+ уступала по морфометрическим характеристикам одновозрастным особям летнего улова 2018 г.

Средние размеры окуня в р. Соть варьировали от 15 до 20 см, если сравнивать морфометрические показатели трехлетних окуней летней и осенней выборки, то по общей длине, длине тела, то осенние особи уступали по скорости роста (табл. 6).

Средние размеры малой выборки красноперки в р. Касть варьировали от 15 до 20 см, что в свою очередь связано с пограничным возрастом, в котором происходит скачкообразный рост линейных размеров рыбы (табл. 7). Схожая тенденция наблюдалась и в р. Касть, так же как и в р. Соть интенсивность роста красноперки возраста 5+ р. Касть в летнем улове были сопоставимы, либо несколько превышали таковые осеннего улова для данного вида. Линейные размеры окуня изменялись аналогичным образом (табл. 7).

Средние размеры красноперки летнего улова в р. Вопша в целом были несколько крупнее размеров своих сородичей, выловленных в этой реке в осенний улов, общая длина в зависимости от возраста варьировала от 16 до 20 см (табл. 8). Темпы роста густеры возраста 6+ изменялись аналогичным образом, и лишь густера возраста 8+ по длине головы несколько превышала своих сородичей из летних уловов.

Темпы роста окуня всех возрастов из ихтиологического материала осеннего улова также превышали таковые летнего, исключение составила общая длина и длина тела окуня возраста 6+ и длина тела окуня возраста 5+.

Такое различие связано с применением экспериментальных сетей с меньшей ячейкой для изучения размерных групп рыбного населения, меньшими темпами роста. Результаты исследования показали, что коэффициент упитанности по Кларку у карповых, пойманных в р. Соть, варьировал в пределах 1.40–2.27 при среднем значении у густеры – 2.14, у леща – 1.78, плотвы – 1.85, жереха – 1.47. Упитанность карповых по Фультону характеризовалась в пределах 1.17–2.51, при среднем значении у

густеры – 2.38, леща – 1.93, плотвы – 2.15, жереха – 1.47 (табл. 6).

Коэффициент упитанности по Кларку у окуневых, пойманных в р. Соть, варьировал незначительно и колебался в пределах 1.15 для судака, 1.45 для берша и 1.75 для окуня (табл. 6). Упитанность окуневых по Фультону у окуня – 1.93, берша – 1.60, судака – 1.26.

Таким образом, по вышеописанным показателям, несмотря на меньшие линейные размеры карповых и окуневых рыб осеннего улова, исследованные рыбы превосходили своих сородичей летнего улова, что соответствует периоду вылова (табл. 6). Коэффициент упитанности красноперки по Кларку в р. Касть колебался в диапазоне 1.83–2.08, у окуня – 1.38–2.16. Среднее значение для красноперки составило 1.95, для окуня – 1.67. Коэффициент упитанности красноперки по Фультону варьировал от 2.12 до 2.29, для окуня – 2.12–2.29. Среднее значение для красноперки составило 2.2, для окуня – 2.13 (табл. 7). По вышеописанным показателям так же, как и в р. Соть, несмотря на меньшие линейные размеры карповых и окуневых рыб осеннего улова, исследованные рыбы превосходили своих сородичей летнего улова, что соответствует периоду.

Коэффициент упитанности по Кларку р. Вопша колебался в диапазоне 1.66–1.99 (табл. 8). Среднее значение для густеры составило 1.99, для красноперки – 1.89, для окуня 1.73. Коэффициент упитанности по Фультону варьировал от 1.88 до 2.27, при среднем значении у густеры 2.11, у красноперки – 2.19, окуня – 2.00.

Таким образом, несмотря на меньшие линейные размеры карповых и окуневых рыб осеннего улова, исследованные рыбы были упитаннее своих сородичей летнего улова, что соответствует периоду вылова. Известно, что в нагульный период – это период интенсивного питания рыб и накопления продуктов обмена веществ, в первую очередь белка и жира (Payuta et al., 2019).

Результаты патологоанатомического вскрытия рыбы показали, что при осмотре брюшной полости всех исследованных видов патологий не обнаружено, цвет желчного пузыря варьировал от оранжевого, желто-зеленого, до зеленого и темно-зеленого. Печень плотная, цвет желтый, мышцы бледно желтые, плотной консистенции, отеков, опухолей и кровоизлияний в организме не выявлено. Исключение составили густера и лещ р. Соть. В брюшной полости одной особи леща обнаружены лигулы (рис. 2). У трех особей густеры в

желчном пузыре обнаружен песок, кишечник был серого цвета, в брюшной полости выявлено наличие газа. В целом эпизоотологическое состояние рыб исследуемых водоемов оценено как удовлетворительное. При этом более благоприятными оказались р. Вопша и Касть, так как по данным двухлетнего мониторинга у

части особей густеры р. Соть наблюдаются патологические отклонения в желудочно-кишечном тракте, кроме того, по данным мониторингового исследования за 2017 г. (неопубликованные данные) у одной особи густеры в ЖКТ обнаружены метацеркарии паразитов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ размерно-возрастного состава, стадий зрелости гонад, коэффициентов упитанности ихтиофауны малых рек, находящихся на территории Государственного природного заказника “Ярославский”, показал, что между стадами исследуемых видов нет существенных различий по морфометрическим и биологическим признакам. Наблюдаемые различия незначительны, и вероятно, в большей степени связаны с сезонной, половой, а также экологической изменчивостью рассматриваемых показателей, на которую могут влиять

такие факторы как: кислородный режим, температура, качественный и количественный состав потенциальной кормовой базы ихтиофауны изучаемых рек. Следует отметить, что точки отбора проб находились вблизи мест впадения рек в Костромские разливы Горьковского водохранилища. Так как рассматриваемые виды являются мигрирующими, то в совокупности с изучаемыми показателями, с большой долей вероятности можно утверждать о наличии единой популяции с единым генофондом в исследуемых реках.



**Рис. 2.** Лигулы в брюшной полости леща р. Соть, пойманного в нагульный (осенний) период.

**Fig. 2.** Liguli in the abdominal cavity of the bream river Sot caught during in the feeding (autumn) period.

Численность популяций, половое и возрастное соотношение видов в изучаемых реках, скорее всего, в большей степени связано с всесторонним использованием ими кормовых ресурсов, усиление внутривидовых и межвидовых взаимоотношений (конкуренция в питании – особенно в первую половину нагульного периода). Приведенные данные косвенно характеризуют стабильность и возобновляемость популяций.

Результаты патологоанатомического вскрытия рыбы показали отсутствие видимых

патологий у большинства исследованных видов. Эпизоотологическое состояние рыб исследуемых водоемов оценено как удовлетворительное. Полученные данные косвенно свидетельствуют об экологическом благополучии водоема.

Полученные результаты в дальнейшем могут быть использованы контролирующими организациями при выполнении ими комплекса мероприятий по сохранению и обогащению рыбных биоресурсов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Национального парка “Плещеево озеро” (тема НИР “Комплексная бонитировка и изучение интерьерных показателей окуневых и карповых рыб рек госзаказника “Ярославский”).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вундтцетель М.Ф. Ихтиофауна малых рек и водоемов северного Подмосковья (эколого-фаунистический очерк) // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: рыбное хозяйство. 2012. №. 1. С. 7–14.
- Григорьев В.Н. Изменение показателей роста и коэффициента упитанности густеры *Blicca bjoerkna* (Cyprinidae) в верхней части Куйбышевского водохранилища в условиях трансформации его экосистемы // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки, 2007. Т. 149. №. 2. С. 69–74.
- Есин Е.В., Чебанова В.В., Леман В.Н. Экосистема малой лососевой реки Западной Камчатки (среда обитания, донное население и ихтиофауна). М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2009. 176 с.
- Клевакин А.А., Минин, А.Е., Блинов Ю.В., Юсупов А.З. Ихтиофауна малых рек Нижегородского Заволжья // Материалы по фауне Нижегородского Заволжья / Труды Государственного природного заповедника “Керженский”. Нижний Новгород. 2002. Т. 2. С. 78–84.
- Коваленко Е.О. Морфобиологическая характеристика судака (*Sander lucioperca* L.) и его роль в экосистеме краснодарского водохранилища: автореф. дис. ... канд. биол. наук., Краснодар, 2015. 133 с.
- Кожабасева Э.Б. К вопросу о состоянии естественного воспроизводства рыб на нижнем участке р. Сырдарья // Мат-лы междунар. конф. “Разнообразие, проблемы экологии горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее”. Горно-Алтайск, 2008. С. 115–117.
- Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек в изменяющихся условиях среды: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, 2003. 42 с.
- Кузьмин А.Н. Развитие воспроизводительной системы у карпов, обитающих в разных широтах. Изв. ВНИОРХ. 1957. Т. 43. Вып. 3. С. 3–65.
- Курамшина Н.Г., Нуртдинова Э.Э., Матвеева А.Ю. Эколого-физиологическое состояние ихтиофауны малых рек южного Урала // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2015. №. 3 (19). С. 20–24.
- Маляревская А. Я. Обмен веществ у рыб в условиях антропогенного евтрофирования водоемов: монография. Киев: Наукова думка, 1979. 256 с.
- Маренков О.Н., Федоненко Е.В., Габитов М.М., Абдуллаева Н.М. Развитие гонад леща (*Abramis brama*, Linnaeus, 1758) в условиях Запорожского водохранилища // Извест. высш. уч. завед. Поволжский рег. Ест. наук. 2013. № 4. С. 25–35
- Микряков В.Р., Силкина Н.И. Влияние резорбции икры на функционирование иммунобиохимических механизмов гомеостаза леща Рыбинского водохранилища // Труды ВНИРО, 2017. Т. 167, С.44–51.
- Петлина А.П., Юракова Т.В., Залозный Н.А., Бочарова Т.А., Лукьянцева Л.В., Брусьянина Т.А., Поджунас С.С. Гидробионты малых водотоков нижней Томи и их значение в оценке экологической ситуации водоемов // Сибирский экол. журн. 2000. № 3. С. 323–335.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая Промышленность. 1966. 376 с.
- Рабазанов Н.И. Функциональные изменения гаметогенеза и полового цикла рыб в водоёмах с нарушенным экологическим режимом: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Д.: Дагестанский государственный университет, 2010. 50 с.
- Рабазанов Н.И. Резорбция икры как биоиндикатор состояния популяций рыб и среды их обитания // Естественные и технические науки, № 4(42). Москва. 2009. С. 92–95.
- Решетников Ю.С. Атлас пресноводных рыб России. В 2-х томах. М.: Наука. 2002. 379 с.
- Рыжков Л.П., Полина А.В., Громова Ю.В., Аленичев С.В. Физиолого-биохимические особенности рыб водоёмов с различным антропогенным воздействием // Проблемы экологической токсикологии. Петрозаводск. 1998. С. 152–157
- Самойлов К.Ю. Структура популяции и фенетическое разнообразие судака *Sander lucioperca* (L.) Волго-Ахтубинской системы нижней Волги: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 2017. 110 с.
- Стерлигова О.П. Методы определения возраста рыб и его практическое значение. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016. 57 с.
- Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2002. 114 с.
- Флёрова Е.А., Малин М.И., Ключников А.С., Паюта А.А., Богданова А.А., Андреева М.И. Видовой состав и биологическая характеристика рыб малых рек Государственного природного заказника “Ярославский” // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2019. № 86(89). С. 80–89. DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10013.
- Чуйков Ю.С. О системе особо охраняемых природных территорий Волжского бассейна // Астраханский вестник экологического образования. 2016. №. 3 (37). С. 42–60.
- Шайдуллина Ж.М. Сезонная и возрастная динамика морфобиологических показателей леща реки Урал: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань: Астраханский ГТУ, 2009. 24 с.
- Шкодин Н.В. Влияние дноуглубительных работ на физиолого-биохимические показатели гидробионтов и кормовую базу рыбохозяйственных водоемов // Вестник АГТУ. 2005. № 3. С. 228–232.

- Шульман Г.Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М.: пищевая промышленность. 1972. 368 с.
- Boujard T., Burela C., Medalea F., Haylorb G., Moisan A. Effect of past nutritional history and fasting on feed intake and growth in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* // *Aquat. Living Resour.* № 13. 2000. P. 129–137.
- Krylov A.V., Chalova I.V., Tsel'movich O.L. Cladocerans under conditions of small river damming by man and beavers // *Russian Journal of Ecology.* 2007. Vol. 38. № 1. P. 34–38. DOI: 10.1134/S1067413607010067
- Payuta A.A., Flerova E.A. Some Indicators of Metabolism in the Muscles, Liver, and Gonads of Pike-Perch *Sander lucioperca* and Sibel *Pelecus cultratus* from the Gorky Reservoir / *Journal of Ichthyology*, 2019. Vol. 59, № 2. P. 255–262. DOI: 10.1134/S0032945219020152
- Payuta A.A., Pryanichnikova E.G., Shcherbina G. Kh., Perova S.N., Flerova E.A. Physiological Parameters of Bream (*Abramis brama* L.) in Parts of the Rybinsk Reservoir of Different Types *Inland Water Biology*. 2019. Vol. 12. №. 2. P. 217–224.
- Steven Cr., Helfrich L.A. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding // *Virginia Cooperative Extension*. 2002. Vol. 420–256. P. 220–256. DOI: 10.1134/S1995082919020123
- Stolbunov I.A., Gerasimov Y.V. Morphological and behavioral variation in juvenile roach *Rutilus rutilus* (Cyprinidae, Cypriniformes) from different biotopes of the Rybinskoe Water Reservoir. *Journal of Ichthyology*. 2008. 48(2). P. 177–187. DOI: 10.1134/s0032945208020045
- Zhivoglyadov A.A. Fish of small and medium rivers of Sakhalin Island: Spatial distribution, structure, and dynamics // *Journal of Ichthyology*. 2014. T. 54. № 1. P. 54–64. DOI: 10.7868/S0042875214010147

#### REFERENCES

- Amineva V.A., Yarzhombek A.A. 1984. Fiziologiya ryb. M.: Lyogkaya i pishchevaya promyshlennost'. 200 s. [In Russian]
- Chujkov Yu.S. 2016. O sisteme osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij Volzhskogo bassejna [On the system of specially protected natural areas of the Volga basin] // *Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*. №. 3 (37). S. 42–60. [In Russian]
- Esin E.V., CHEbanova V.V., Leman V.N. 2009. Ekosistema maloj lososevoj reki Zapadnoj Kamchatki (sreda obitaniya, donnoe naselenie i ihtiofauna). M.: Tov-vo nauch. izd. KMK. 176 s. [In Russian]
- Flerova E.A., Malin M.I., Klyuchnikov A.S., Payuta A.A., Bogdanova A.A., Andreeva M.I. 2019. Vidovoj sostav i biologicheskaya harakteristika ryb malyh rek Gosudarstvennogo prirodnogo zakaznika "Yaroslavskij" [Species composition and biological characteristics of fish in small rivers of the State Nature Reserve "Yaroslavsky"] // *Transactions of Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS*. № 86(89). S. 80–89. DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10013 [In Russian]
- Grigor'ev V.N. 2007. Izmenenie pokazatelej rosta i koefficienta upitannosti gustery Blicca bjoerkna (Cyprinidae) v verhnej chasti Kujbyshevskogo vodohranilishcha v usloviyah transformacii ego ekosistemy // *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki*. T. 149. №. 2. S. 69–74. [In Russian]
- Klevakin A.A., Minin A.E., Blinov Yu.V. i Yusupov, A.Z. 2002. Ihtiofauna malyh rek Nizhegorodskogo Zavolzh'ya [Ichthyofauna of small rivers of Nizhny Novgorod Volga region] // *Materialy po faune Nizhegorodskogo Zavolzh'ya / Trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Kerzhenskij"*. Nizhnij Novgorod. T. 2. S. 78–84. [In Russian]
- Kovalenko E.O. 2015. Morfobiologicheskaya harakteristika sudaka (*Sander Lucioperca* L.) i ego rol' v ekosisteme krasnodarskogo vodohranilishcha [Morphobiological characteristics of pike perch (*Sander Lucioperca* L.) and its role in the ecosystem of the Krasnodar reservoir]: avtoref. dic. ... kand. biol. nauk., Krasnodar. 133 s. [In Russian]
- Kozhabaeva E.B. 2008. K voprosu o sostoyanii estestvennogo vosproizvodstva ryb na nizhnem uchastke r. Syrdar'i [To the question of the state of natural reproduction of fish in the lower part of the river Syrdarya] // *Mat-ly mezhdunar. konf. "Raznoobrazie, problemy ekologii gornogo Altaya i sopredel'nyh regionov: nastoyashchee, proshloe, budushchee"*. Gorno-Altajsk. S. 115–117. [In Russian]
- Krylov A.V. 2003. Zooplankton ravninnyh malyh rek v izmenyayushchihsya usloviyah sredy [Zooplankton plains of small rivers in the changing environment]: Avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. M.: IPEE im. A.N. Severtsova RAN. 42 s. [In Russian]
- Kuramshina N.G., Nurtidinova E.E., Matveeva A.Yu. 2015. Ekologo-fiziologicheskoe sostoyanie ihtiofauny malyh rek yuzhnogo Urala [Ecological and physiological state of ichthyofauna of small rivers of the southern Urals] // *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. №. 3 (19). S. 20–24. [In Russian]
- Kuzmin A.N. 1957. Razvitie vosproizvoditel'noj sistemy u karpov, obitayushhikh v raznykh shirotakh [The development of the reproductive system in carps living in different latitudes]. *Izv. VNIORKH*. T. 43. № 3. P. 3–65.
- Malyarevskaya A.Ya. 1979. Obmen veshchestv u ryb v usloviyah antropogennogo evtrofirovaniya vodoemov: monografiya [Metabolism in fish under conditions of anthropogenic eutrophication of water bodies: monograph]. Kiev: Naukova dumka. 256 s. [In Russian]
- Marenkov O.N., Fedonenko E.V., Gabibov M.M., Abdullaeva N.M. 2013. Razvitie gonad leshcha (*Abramis brama*, Linnaeus, 1758) v usloviyah Zaporozhskogo vodohranilishcha [The development of gonad bream (*Abramis brama*, Linnaeus, 1758) in the Zaporozhye reservoir] // *Izvest. vyssh. uch. zaved. Povolzhskij reg. Est. nauk. Volga region. Natural Sciences*. № 4. S. 25–35 [In Russian]
- Mikryakov V.R., Silkina N.I. 2017. Vliyanie rezorbcii ikry na funkcionirovanie immunobiohimicheskikh mekhanizmov gomeostaza leshcha Rybinskogo vodohranilishcha [Effect of caviar resorption on the functioning of the immunobio-

- chemical mechanisms of homeostasis of the bream of the Rybinsk reservoir] // Trudy VNIRO. T. 167. S. 44-51. [In Russian]
- Payuta A.A., Flerova E.A. Some Indicators of Metabolism in the Muscles, Liver, and Gonads of Pike-Perch *Sander lucioperca* and Sibel *Pelecus cultratus* from the Gorky Reservoir / Journal of Ichthyology, 2019. Vol. 59, № 2. P. 255–262. DOI: 10.1134/S0032945219020152
- Payuta A.A., Pryanichnikova E.G., Shcherbina G.Kh., Perova S.N., Flerova E.A. Physiological Parameters of Bream (*Abramis brama* L.) in Parts of the Rybinsk Reservoir of Different Types Inland Water Biology. 2019. Vol. 12. №. 2. P. 217–224.
- Petlina A.P., Yurakova T.V., Zaloznyj N.A., Bocharova T.A., Luk'yanceva L.V., Brus'yanina T.A., Podzhunas S.S. 2000. Gidrobionty mal'nykh vodotokov nizhnej Tomi i ih znachenie v ocenke ekologicheskoy situacii vodoemov [Hydrobionts of small streams of the lower Tom and their importance in assessing the ecological situation of water bodies] // Sibirskij ecol. zhurn. № 3. S. 323–335. [In Russian]
- Pravdin I.F. 1966. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guide to the study of fish]. M.: Pishchevaya Promyshlennost'. 376 s. [In Russian]
- Rabazanov N.I. 2009. Rezorbtitsiya ikry kak bioindikator sostoyaniya populyatsij ryb i sredy ikh obitaniya [Caviar resorption as a bio-indicator of the state of fish populations and their habitat] // Estestvennye i tekhnicheskie nauki, № 4(42), Moskva. S. 92–95. [In Russian]
- Rabazanov N.I. 2010. Funkcional'nye izmeneniya gametogeneza i polovogo cikla ryb v vodoemakh s narusennym ekologicheskim rezimom [Functional changes in gametogenesis and the sexual cycle of fish in water bodies with a disturbed ecological regime]: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. D.: Dagestanskij gosudarstvennyj universitet. 50 s. [In Russian]
- Reshetnikov Yu.S. 2002. Atlas presnovodnykh ryb Rossii. V 2-h tomakh [Atlas of freshwater fish of Russia. In 2 volumes.]. M.: Nauka. 379 s. [In Russian]
- Ryzhkov L.P., Polina A.V., Gromova Yu.V., Alenichev S.V. 1998. Fiziologo-biohimicheskie osobennosti ryb vodoemov s razlichnym antropogennym vozdeystviem [Physiological and biochemical characteristics of fish in water bodies with different anthropogenic effects] // Problemy ekologicheskoy toksikologii. S. 152–157. [In Russian]
- Samojlov K.Yu. 2017. Struktura populyacii i feneticheskoe raznoobrazie sudaka *Sander lucioperca* (L.) Volgo-Ahtubinskoj sistemy nizhnej Volgi [Population structure and phenetic diversity of pike perch *Sander lucioperca* (L.) of the Volga-Akhtuba system of the lower Volga]. Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M.: MGU. 110 s. [In Russian]
- Shajdullina Zh.M. 2009. Sezonnaya i vozrastnaya dinamika morfofiziologicheskikh pokazatelej leshcha reki Ural [Seasonal and age dynamics of morphophysiological indicators of the bream of the river Ural]: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Astrahan': Astrahanskij GTU. 24 s. [In Russian]
- Shkodin N.V. 2005. Vliyanie dnouglubitel'nykh rabot na fiziologo-biohimicheskie pokazateli gidrobiontov i kormovuyu bazu rybohozyajstvennykh vodoemov [The influence of dredging works on the physiological and biochemical parameters of aquatic organisms and the fodder base of fisheries reservoirs] // Vestnik AGTU. № 3. S. 228–232. [In Russian]
- Shul'man G.E. 1972. Fiziologo-biohimicheskie osobennosti godovykh ciklov ryb [Physiological and biochemical features of the annual cycles of fish]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ. 368 s. [In Russian]
- Sterligova O.P. 2016. Metody opredeleniya vozrasta ryb i ego prakticheskoe znachenie [Methods for determining the age of fish and its practical value]. Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN. 57 s. [In Russian]
- Tkachev B.P., Bulatov V.I. 2002. Malye reki: sovremennoe sostoyanie i ekologicheskie problemy [Small rivers: current state and environmental problems]. Novosibirsk: GPNTB SO RAN. 114 s. [In Russian]
- Vundcettel' M.F. 2012. Ihtiofauna mal'nykh rek i vodoemov severnogo Podmoskov'ya (ekologo-faunisticheskij ocherk) [Ichthyofauna of small rivers and reservoirs of the northern Moscow region (ecological and faunistic essay)] // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: rybnoe hozyajstvo. №. 1. S. 7–14. [In Russian]
- Zhivoglyadov A.A. 2014. Fish of small and medium rivers of Sakhalin Island: Spatial distribution, structure, and dynamics // Journal of Ichthyology. T. 54. № 1. C. 54–64. DOI: 10.7868/S0042875214010147. [In Russian]



# SPECIES DIVERSITY AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF FISHES OF SMALL RIVERS OF THE STATE NATURAL RESERVE “YAROSLAVSKY” IN THE POST-BIRTH AND FISHING PERIODS OF 2018

E. A. Flerova<sup>1,2</sup>, M. I. Malin<sup>3</sup>, A. S. Klyuchnikov<sup>1</sup>, A. A. Payuta<sup>1</sup>, A. A. Bogdanova<sup>1</sup>, M. I. Andreeva<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Research Institute of Animal Breeding and Forage Production,  
152517 Yaroslavl oblast, Mikhailovsky, ul. Lenina, 1, Russia

<sup>2</sup> Yaroslavl Demidov State University, ul. Sovetskaya, 14, Yaroslavl, 150003 Russia

<sup>3</sup> Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences,  
Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, 152742 Russia

<sup>4</sup> National Park “Lake Pleshcheyevo”, Yaroslavl region, Pereslavl-Zalessky, Russian Federation  
e-mail: [katarinum@mail.ru](mailto:katarinum@mail.ru)

The analysis of the ichthyofauna of small rivers located on the territory of the Yaroslavl State Nature Reserve is carried out. In the post-spawning period in the river. A hundred species were identified: *Blicca bjoerkna*, *Pelecus cultratus*, *Rutilus rutilus*, *Perca fluviatilis*, *Sander volgense*. The share of husters was 73%, roaches – 17%, bersh, perch and sabrefish – 3% each. In the river Vopcha found: *Abramis brama*, *Blicca bjoerkna*, *Leuciscus idus*, *Rutilus rutilus*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Aspius aspius*, *Tinca tinca*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca*. The share of husters was 45%, roaches and rudd – 22% and 19%, respectively, roaches – 8%, bream – 2%, rare species like asp (2%), tench (1%) and pike perch (1%), were found only in this river. In the river Six species of fish were found: *Abramis brama*, *Blicca bjoerkna*, *Leuciscus idus*, *Rutilus rutilus*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Perca fluviatilis*, the percentage of goose bream was 71%, ide – 15%, rudd – 6.5%, roach – 3%, perch – 3%, tench – 1.5%.

The following species were identified during the feeding period in the Sot river: *Abramis brama*, *Blicca bjoerkna*, *Rutilus rutilus*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca*, *Sander volgense*; in the Vopsha river: *Blicca bjoerkna*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Perca fluviatilis*; in the Cast river: *Scardinius erythrophthalmus*, *Perca fluviatilis*. In the Sot river, the proportion of roach is 41%, silver breeds – 29%, pike perch – 7%, bream – 4%, bersh and perch 3% each. In the river Vopsha, the share of the rudd was 54% (compared with the summer period, an increase of 35%), husters – 2% (less by 43% compared with the post-spawning period), perch – 33%. In the river 2 species were found: rudd (45%) and perch (55%). The analysis of the size-age composition, the stages of gonad maturity, the nutritional factors of the ichthyofauna of small rivers located on the territory of the Yaroslavl State Nature Reserve showed that there are no significant differences in the morphometric and biological characteristics between the herds of the studied species. Data on the number of populations, gender and age ratios of species in the studied rivers indirectly characterize the stability and renewability of populations. The results of pathological and anatomical dissection of fish showed the absence of visible pathologies in most of the studied species. The epizootological condition of the fish of the studied reservoirs was rated as satisfactory. The data obtained indirectly indicate the ecological and toxicological well-being of the reservoir.

**Keywords:** ichthyofauna, small rivers, species diversity, biological characterization

## ОЧАГ “ОПИСТОРХОЗА” В ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Е. Жохов, М. Н. Пугачева

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН  
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, e-mail: zhokhov@ibiw.ru

Приведены данные о необычно высокой зараженности сеголеток плотвы метацеркариями *Metorchis bilis* в двух малых реках Ярославской области – притоках Рыбинского водохранилища. Зараженность мальков в выборках была 42.5–100%, интенсивность инвазии в отдельных выборках превышала 100 цист на рыбу. В р. Сутка исследованы зона подпора водохранилища и верхнее течение реки, метацеркарии *M. bilis* найдены во всех точках верхнего течения. В р. Ильдь исследованы зона подпора водохранилища, среднее и верхнее течение реки, метацеркарии найдены в двух точках верхнего течения реки. Для выяснения видовой принадлежности метацеркарий последние были скормлены двум сирийским хомякам. Найденные трематоды определены как *Metorchis bilis*. Приводятся описания и фото найденных трематод

Ключевые слова: описторхоз, *Metorchis bilis*, Рыбинское водохранилище, малые реки.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10016

## ВВЕДЕНИЕ

“Описторхоз” – гельминтозное заболевание, вызываемое трематодами семейства Opisthorchiidae, которое затрагивает, главным образом, гепатобилиарную систему людей, домашних животных (собак и кошек) и диких млекопитающих. Заражение происходит в результате поедания сырой или плохо обработанной рыбы, зараженной личинками трематод. У людей болезнь развивается в течение долгого времени, с частыми острыми периодами. При хроническом развитии или повторном заражении болезнь может вызывать первичный рак печени или панкреатической железы.

В Евразии заболевание гепатобилиарной системы людей вызывают 3 вида трематод – *Opisthorchis felinus* (Rivolta, 1884), *Opisthorchis viverrini* (Poirier, 1886) и *Clonorchis sinensis* (Cobbold, 1875), образующих “триаду” основных возбудителей описторхоза, в целом просто называемых “описторхоз” [Бээр, 2005 (Beer, 2005); Keiser, Utzinger, 2005; Andrews et al., 2008; Lim et al., 2008]. Кроме этих трех видов существуют менее значимые виды – *Metorchis bilis* (Braun, 1890) (синоним *M. albidus*) [Сидоров, 1983 (Sidorov, 1983); Филимонова, 1998 (Filimonova, 1998)] и *Pseudamphistomum truncatum* (Rudolphi, 1819) (Sherrard-Smith et al., 2009), также вызывающие заболевание печени у человека.

Эндемичные по “описторхозу” районы расположены на значительной части территории Европы и Азии. Эпидемиологически наиболее важным является *O. felinus*, очаги которого расположены на территории Российской Федерации, Украины, Белоруссии, Казахстана, Прибалтики и стран Европы [Скрябин, Петров, 1950 (Skrjabin, Petrov, 1950); Marcos et al., 2008].

На территории России и стран Восточной Европы большинства случаев “описторхо-

за” вызваны *O. felinus*. С совершенствованием гельминтологических методов поступает всё больше информации относительно существования другой болезни с подобными симптомами на той же самой территории – меторхоза, вызываемого трематодой *M. bilis* [Федоров и др., 2002 (Fedorov et al., 2002); Kuznetsova et al., 2000; Mordvinov et al., 2012]. С помощью обычных медицинских и паразитологических методов практически невозможно различить эти две болезни, которые имеют одинаковые симптомы, соответствующие диагнозу “описторхоз”, вызванному инвазией *O. felinus* или *M. bilis*, или обоими одновременно [Сидоров, 1983 (Sidorov, 1983); Ромашов и др., 2005 (Romashov et al., 2005)]. Различия в клинической картине этих двух болезней изучены не достаточно, особенности симптомов и эффективное лечение комбинированного паразитарного заболевания не известны вообще.

В последние годы активно развиваются молекулярные методы диагностики описторхоза, которые демонстрируют большую эффективность, в частности, благодаря применению методов серодиагностики и диагностики на основе ДНК [Kuznetsova et al., 2000; Shustov et al., 2002; Брусенцов и др., 2010 (Brucenstov et al., 2010); Mordvinov et al., 2012]. Благодаря применению этих методов удалось установить у больных “описторхозом” людей в Новосибирской области комбинированный “описторхоз” (*O. felinus* и *M. bilis*) и раздельное заражение *O. felinus* или *M. bilis* [Федоров и др., 2002 (Fedorov et al., 2002); Kuznetsova et al., 2000]. Аналогичные результаты были получены при исследовании больных в Алтайском Крае, Томской, Челябинской, Курганской и Тюменской областях [Ильинских и др., 2007 (Il'inskikh et al., 2007)].



Трематода *Metorchis bilis* sporadически регистрировалась у диких животных и рыб в различных районах Европы, Западной Сибири и Казахстана, но точные границы его ареала не известны. Принимая во внимание чрезвычайно широкое распространение “описторхоза” и продолжающееся расширение границ этого гельминтоза, любая информация об этом гельминте является важной, и очевидно, что

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал для исследования собран на двух реках Ярославской обл. (Некоузский р-н). Река Сутка – приток Рыбинского водохранилища первого порядка, р. Ильдь – приток р. Сутка. Обе реки относятся к категории малых рек, длина р. Сутка составляет 80 км, длина р. Ильдь – 56 км. У обеих рек имеются четко выраженные зоны подпора водохранилища, в которых течение крайне замедленно, имеется обширная мелководная зона, подверженная осушению при колебаниях уровня воды. В зонах среднего течения наблюдается чередование мелких каменисто-галечных перекатов и плесов. Для верхнего течения этих рек характерно чередование узких протоков с плесами, течение очень слабое, летом протоки и плесы сильно зарастают водной растительностью.

Сеголеток плотвы ловили мальковой волокушей на мелководье в р. Сутка в период с 5 по 13 июля 2012 г., в р. Ильдь – в период с 26 июня по 10 июля 2011 г. В р. Сутка мальков ловили на двух участках (зона подпора и верхнее течение реки) на случайно выбранных в пределах каждого участка станциях, всего 19 выборов; в р. Ильдь – на трёх участках (зона подпора, среднее и верхнее течение), всего 18 выборов (табл. 1, 2). Кроме мальков плотвы,

*M. bilis* можно назвать “недооцененным паразитом”. В процессе изучения паразитов мальков плотвы *Rutilus rutilus* в двух реках – притоках Рыбинского водохранилища – у мальков была обнаружена очень высокая зараженность описторхидными метацеркариями. В данной статье описывается обнаружение очага меторхоза на территории Ярославской области.

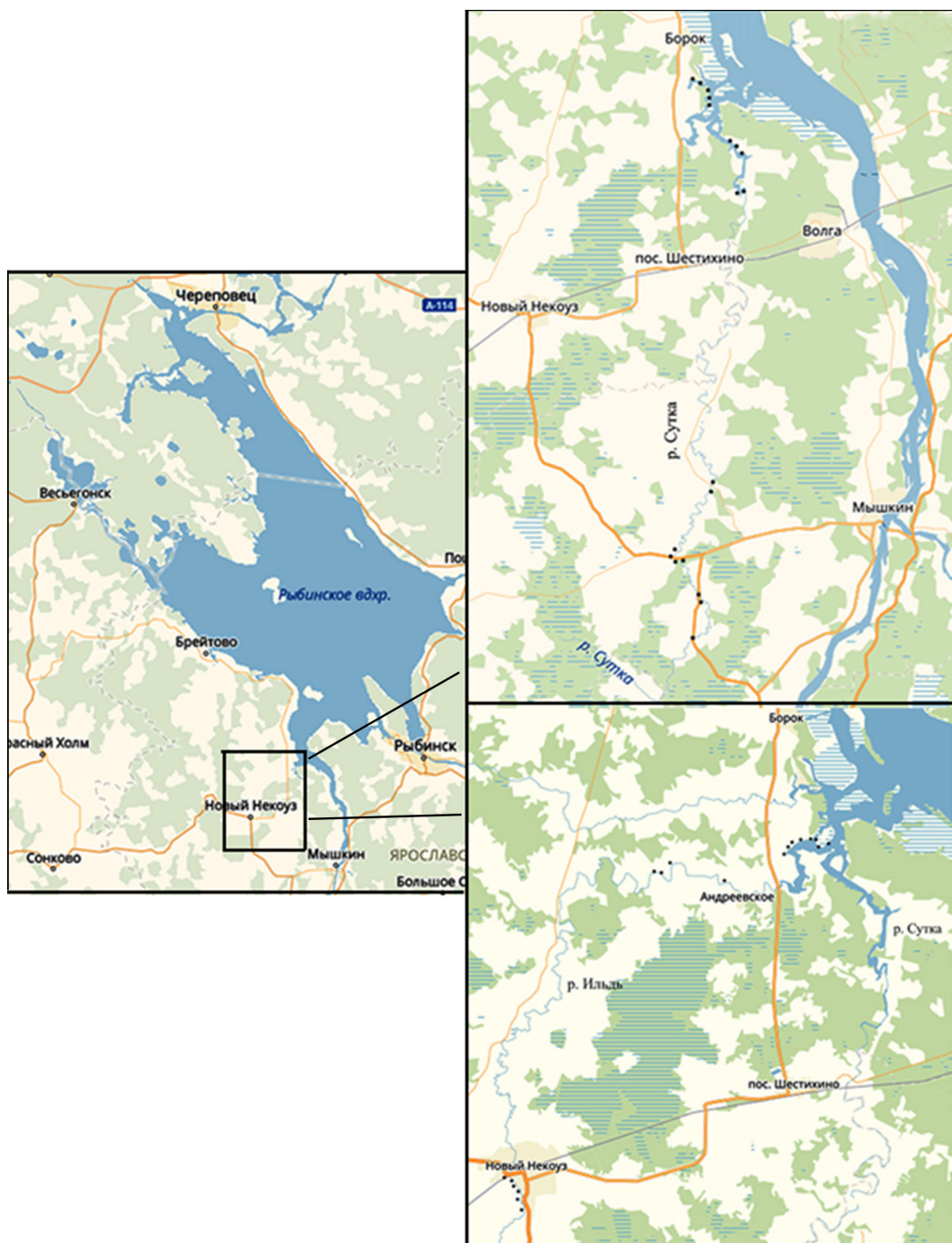
исследованы две верховки *Leucaspius delineatus* из верхнего течения р. Сутка (рис. 1, 2). Пойманных сеголеток хранили в термосе со льдом, доставляли в лабораторию и исследовали в течение 2–4 час после поимки. У мальков измеряли стандартную длину тела (мм). Мальков вскрывали компрессорным методом под биноклем. Для выяснения видовой принадлежности описторхидных метацеркарий был проведен опыт по заражению ими двух сирийских хомяков (*Mesocricetus auratus*), которым скормили мышцы мальков, содержащие метацеркарий. При работе с хомяками были соблюдены все институциональные принципы ухода и использования животных. Животные содержались согласно “Правилам проведения работ с использованием экспериментальных животных”. В конце эксперимента хомяков усыпили хлороформом и вскрыли через два часа. Найденных трематод умертвили горячей водой с последующей фиксацией 70%-ным этанолом, из них сделаны тотальные препараты с окраской квасцовым кармином. Часть трематод зафиксирована 96%-ным этанолом для молекулярного анализа. Препараты хранятся в Коллекции паразитов Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В эксперименте по заражению хомяков описторхидными метацеркариями через две недели в экскрементах животных были обнаружены единичные яйца трематод, после чего хомяков вскрыли. В желчном пузыре одного из них найдено 12 трематод, у второго – 9, три червя были мёртвыми. Трематоны были определены как *Metorchis bilis* (рис. 2А).

**Описание марит (измерено 13 червей).** Трематоны листовидной или грушевидной формы, длина тела 1.44–2.45 (среднее 1.94 мм), ширина 0.49–1.22 (0.847 мм). Ротовая присоска круглая, 0.182–0.205 мм в диаметре, брюшная присоска 0.172×0.181 мм в диаметре. Глотка овальная, 0.099–0.108×0.072–0.108 (0.103×0.088) мм диаметром. Пищевод отсутствует. Яичник овальный, с ровными краями, 0.126–0.135×0.180–0.225 (0.129×0.204) мм, ле-

жит несколько кпереди от переднего семенника. Рядом с ним расположен овальный или в форме подковы семяприемник, 0.189–0.330×0.099–0.261 (0.241×0.199) мм. Семенники лежат в задней части тела, наискосок один к другому, слаболопастные, передний семенник 0.207–0.315×0.270–0.495 (0.254×0.392) мм, задний семенник 0.189–0.369×0.288–0.630 (0.257×0.449) мм. Желточники лежат по бокам тела, их передняя граница находится немного ниже уровня бифуркации кишечника, задняя граница – на уровне яичника или немного выше. Матка сильно извитая, её задние петли достигают яичника и переднего семенника. Генитальная пора открывается возле переднего края брюшной присоски. Яйца овальные, 0.028×0.012 мм.



**Рис. 1.** Карта-схема района исследования. Чёрными точками показаны места лова рыбы.

**Fig. 1.** Schematic map of the study area. Black dots indicate the sampling sites.

Метацеркарии очень маленькие, овальные, покрыты тонкой оболочкой, что указывает на их молодой возраст, размер цист 0.14–0.27 мм (рис. 2Б, В, Г). Вокруг некоторых цист видно образование капсулы (рис. 2Б). Тело метацеркарий сильно пигментировано, что является диагностическим признаком личинок *M. bilis*.

Метацеркарии *M. bilis* у мальков в обеих реках встречались только в верхнем течении рек и отсутствовали в среднем течении и в зоне подпора водохранилища. Зараженность

мальков была высокой (табл. 1, 2). В р. Сутка в 7 из 9 выборках мальков в верхнем течении реки зараженность достигала 100%, в р. Ильдь – в 2 из 6 выборок зараженность была 42.5% и 100%, в остальных выборках мальки были незараженными. Интенсивность инвазии двухмесячных мальков также высокая, в отдельных выборках интенсивность инвазии превышала 100 цист на рыбу. Обе вскрытые верховки из р. Сутка также были заражены метацеркариями *M. bilis*.

**Таблица 1.** Зараженность мальков плотвы в р. Ильдь метацеркариями *Metorchis bilis* (Э.И. – экстенсивность инвазии, %; И.О. – индекс обилия; И.И. – интенсивность инвазии)

**Table 1.** *Metorchis bilis* metacercariae infection of roach fry in the River Ild'

Дата Date	№ станции № station	Координаты Coordinates	N рыб N fish	Длина тела (среднее, мм) Body length (mean, mm)	Э.И. Prevalence	И.О. Mean intensity	И.И. Range
Зона подпора водохранилища (Affluent zone)							
01.07	1	58°00'58" N, 38°14'24" E	42	23.1	0	0	0
30.06	2	58°01'09" N, 38°14'207" E	51	20.4	0	0	0
07.07	3	58°01'14" N, 38°14'33" E	36	25.6	0	0	0
07.07	4	58°01'17" N, 38°14'49" E	36	27.1	0	0	0
10.07	5	58°01'17" N, 38°15'07" E	24	34.2	0	0	0
10.07	6	58°01'18" N, 38°15'12" E	33	35.6	0	0	0
10.07	7	58°01'08" N, 38°15'20" E	22	34.2	0	0	0
10.07	8	58°01'09" N, 38°15'36" E	34	32.5	0	0	0
Среднее течение реки (Middle course)							
01.07	9	58°00'10" N, 38°12'19" E	48	22.0	0	0	0
01.07	10	58°00'47" N, 38°09'53" E	34	20.6	0	0	0
10.07	11	58°00'37" N, 38°09'00" E	30	23.0	0	0	0
10.07	12	58°00'37" N, 38°08'58" E	30	23.7	0	0	0
Верхнее течение реки (Upstream)							
26.06	13	57°53'39" N, 38°03'34" E	100	20.6	0	0	0
30.06	14	57°53'43" N, 38°03'37" E	48	17.3	0	0	0
09.07	15	57°53'46" N, 38°03'36" E	40	23.8	42.5	2.48	1–55
09.07	16	57°53'54" N, 38°03'31" E	40	22.5	100	23.3	1–56
09.07	17	57°54'00" N, 38°03'21" E	29	24.9	0	0	0
09.07	18	57°54'03" N, 38°03'19" E	36	21.4	0	0	0

**Таблица 2.** Зараженность мальков плотвы в р. Сутка метацеркариями *Metorchis bilis* (Э.И. – экстенсивность инвазии, %; И.О. – индекс обилия; И.И. – интенсивность инвазии)

**Table 2.** *Metorchis bilis* metacercariae infection of roach fry in the River Sutka

Дата Date	№станции №station	Координаты Coordinates	N рыб N fish	Длина тела (среднее, мм) Body length (mean, mm)	Э.И. Prevalence	И.О. Mean intensity	И.И. Range
Зона подпора водохранилища (Affluent zone)							
09.07	1	58°02'27" N, 38°14'36" E	28	26	0	0	0
09.07	2	58°02'25" N, 38°15'01" E	54	23.2	0	0	0
07.07	3	58°01'56" N, 38°15'43" E	52	25.1	0	0	0
07.07	4	58°01'51" N, 38°15'41" E	49	28.3	0	0	0
07.07	5	58°01'47" N, 38°15'47" E	58	24.0	0	0	0
05.07	6	58°00'24" N, 38°16'38"E	50	23.5	0	0	0
05.07	7	58°00'13" N, 38°17'18"E	50	23.2	0	0	0
09.07	8	57°59'05" N, 38°18'05"E	58	25.6	0	0	0
05.07	9	57°58'31" N, 38°17'45"E	44	23.4	0	0	0
05.07	10	57°58'41" N, 38°17'57"E	54	25.7	0	0	0
Верхнее течение реки (Upstream)							
13.07	11	57°45'39" N, 38°13'30"E	39	22.4	100	21.1	6–79
13.07	12	57°45'37" N, 38°13'30"E	34	20.2	100	17.2	6–58
13.07	13	57°45'35" N, 38°13'30"E	34	21.5	100	17.6	8–59
13.07	14	57°45'34" N, 38°13'33"E	38	21.9	100	18.7	1–49
11.07	15	57°48'13" N, 38°15'58"E	46	23.3	100	11.2	1–55
11.07	16	57°48'11" N, 38°15'57"E	46	22.6	100	10.5	1–32
11.07	17	57°44'06" N, 38°15'01"E	50	24.0	98	7.2	1–20
11.07	18	57°44'04" N, 38°14'54"E	52	21.2	100	28.8	2–157
13.07	19	57°42'38" N, 38°14'41"E	38	20.6	71	8.5	1–42

## ОБСУЖДЕНИЕ

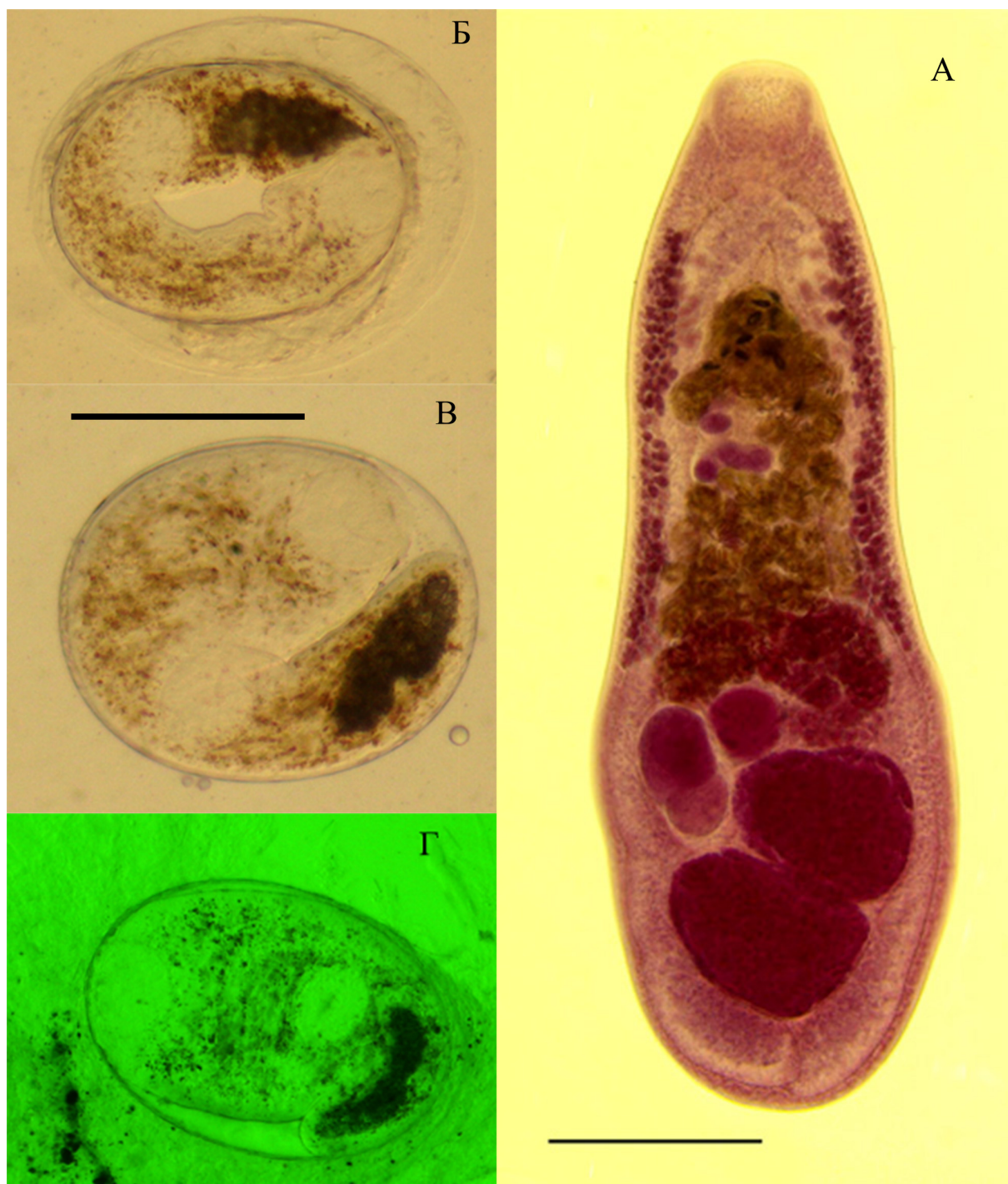
Высокая зараженность мальков плотвы метацеркариями *Metorchis bilis* позволяют говорить, что в верхнем течении рек Сутка и Ильдь существуют устойчивые очаги меторхоза. В верхнем течении р. Сутка на участке протяженностью 10–13 км у сеголеток плотвы во всех исследованных точках найдены метацеркарии *M. bilis*. В р. Ильдь зараженность мальков носила локальный характер, небольшой очаг обнаружен на территории районного центра с. Новый Некоуз. Зараженность взрослых рыб в этих реках также должна быть высокой, поскольку взрослые рыбы – более крупная мишень для церкарий трематод. Характерно, что у мальков плотвы в этих реках наблюдается “чистая” инвазия метацеркариями меторхиса без примеси других видов описторхид. Существование очага здесь подтверждают полученные ранее данные по зараженности рыб (плотва, язь, верховка) и моллюсков (*Bithynia tentaculata*) личиночными стадиями описторхид [Молодожникова, 2006 (Molodozhnikova, 2006)]. Важно отметить, что в среднем и нижнем течении этих притоков (в зоне подпора водохранилища) метацеркарии *M. bilis* у рыб отсутствуют.

В природе трематод *Metorchis bilis* вместе с другими видами описторхид находили у выдры *Lutra lutra* в Англии (6.6%) [Sherrard-Smith et al., 2009] и Белоруссии (8%) [Shimalov et al., 2000], енотовидной собаки *Nyctereutes procyonoides* Gray, 1834 (2.6%) [Shimalov, Shimalov, 2002], лесного хорька *Mustela putorius* L., 1758 (7.5%) [Shimalov, Shimalov, 2002a], европейской норки *Mustela lutreola* L., 1758 (5.9%) [Anisimova, 2002] и американской норки *Mustela vison* Schreber, 1777 (8%) [Shimalov, Shimalov, 2001] в Белоруссии. Хозяином *M. bilis* в Европе часто регистрируют красную лису *Vulpes vulpes* L., 1758 [Schuster et al., 1999, 2003; Segovia et al., 2002; Rajkovic-Janje et al., 2002; Shimalov et al., 2003]. На территории Воронежской области эта трематода найдена у выдры, лисицы, американской норки и домашней кошки [Никулин, Ромашов, 2011 (Nikulin, Romashov, 2011); Ромашова и др., 2014 (Romashov et al., 2014)]. В Германии *M. bilis* был найден у орлана-белохвоста *Haliaeetus albicilla* L., 1558, зараженность птиц в исследованной выборке достигала 51% [Krone, Schuster, 2002]. В лесостепной зоне Западной Сибири в качестве хозяина этой трематоды отмечена ондатра [Федоров и др., 2002 (Fedorov et al., 2002)].

Общий круг вторых промежуточных хозяев для *M. bilis* и *O. felineus* приводит к смешанному заражению рыб трематодами этих видов, а также другими представителями описторхид. В частности, в реках Тюменской области (Западная Сибирь) зарегистрировано одновременное заражение четырех видов рыб (плотва, плотва, голянь, язь) метацеркариями четырех видов описторхид (*O. felineus*, *M. bilis*, *M. xanthosomus*, *Metorchis* sp.) [Размашкин, 1978 (Razmashkin, 1978); Фаттахов, 2002 (Fattakhov, 2002); Бонина, Сербина, 2011 (Bonina, Serbina, 2011)]. В Казахстане метацеркарии *M. bilis* часто встречаются совместно с *O. felineus* и даже преобладают над последними [Сидоров, 1983 (Sidorov, 1983)].

В реках Сутка и Ильдь окончательными хозяевами меторхиса могут быть норка, лиса, енотовидная собака и бобр. Численность популяций некоторых из этих видов стабильно высокая или имеет тенденцию к росту [Борисов, 2011 (Borisov, 2011)]. Во всех пунктах на реках Сутка и Ильдь, где мальки плотвы были сильно заражены метацеркариями меторхиса, зарегистрированы следы жизнедеятельности бобров, что свидетельствует об их высокой плотности. По этим рекам нет данных о численности бобров, но на соседней реке Латка этот показатель достигал 1.3 особи на 1 км берега [Завьялов, 2007 (Zav'yalov, 2007)]. Рассматривая возможную роль бобра как хозяина описторхид следует обратить внимание на то, что численность бобра в последние десятилетия по всему ареалу существенно увеличилась и продолжает расти быстрыми темпами [(Борисов, 2011 (Borisov, 2011)]. К настоящему времени бобр отмечен как хозяин только *O. felineus*. Имеющаяся информация о зараженности бобров *O. felineus* ограничивается данными по Воронежской, Липецкой и Волгоградской областям [Сидоров, 1983 (Sidorov, 1983); Ромашов, 2015 (Romashov, 2015)], что недостаточно для оценки роли этого вида в эпизоотологии описторхоза. Все эти области относятся к бассейну Дона, где меторхисы у рыб и позвоночных встречаются редко [Василевская, 1989 (Vasilevskaya, 1989); Ромашов и др., 2005 (Romashov et al., 2005); Никулин, Ромашов, 2011 (Nikulin, Romashov, 2011); Ромашова и др., 2014 (Romashova et al., 2014)]. В других регионах бобр не исследовался паразитологами, и видовой состав его гельминтов неизвестен.





**Рис. 2.** *Metorchis bilis*: А – взрослый червь из сирийского хомяка; Б, В, Г – метацеркарии из мышц плотвы. Масштаб, мм: А – 0.2 мм; Б, В, Г – 0.1 мм.

**Fig. 2.** *Metorchis bilis*: А – adult worm from hamster; Б, В, Г – metacercaria from roach muscles. Scale bar, mm: А – 0.2 mm; Б, В, Г – 0.1 mm.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнаруженный нами очаг меторхоза в верхнем течении двух малых рек предполагает подобную ситуацию на других реках области. Возможно, что особенностью очагов меторхоза на данной территории будет их расположение именно в зонах верхнего течения рек, на значительном удалении от Рыбинского водохранилища – важного рыбопромыслового водоёма области. Хотя ситуация по “описторхо-

зу” рыбы в водохранилище считается благополучной, что характерно для крупных водохранилищ Волги [Плющева, Герасимов, 1991 (Plushcheva, Gerasimov, 1991); Чефранова, 1991 (Tchefranova, 1991)], относительная близость к водохранилищу обнаруженного очага меторхоза заставляет внимательно относиться к паразитарному контролю выловленной рыбы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Безр С.А. Биология возбудителя описторхоза. Товарищество научных изданий КМК. М., 2005. 336 с.
- Бонина О.М., Сербина Е.А., Выявление локальных очагов описторхозов в пойме реки Обь и Новосибирском водохранилище. Сообщение 1. Зараженность карповых рыб метацеркариями описторхид // Российский паразитологический журнал. 2011. № 2. С. 24–30.
- Борисов Б.П. Состояние охотничьих ресурсов в Российской Федерации в 2008–2010 гг. // Информационно-аналитические материалы. 2011. Вып. 9. С. 86–90.
- Брусенцов И.И., Катохин А.В., Сахаровская З.В., Сазонов А.Э., Огородова Л.М., Федорова О.С., Колчанов Н.А., Мордвинов В.А. ДНК-диагностика микст-инвазий *Opisthorchis felinus* и *Metorchis bilis* с помощью метода ПЦР // Мед. паразитол. и паразитарные болезни. 2010. № 2. С. 10–13.
- Василевская Л.К. К вопросу изучения описторхозной инвазии в Харьковской области // Гельминтология сегодня: проблемы и перспективы. Тез. докл. научн. конф. Москва, 4–6 апр. 1989, Т. 2. М., С. 65.
- Завьялов Н.А. Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2007. С. 26–34.
- Ильинских Е.Н., Новицкий В.В., Ильинских Н.Н., Лепехин А.В. Инвазии *Opisthorchis felinus* (Rivolta, 1884) и *Metorchis bilis* (Braun, 1890) у человека в различных регионах Обь-Иртышского речного бассейна // Паразитология. 2007. Т. 41. № 1. С. 55–64.
- Молодужникова Н.М. Зараженность моллюсков и рыб личиночными стадиями трематод семейства Opisthorhidae на территории Ярославской области // Мед. паразитол. и паразитарные болезни. 2006. № 4. С. 34–37.
- Никулин П.И., Ромашов Б.В. Гельминты домашних плотоядных Воронежской области // Российский паразитологический журнал. 2011. № 1. С. 32–39.
- Плющева Г.Л., Герасимов И.В. Влияние гидростроительства в бассейне Волги на ситуацию по описторхозу и дифиллоботриозу // Эволюция паразитов. Материалы I Всесоюзного симпозиума. Тольятти, 1991. С. 216–220.
- Размашкин Д.А. О видовой принадлежности метацеркарий рода *Metorchis* (Trematoda, Opisthorchidae) из рыб Западной Сибири // Паразитология. 1978. Т. 12. № 1. С. 68–78.
- Ромашов Б.В., Ромашов В.А., Семенов В.А., Филимонова Л.В. Описторхоз в бассейне Верхнего Дона (Воронежская область): фауна описторхид, эколого-биологические закономерности циркуляции и очаговость описторхозов. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2005. 201 с.
- Ромашов Б.В. Гельминты речных бобров: *Castor fiber* и *Castor canadensis*. Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. 214 с.
- Ромашова Е.Н., Рогов М.В., Ромашов Б.В., Никулин П.И. Гельминты диких плотоядных Воронежской области: эколого-фаунистический анализ // Российский паразитологический журнал. 2014. № 1. С. 23–33.
- Сидоров Е.Г. Природная очаговость описторхоза. Алма-Ата: Наука Каз. ССР. 1983. 238 с.
- Скрябин К.И., Петров А.М. Надсемейство Opisthorchoidea Faus, 1929. В кн.: Скрябин К. И. Трематоды животных и человека. Основы трематодологии. М.: Изд-во Ан СССР, 1950. Т. 4. С. 81–328.
- Фаттахов Р. Г. Зараженность рыб личинками возбудителей описторхоза на территории России и некоторых сопредельных стран (по материалам “Кадастра очагов описторхоза России”, 1994) // Мед. паразитол. и паразитарные болезни. 2002. № 1. С. 25–27.
- Федоров К.П., Наумов В.В., Кузнецова В.Г., Белов Г.Ф. Некоторые реальные проблемы описторхоза человека // Мед. паразитол. и паразитарные болезни. 2002. Т. 3. С. 7–9.
- Филимонова Л. В. Таксономический обзор двух подсемейств (Metorchinae Luhe, 1909 и Pseudamphistominae Yamaguty, 1958) семейства Opisthorchiidae Faust, 1929 фауны России // Теоретические и прикладные проблемы гельминтологии. М.: Наука. 1998. С. 244–253.
- Чефранова Ю.А. Биоэкологические условия циркуляции описторхоза на водохранилищах Верхней Волги // Эволюция паразитов. Материалы I Всесоюзного симпозиума. Тольятти, 1991. С. 220–223.
- Andrews R.H., Sithithaworn P., Petney T.N. Opisthorchis viverrini: an underestimated parasite in world health // Trends Parasitol. 2008. Vol. 24. P. 497–501.
- Anisimova E.I. Comparative analysis of the helminthocenoses of the otter (*Lutra lutra*) and polecat (*Mustela putorius*) in Belarus // Helminthologia. 2002. Vol. 39. P. 87–90.
- Keiser J., Utzinger J. Emerging foodborne trematodiasis // Emerg. Infect. Dis. 2005. Vol. 11. P. 1507–1514.
- Krone O., Schuster R. The liver fluke *Metorchis bilis* – a new threat for the whitetailed sea eagle (*Haliaeetus albicilla*) in middle Europe? // EAZWV 4th scientific meeting joint with the 5th meeting of the EWDA; Heidelberg, 2002. P. 47–48.
- Kuznetsova V.G., Naumov V.A., Belov G.F. Methorchiasis in the residents of Novosibirsk area, Russia // Cytobios. 2000. Vol. 102. P. 33–34.
- Lim J.H., Mairiang E., Ahn G.H. Biliary parasitic diseases including clonorchiasis, opisthorchiasis and fascioliasis // Abdom. Imaging. 2008. Vol. 33. P. 157–165.
- Marcos L.A., Terashima A., Gotuzzo E. Update on hepatobiliary flukes: fascioliasis, opisthorchiasis and clonorchiasis // Curr. Opin. Infect. Dis. 2008. Vol. 21. P. 523–530.
- Mordvinov V.A., Yurlova N.I., Ogorodova L.M., Katokhin A.V. *Opisthorchis felinus* and *Metorchis bilis* are the main agents of liver fluke infection of humans in Russia // Parasitology International. 2012. Vol. 61. P. 25–31.
- Rajkovic-Janje R., Marinculic A., Bosnic S., Benic M., Vincovic B., Mihaljevic Z. Prevalence and seasonal distribution of helminth parasites in red foxes (*Vulpes vulpes*) from the Zagreb County (Croatia) // Z. Jagdwiss. 2002. Vol. 48. P. 151–160.

- Schuster R., Bonin J., Staubach C., Heidrich R. Liver fluke (Opisthorchiidae) findings in red foxes (*Vulpes vulpes*) in the eastern part of the Federal State Brandenburg, Germany – a contribution to the epidemiology of opisthorchidosis // *Parasitol. Res.* 1999. Vol. 85. P. 142–146.
- Schuster R., Gregor B., Heidrich J., Nockler K., Kyule M., Wittstatt U. A seroepidemiological survey on the occurrence of opisthorchiid liver flukes in red foxes (*Vulpes vulpes*) in Berlin, Germany // *Parasitol. Res.* 2003. Vol. 90. P. 400–404.
- Segovia J.M., Torres J., Miquel J. The red fox, *Vulpes vulpes* L., as a potential reservoir of zoonotic flukes in the Iberian Peninsula // *Acta Parasitol.* 2002. Vol. 47. P. 163–166.
- Sherrard-Smith E., Cable J., Chadwick E. A. Distribution of Eurasian otter biliary parasites, *Pseudamphistomum truncatum* and *Metorchis albidus* (Family Opisthorchiidae), in England and Wales // *Parasitology.* 2009. Vol. 136. P. 1015–1022.
- Shimalov V.V., Shimalov V.T., Shimalov A.V. Helminth fauna of otter (*Lutra lutra* Linnaeus, 1758) in Belorussian Polesie // *Parasitol. Res.* 2000. Vol. 86. P. 528.
- Shimalov V.V., Shimalov V.T. Helminth fauna of the American mink (*Mustela vison* Schreber, 1777) from Belorussian Polesie // *Parasitol. Res.* 2001. Vol. 87. P. 886–887.
- Shimalov V.V., Shimalov V.T. Helminth fauna of the racoon dog (*Nyctereutes procyonoides* Gray, 1834) in Belorussian Polesie // *Parasitol. Res.* 2002. Vol. 88. P. 944–945.
- Shimalov V.V., Shimalov V.T. Helminth fauna of the European polecat (*Mustela putorius* Linnaeus, 1758) in Belorussian Polesie // *Parasitol. Res.* 2002a. Vol. 88. P. 259–260.
- Shimalov V.V., Shimalov V.T. Helminth fauna of the red fox (*Vulpes vulpes* L., 1758) in southern Belarus // *Parasitol. Res.* 2003. Vol. 89. P. 77–78.
- Shustov A.V., Kotelkin A.T., Sorokin A.V., Ternovoi V.A., Loktev V.B. The *Opisthorchis felinus* paramyosin: cDNA sequence and characterization of its recombinant fragment // *Parasitol. Res.* 2002. Vol. 88. P. 724–730.

## REFERENCES

- Andrews R.H., Sithithaworn P., Petney T.N. 2008. Opisthorchis viverrini: an underestimated parasite in world health // *Trends Parasitol.* Vol. 24. P. 497–501.
- Anisimova E.I. 2002. Comparative analysis of the helminthocenoses of the otter (*Lutra lutra*) and polecat (*Mustela putorius*) in Belarus // *Helminthologia.* Vol. 39. P. 87–90.
- Be'er S.A. 2005. *Biologiya vzbuditelya opistorchoza* [Biology of opisthorchosis invasion agent]. Ed. by S. O. Movsesjan. 1st ed. Moscow: KMK Scientific Press Ltd. 336 p. [In Russian].
- Bonina O.M., Serbina E.A. 2011. Vyjavlenie lokal'nykh oshagov opistorchidozov v poime reki Ob' i Novosibirskom vodochranilische. Soobschenie 1. Zarazhennost' karpovykh ryb metacerkariyami opistorchid [Revealing of the local centers of opisthorchidosis in flood-lands of river Ob' and in Novosibirsk man-made lake. The message 1. Infection cyprinid fishes by opisthorchid's metacercaria] // *Rossiyskiy Parazitologicheskii Zhurnal.* № 2. P. 24–30. [In Russian].
- Borisov B.P. 2011. Sostoyanie ochotnishiich resursov v Rossiyskoy Federacii v 2008–2010 [State of hunting resources in the Russian Federation in 2008–2010] // *Informacionno-analyticheskie materialy.* № 9. C. 86–90. [In Russian].
- Brusentsov I.I., Katokhin A.V., Sakharovskaya Z.V., Sazonov A.E., Ogorodova L.M., Fedorova O.S., Kolchanov N.A., Mordvinov V.A. 2010. DNK-diagnostics mikst-invasiy *Opisthorchis felinus* i *Metorchis bilis* s pomoshchuy metoda PCR [DNA diagnosis of mixed invasions of *Opisthorchis felinus* and *Metorchis bilis* by polymerase chain reaction] // *Medicinskaya Parazitologiya.* № 2. P. 10–13. [In Russian].
- Chefranova Y.A. 1991. Bioekologicheskie usloviya cirkulatsii opistorchoza na vodochranilischakh Verkhneyi Volgi [Bioecological conditions of circulation of opisthorchosis infesting in manmade seas of the Volga river upstream] // *Evolutsiya parazitov (Materialy 1-go Vsesoyuznogo Simpoziuma).* Toliatti. Togliatti. P. 220–223. [In Russian].
- Fattakhov R.G. 2002. Zarazhennost' ryb lishinkamy vzbuditeli opistorchoza na territorii Rossii i nekotorykh sopredel'nykh stran (po materialam "Kadastra oshagov opistorchoza Rossii, 1994) [Fish infection with *Opisthorchis* larvae in Russia and some contiguous countries (by the materials of the "Cadaster of Opisthorchis infection foci in Russia in 1994")] // *Medicinskaya Parazitologiya.* № 1. P. 25–27. [In Russian].
- Fedorov K.P., Naumov V.A., Kuznetsova V.G., Belov G.F. 2002. Nekotorye real'nye problemy opistorchoza sheloveka [Some real problems of human opisthorchiasis] // *Medicinskaya Parazitologiya.* № 3. P. 7–9. [In Russian].
- Filimonova L.V. 1998. Taksonomicheskii obzor dvukh podsemystv (Metorchinae Luhe, 1909 i Pseudamphistominae Yamaguti, 1958) semeystva Opisthorchiidae Faust 1929 fauny Rossii [A taxonomic review of two subfamilies (Metorchinae Luhe, 1909 and Pseudamphistominae Yamaguti, 1958) of the family Opisthorchiidae Faust 1929 of the Russian fauna] // *Teoreticheskie i prikladnye problemy gel'mintologii.* Moscow: Nauka. P. 244–253. [In Russian].
- Ilyinskikh E.N., Novitsky V.V., Ilyinskikh N.N., Lepyokhin A.V. 2007. Invasii *Opisthorchis felinus* (Rivolta, 1884) i *Metorchis bilis* (Braun, 1890) u scheloveka v razlichnykh regionakh Ob'-Irtyskogo reshnogo basseina [*Opisthorchis felinus* (Rivolta, 1884) and *Metorchis bilis* (Braun, 1890) infection in population of some regions of the Ob' River basin] // *Parazitologiya.* Vol. 41. № 1. P. 55–64. [In Russian].
- Keiser J., Utzinger J. 2005. Emerging foodborne trematodiasis // *Emerg. Infect. Dis.* Vol. 11. P. 1507–1514.
- Krone O., Schuster R., 2002. The liver fluke *Metorchis bilis* – a new threat for the whitetailed sea eagle (*Haliaeetus albicilla*) in middle Europe? // *EAZWV 4th scientific meeting joint with the 5th meeting of the EWDA; Heidelberg, 2002.* P. 47–48.
- Kuznetsova V.G., Naumov V.A., Belov G.F. 2000. Methorchiasis in the residents of Novosibirsk area, Russia // *Cytobios.* Vol. 102. P. 33–34.

- Lim J.H., Mairiang E., Ahn G.H. 2008. Biliary parasitic diseases including clonorchiasis, opisthorchiasis and fascioliasis // *Abdom. Imaging*. Vol. 33. P. 157–165.
- Marcos L.A., Terashima A., Gotuzzo E. 2008. Update on hepatobiliary flukes: fascioliasis, opisthorchiasis and clonorchiasis // *Curr. Opin. Infect. Dis.* Vol. 21. P. 523–530.
- Molodozhnokova N.M. 2006. Zarazhennost' molluskov i ryb lischinoschnimi stadijami trematod semeistva Opisthorchiidae na territorii Yaroslavskoy oblasti [The infection of snails and fish by the larval stages of opisthorhids in the territory of the Yaroslavl region] // *Medicinskaya Parazitologiya*. № 4. P. 34–37. [In Russian].
- Mordvinov V.A., Yurlova N.I., Ogorodova L.M., Katokhin A.V. 2012. *Opisthorchis felinus* and *Metorchis bilis* are the main agents of liver fluke infection of humans in Russia // *Parasitology International*. Vol. 61. P. 25–31.
- Nikulin P.I., Romashov B.V. 2011. Gel'minty domashnich plotojadnykh Voronezhskoyi oblasti [Helminthes of domestic carnivores in Voronezh region] // *Rossiyskiy Parazitologicheskiy Zhurnal*. № 1. P. 32–39. [In Russian].
- Pluscheva G.L., Gerasimov I.V. 1991. Vliyanie gidrostroyitel'stva v basseine Volgi na situaciyu po opistorchozu i diphilobotriosu [The influence of hydroengineering in the Volga river basin of the opisthorchosis and diphilobothriosis abundance] // *Evoluciya parazitov (Materialy 1-go Vsesoyuznogo Simpoziuma)*. Toliatti. P. 216–220. [In Russian].
- Rajkovic-Janje R., Marinculic A., Bosnic S., Benic M., Vincovic B., Mihaljevic Z. 2002. Prevalence and seasonal distribution of helminth parasites in red foxes (*Vulpes vulpes*) from the Zagreb County (Croatia) // *Z. Jagdwiss.* Vol. 48. P. 151–160.
- Razmashkin D.A. 1978. O vidovoyi prinadlezhnosti metacerkariyi roda *Metorchis* (Trematoda, Opisthorchiidae) iz ryb Zapadnoyi Sibiry [Species affiliation of metacercaria of the genus *Metorchis* (Trematoda, Opisthorchiidae) from fishes in Western Siberia] // *Parazitologiya*. Vol. 12. № 1. P. 68–78. [In Russian].
- Romashov B.V., Romashov V.A., Semenov V.A., Filimonova L.V. 2005. Opistorchoz v basseine Verchnego Dona (Voronezhskaya oblast'): fauna opistorchid, ekologo-biologicheskie zakonomernosti cirkulacii i ochagovost' opistorchidozov [Opisthorchiasis in the Upper Don Basin (Voronezh Oblast): the liver fluke fauna, ecological and biological patterns of circulation and foci of Opisthorchiasis]. 1st ed. Voronezh: Voronezh State University. 201 p. [In Russian].
- Romashov B.V. 2015. Gel'minty reshnuch bobrov: *Castor fiber* and *Castor Canadensis* [Beaver helminthes: *Castor fiber* and *Castor Canadensis*]. Voronezh/ 214 p. [In Russian].
- Romashova E.N., Rogov M.V., Romashov B.V., Nikulin P.I. 2014. Gel'minty dikikh plotojadnykh Voronezhskoyi oblasti: ekologo-faunisticheskiy analiz [Helminths of wild carnivorous in Voronezh region: ecological-faunistic analysis] // *Rossiyskiy Parazitologicheskiy Zhurnal*. № 1. P. 23–33. [In Russian].
- Schuster R., Bonin J., Staubach C., Heidrich R. 1999. Liver fluke (Opisthorchiidae) findings in red foxes (*Vulpes vulpes*) in the eastern part of the Federal State Brandenburg, Germany – a contribution to the epidemiology of opisthorchiidosis // *Parasitol. Res.* Vol. 85. P. 142–146.
- Schuster R., Gregor B., Heidrich J., Nockler K., Kyule M., Wittstatt U., 2003. A seroepidemiological survey on the occurrence of opisthorchiid liver flukes in red foxes (*Vulpes vulpes*) in Berlin, Germany // *Parasitol. Res.* Vol. 90. P. 400–404.
- Segovia J. M., Torres J., Miquel J. 2002. The red fox, *Vulpes vulpes* L., as a potential reservoir of zoonotic flukes in the Iberian Peninsula // *Acta Parasitol.* Vol. 47. P. 163–166.
- Sherrard-Smith E., Cable J., Chadwick E. A. 2009. Distribution of Eurasian otter biliary parasites, *Pseudamphistomum truncatum* and *Metorchis albidus* (Family Opisthorchiidae), in England and Wales // *Parasitology*. Vol. 136. P. 1015–1022.
- Shimalov V.V., Shimalov V.T., Shimalov A.V. 2000. Helminth fauna of otter (*Lutra lutra* Linnaeus, 1758) in Belorussian Polesie // *Parasitol. Res.* Vol. 86. P. 528.
- Shimalov V.V., Shimalov V.T. 2001. Helminth fauna of the American mink (*Mustela vison* Schreber, 1777) from Belorussian Polesie // *Parasitol. Res.* Vol. 87. P. 886–887.
- Shimalov V.V., Shimalov V.T. 2002. Helminth fauna of the racoon dog (*Nyctereutes procyonoides* Gray, 1834) in Belorussian Polesie // *Parasitol. Res.* Vol. 88. P. 944–945.
- Shimalov V.V., Shimalov V.T. 2002a. Helminth fauna of the European polecat (*Mustela putorius* Linnaeus, 1758) in Belorussian Polesie // *Parasitol. Res.* Vol. 88. P. 259–260.
- Shimalov V.V., Shimalov V.T. 2003. Helminth fauna of the red fox (*Vulpes vulpes* L., 1758) in southern Belarus // *Parasitol. Res.* Vol. 89. P. 77–78.
- Shustov A.V., Kotelkin A.T., Sorokin A.V., Ternovoi V.A., Loktev V.B. 2002. The *Opisthorchis felinus* paramyosin: cDNA sequence and characterization of its recombinant fragment // *Parasitol. Res.* Vol. 88. P. 724–730.
- Sidorov E.G. 1983. Prirodnaya oshagovost' opistorchoza [Natural foci of opisthorchiasis]. 1st ed. Alma-Ata: Nauka Kaz. SSR. 238 p.
- Skrjabin K.I., Petrov A.M. 1950. Nadsemeistvo Opisthorchoidea Faust, 1929. Skrjabin K. I. Trematody zhivotnykh i sheloveka. Osnovy trematodologii [Superfamily Opisthorchoidea Faust, 1929. Trematodes of man and animals. Osnovy trematodologii]. Moscow: Nauka Vol. 4. P. 81–328. [In Russian].
- Vasilevskaja L. K. 1989. K voprosu isuscheniya opistorchosnoyi invasii v Char'kovskoyi oblasti [To the study of opisthorchosis invasion in the Kharkiv region] // *Gelmintologiya segodnya: problemy i perspektivy. Tezisy dokl. naushn. konferencii*. Moscow. Vol. 2. P. 65. [In Russian].
- Zavyalov N.A. 2007. Ecosystema maloyi reki v izmenjajushchisya uslovijach sredy [Succession changes in the small river ecosystem]. Moscow: KMK Scientific Press Ltd. P. 26–34. [In Russian].



## FOCUS OF “OPISTHORCHIASIS” IN YAROSLAVL PROVINCE

**A. E. Zhokhov, M. N. Pugacheva**

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences,  
Borok, Nekouzski raion, Yaroslavl oblast, 152742 Russia, e-mail: zhokhov@ibiw.ru*

The presence of metacercariae of the trematode *Metorchis bilis* in roach fry was recorded in two small rivers of Yaroslavl province, Russia. A total of 1587 roach fry were collected from 37 points of affluent zone, middle course and upstream of two small rivers. The metacercariae prevalence was 0–100% in upstream of Ild' river, and 100% in upstream of Sutka river. The intensity of infection ranges from 1 to 56 metacercariae per infected fish in Ild' river and from 1 to 157 metacercariae per infected fish in Sutka river. The metacercariae were experimentally fed to two golden hamsters, and adult flukes were recovered in their biliary system 14 days later. The adults were identified as *Metorchis bilis*. Since this is the first record of the parasite in the fish from Yaroslavl province, the description, biometrical data and figure are presented. The presence of this parasitosis in fish from the rivers near Rybinsk reservoir that is used for both commercial and recreational fisheries requires hygienic alerts in order to prevent accidental human infection.

*Keywords:* opisthorchiasis, *Metorchis bilis*, Rybinsk reservoir, small rivers

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЫБ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А. С. Фомина

Байкальский филиал ФГБНУ ВНИРО “БайкалНИРО”  
670034, г. Улан-Удэ, ул. Хахалова, 46; e-mail: anafoma@mail.ru

В работе проведено патоморфологическое исследование состояния печени и жабр *Perca fluviatilis* L. и *Rutilus rutilus lacustris* (Pallas) в заливах Братского водохранилища. Отбор материала проводили летом 2016 г. в заливах Ийской, Ангарской и Окинской частях водохранилища. Для оценки гистологических препаратов печени использовали методику анализа с присвоением каждой аномалии определенного коэффициента значимости. Обнаружено, что в наибольшей степени патоморфологические реакции печени проявляются у окуня и плотвы из заливов Сухой Лог, Индобь, Шумилово; в наименьшей – из заливов Худобка, озерная Баля и Атубь (Ийской части), что свидетельствует о различиях в качестве водной среды данных заливов. У большинства рыб в печени отмечались: жировая дистрофия гепатоцитов, реологические нарушения, деструкция печеночной паренхимы.

Гистологический анализ показал патологические изменения в жабрах у рыб всех заливов. В жаберном эпителии наблюдались гиперплазия, утолщение, слипание и разрушение жаберных ламелл. У рыб из заливов Индобь, Добчур и Сухой Лог поражения жабр были выражены в наибольшей степени.

**Ключевые слова:** Братское водохранилище, окунь, жабры, печень, гистопатология.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10017

### ВВЕДЕНИЕ

Патоморфологические реакции клеток и тканей являются достоверным критерием оценки степени воздействия фактора окружающей среды, который негативно влияет на живой организм. Нарушения ткане-клеточного уровня организации дают представления о биохимических отклонениях, протекающих в организме, и способствуют пониманию механизма воздействия патогенного фактора.

Поскольку токсиканты способны аккумулироваться в тканях гидробионтов, а также оказывать прямое и опосредованное влияние на их внутренние органы и ткани, показателем экологического благополучия водоема могут служить данные морфофункциональных преобразований клеток и тканей органов гидробионтов.

Иркутская область, в составе которой находится и Братский промышленный узел, входит в состав лидирующих промышленных центров Сибири. В области находятся предприятия нефтехимической, химической и целлюлозно-бумажной промышленности. Территория Иркутской области занимает первое место по уровню ртутной нагрузки в РФ. Так спуск ртутьсодержащих сточных вод АО Усольехимпрома привел к накоплению токсиканта в донных осадках Братского водохранилища и водных организмах. Братское водохранилище – крупнейший поверхностный водоем Братского промышленного узла, который является приемником всех сточных вод.

Братское водохранилище образовано перекрытием р. Ангары плотиной в 605 км ниже

г. Иркутска и расположено в бассейне верхней Ангары, в северно-западной части Иркутской области. Его наполнение продолжалось в течение шести лет (1961–1967 гг.). Площадь водохранилища составляет около 5470 км<sup>2</sup>, объем – 169.7 км<sup>3</sup>, уровень при НПУ – 401.65 м БС. Водохранилище имеет среднюю глубину 31.0 м, максимальную – 155 м [Гидрометеорологический режим озер..., 1978 (Gidrometeorologicheskij rezhim ozer..., 1978)]. Величина водообмена (отношение годового объема водной массы водоема к годовому стоку из него) для Братского водохранилища составляет 1.82. Уровненный режим характеризуется зимнее–весенней сработкой и летнее–осенним наполнением. Нестабильность уровня режима связана как с водностью года, так и с нуждами энергетики. Минимальный уровень воды наблюдается в апреле–мае, максимальный – в октябре–ноябре.

Братское водохранилище принадлежит к числу крупнейших долинных водохранилищ мира. Более половины притока (62–65%) водохранилища приходится на воды оз. Байкал. По особенностям гидрологического и гидробиологического режима в пределах Братского водохранилища выделяется три основных участка: Ийский, Ангарский и Окинский [Иванов, 1991 (Ivanov, 1991)].

Цель данной работы – проведение патоморфологических исследований органов рыб из разных заливов Братского водохранилища для получения информации об экологическом благополучии водоема.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор ихтиопатологических проб проводили в летне–осенний период 2016 г. на станциях, расположение которых определялось морфометрическими, гидробиологическими и экологическими особенностями водоема (рис. 1). Поскольку Братское водохранилище находится в зоне воздействия нескольких химических комбинатов, фоновые станции подбирались с учетом данных о микроэлементном и ионном составе вод, гидробионтов и донных отложений заливов, отраженных в общедоступной литературе [Леонова, Андрулайтис, 2006 (Leonova, Andrulaytis, 2006); Алиева и др., 2009 (Alieva et al., 2009)].

Работы осуществлялись с использованием моторной лодки ПВХ “Ямаран 330”. В каждом заливе отбор проб осуществляли на двух станциях, координаты которых определяли GPS-навигатором.

Сбор и обработка ихтиологических материалов проводились по общепринятым методикам, изложенным в руководстве И.Ф. Правдина [Правдин, 1966 (Pravdin, 1966)]. Для отлова рыб использовался стандартный набор ставных сетей с ячейей от 14 до 55 мм. Каждый улов сортировался по видам, производились просчеты и промеры всех видов отдельно для каждой ячейности. В качестве стандартной длины использовалась промысловая длина – до конца чешуйного покрова. Размерно-весовые параметры исследуемых популяций рыб приведены ниже и представлены по результатам архивных данных [Отчет о научно-исследовательской..., 2016 (Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote..., 2016)].

Для анализа патоморфологических реакций были отобраны преобладающие виды рыб в Братском водохранилище: плотва и окунь. При ихтиопатологическом исследовании не регистрировались экземпляры рыб с клиническими признаками бактериальных болезней и механического травмирования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ихтиофауна Братского водохранилища в исследуемых заливах представлена 9 видами рыб, а также гибридом плотва×лещ. Наиболее массовые для водоема виды – окунь и плотва. По данным исследований 2016 года [Отчет о научно-исследовательской..., 2016 (Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote..., 2016)], в заливах Ийской части были представлены преимущественно особи длиной 11–12 см; в заливах Окинской части преобладали особи с длиной тела 14–17 см; в Ангарской части преоб-

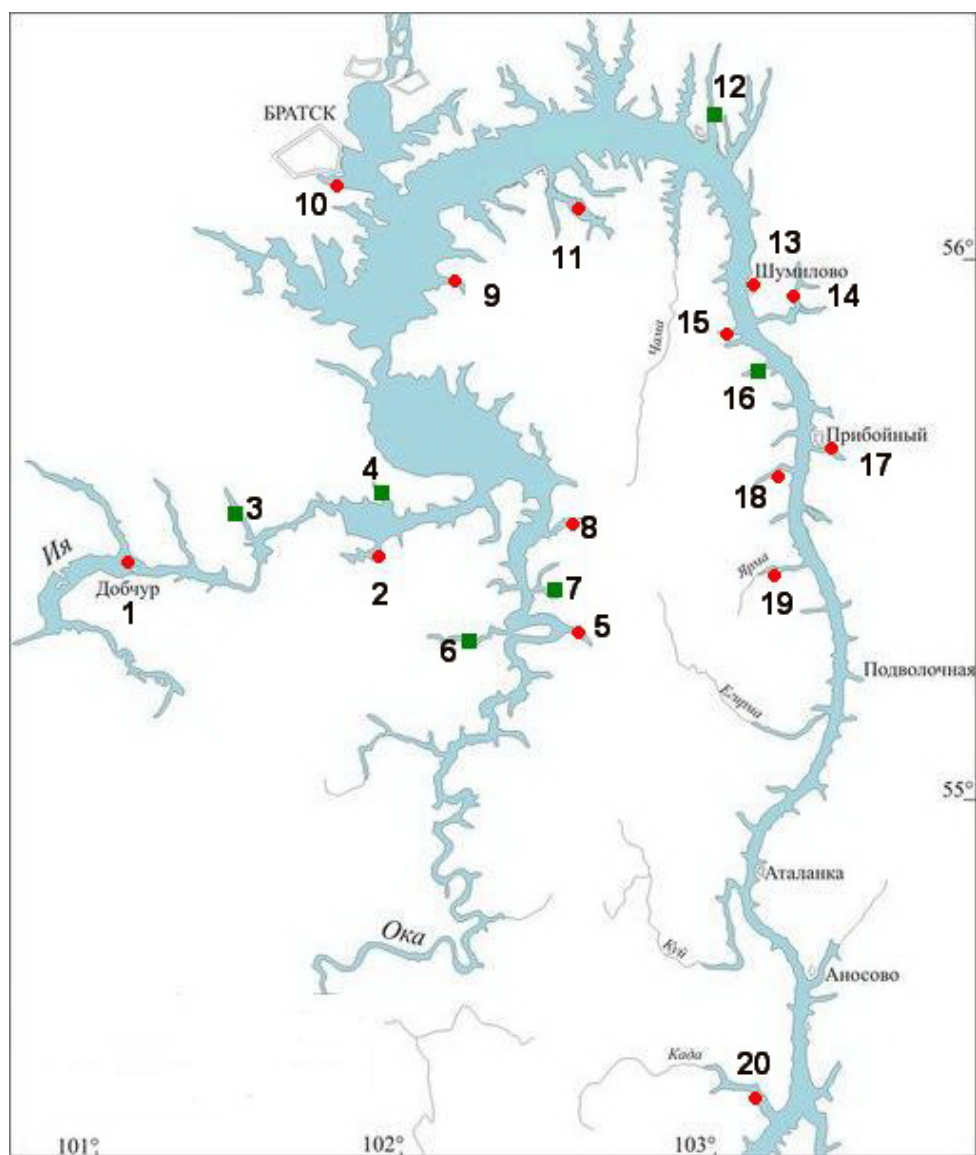
Объектом исследования послужили печень и жабры окуня и плотвы. Приготовление гистологических микропрепаратов осуществлялось в гистологической лаборатории Медицинского института Бурятского государственного университета (ст. преп., к.м.н. Иванова Ю.В., ст. преп., к.б.н. Фомина А.С.). Для изучения патогистологических изменений органы рыб были зафиксированы в 70%-ном этиловом спирте и подвергнуты гистологической обработке по общепринятым в патогистологии методам [Меркулов, 1969 (Merkulov, 1969)]. Органы после дегидратации помещали в парафин. Парафиновые блоки были разложены на срезы толщиной 4–6 мкм на микротоме марки “Accu-Cut SRM 200” и окрашены гематоксилином Эрлиха – эозином, трихром по Массону – для выявления компонентов соединительной ткани, берлиновым синим по Перлсу – для дифференцированного выявления пигментов (гемосидерина, липофусцина и меланина) печени. Минимальная выборка на каждый залив составляла 10 экз., максимальная – 25 экз. каждого вида. Изготавливалось минимум 5 микропрепаратов каждого среза.

В жабрах рыб определяли функциональное состояние дыхательного эпителия на верхушках ламелл, многослойного эпителия филламента и бокаловидных клеток, состояние сосудов микроциркуляторного русла.

В печени рыб дифференцировали клеточный состав в 100 полях зрения, исследовали состояние сосудов микроциркуляторного русла, общие реакции ткани.

Микрофотографии были выполнены при помощи микровизора μVizo-103 с применением автоматического встроенного синего светофильтра. Статистические данные обрабатывали с использованием пакета программы Statistica и Excel.

ладали особи с длиной тела 9–12 см. Минимальная масса тела в возрасте 1+ отмечалась у окуня в заливе Сухой Лог 8.6 г и в заливе Добчур 9.1 г. Средняя масса тела окуня самой младшей возрастной группы по всем заливам достигает 13–14 г. Максимальный вес окуня отмечается у особей залива Кежма-Наратайский в возрасте 12+ и 14+ и достигает в среднем для этих возрастных групп 566 г.



**Рис. 1.** Схема отбора проб в заливах Братского водохранилища в 2016 г. Ийская часть водохранилища: 1 – залив Добчур, 2 – залив Худобка, 3 – залив Кобь, 4 – залив Атубь; Окинская часть водохранилища: 5 – залив Аобь, 6 – залив Атубь, 7 – залив Тынкобь, 8 – залив Индобь; Ангарская часть: 9 – залив Ермаковка, 10 – залив Сухой Лог, 11 – залив Кежма-Наратайская, 12 – залив Кежма-Волоковая, 13 – залив Шумилово, 14 – Травкина Баля, 15 – залив озерная Баля, 16 – Большая Зерма, 17 – залив Средний Баян, 18 – залив Карахун, 19 – залив Ярма, 20 – залив Када. Примечание: Фоновые станции обозначены зелеными квадратными флажками.

**Fig. 1.** The sampling scheme in the bays of the Bratsk reservoir in 2016. The Iyskaya part of the reservoir: 1 – Dobchur Bay, 2 – Khudobka Bay, 3 – Kob Bay, 4 – Atubi Bay; Oka part of the reservoir: 5 – Aob Bay, 6 – Atub Bay, 7 – Tynkob Bay, 8 – Indob Bay; Angarsk part: 9 – Ermakovka Bay, 10 – Sukhoi Log Bay, 11 – Kezhma-Naratayskaya Bay, 12 – Kezhma-Volokovaya Bay, 13 – Shumilovo Bay, 14 – Travkina Balya, 15 – Lake Balya Bay, 16 – Bolshaya Zerma, 17 – Middle Bayan Bay, 18 – Karakhun Bay, 19 – Yarma Bay, 20 – Kada Bay. Note: Conditionally cleans stations are indicated by green square flags.

Плотва в контрольных уловах была представлена особями длиной 8–25 см. В заливах Ийской части водохранилища преобладали рыбы размерных классов 13 см и 15 см; в заливах Окинской части – 13 см; в Ангарской части – 10–12 см. Минимальная масса тела плотвы в возрасте 2+ достигает 21 г в заливах Озерная Баля и Ярма Ангарской части, при средней массе тела этой возрастной группы для всех заливов 34 г. Максимальный вес плотвы отмечается у особей в возрасте 10+ в

заливе Атубь (фоновая станция) Ийской части и составляет 285 г.

**Результаты патоморфологических исследований печени.** Печень исследуемых рыб располагается в нижней части брюшной полости. Ткань органа представлена паренхимой и стромой (кровеносные сосуды и соединительная ткань). Паренхима содержит многочисленные клетки: гепатоциты, макрофаги, эпителиальные, эндотелиальные, жиросодержащие клетки, выстилающие печеночные си-

нусоиды. Преобладающей популяцией клеток в печени являются группа клеток эпителиального происхождения – гепатоциты. На их долю приходится около 80% популяции клеток печени, они выполняют все основные функции печени и имеют неправильную (полигональную) форму.

Печень рыб фоновых станций отличалась относительной стабильностью структуры ткани: балочная структура печени сохранена, капиллярная сеть хорошо выражена, деформации ткани сосудов нет (рис. 2). Гепатоциты в печени расположены местами рыхло, большая часть цитоплазмы гепатоцитов активна, ядра крупные, с четкими очертаниями контуров, выявлены хроматиновые зерна. Междольковые желчные протоки у рыб выстланы эпителием призматической формы. Около сосудов малого и среднего диаметра идентифицируются небольшие по площади участки ткани, заполненные гепатоцитами с внутрицитоплазматическими и межклеточными вакуолями, редко в поле зрения отмечаются клетки с кариолизисом (рис. 3). Сосуды не расширены, наблюдается незначительное полнокровие малых и средних сосудов, кровоизлияний нет.

В заливах всех трех частей водохранилища картина ткани печени приобретает существенные изменения. Среди патологических проявлений морфологически наиболее часто проявляются дистрофии гепатоцитов (вакуолярная, зернистая и гидропическая), потеря целостности структуры ткани, нарушение реологических свойств крови, расстройства микро- и макроциркуляторного русла.

В печени рыб из заливов Травкина Баля, Озерная Баля, Большая Зерма, Средний Баян, Карахун, Кежма-Волоковая, Шумилово из патоморфологических признаков в наибольшей степени выражены незначительная зернистая дистрофия. Отличительная особенность клеток печени рыб из данных заливов на фоне в целом сохраненной структуры печени – наличие клеток с большей полиморфностью ядер. Так в паренхиме печени вокруг капилляров и сосу-

Патоморфологические реакции печени рыб

Pathomorphological reactions of the liver of fish

Морфологическая Реакция / Morphological reaction	Признаки реакции / Signs of reaction	Заливы, где отмечена указанная патология рыб, интенсивность проявления / Bays, where the indicated pathology of fish is noted, the intensity of manifestation
Слабо выраженная деструкция Mild destruction	Нерезкая деформация клеток (увеличение или уменьшение их в размерах при сохранении формы, ядер и четкости границ), увеличение расстояния между	Атубь Ийской части (0), Худобка (0), Шумилово (4), Большая Зерла (3), Травкина Баля (3), Кобь (2), Аобь (1), Атубь Окинской части (окунь 2,

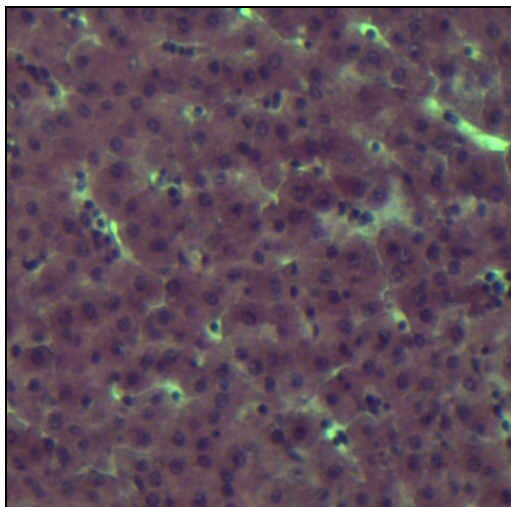
дов венозного русла клетки с элементами деструкции ядра (кариорексис, кариопикноз, кариолизис) встречаются наиболее часто (рис. 4).

Наибольшая степень структурных изменений отмечалась в печени рыб двух заливов – Индобь (Окинская часть водохранилища) и Сухой Лог (Ангарская часть водохранилища). Полная дезорганизация ткани печени сопровождалась разрастанием стромального компонента печени, отмечен стаз крупных и средних сосудов (рис. 5, 6).

Следует отметить, что выявленные морфофункциональные изменения печени отмечались как у плотвы, так и окуня, и не являлись видоспецифичными, но интенсивность проявления носила более выраженный характер в печени окуня. Изменения в печени плотвы выражались преимущественно нарушениями макро- и микроциркуляторного русла, проявлялись дистрофиями (главным образом жировая) на уровне отдельных клеток и групп клеток и редко носили массовый характер, как в печени окуня. В печени окуня морфофункциональные изменения отличались большим разнообразием, проявлялись цитологическими изменениями гепатоцитов (нарушения ядерного аппарата клетки, вакуолизация цитоплазмы и др.), взаимосвязанными нарушениями кровообращения и прилегающей ткани органа (стаз сосудов, очаги мелкого кровоизлияния вокруг крупных сосудов и отек перисинусоидального пространства) и дезорганизацией ткани органа (нарушение балочной системы, дистрофии и некроз ткани).

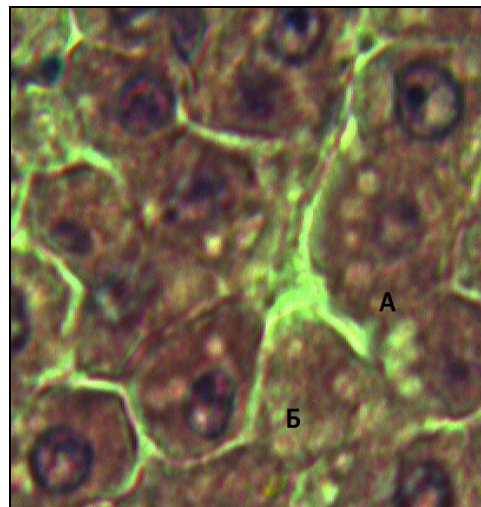
Обобщенные результаты вариантов морфофункциональных реакций ткани печени рыб на неблагоприятные условия среды обитания и интенсивность проявления того или иного признака показаны ниже в таблице. Для ранжирования интенсивности проявления (частоты) признака в препарате органа, внутри каждой группы введена шкала коэффициентов от 0 до 4. Наименьшее проявление того или иного признака отмечено коэффициентом 0, наибольшее – 4.

Умеренно выраженная деструкция, умеренное нарушение микро- и макроциркуляторного русла Moderately expressed destruction, moderate disturbance of the micro- and macrocirculatory bed	ними при сохранении балочного строения, неоднородность цитоплазмы (зернистость, вакуолизация), гипо- или гиперхромность при окраске гематоксилин-эозином.  Границы клеток сохранены или несколько сглажены, деформация клеток (угловатость, неровность контуров), деформация ядер, нарушение балочного строения, разрушение отдельных гепатоцитов с выпадением билирубина.	плотва 1); Тынкобь (2); Ермаковка (3), Кежма-Волоковая (1), Добчур (2)
Интенсивная деструкция органа и нарушение микро- и макроциркуляторного русла Intensive organ destruction and micro- and macrocirculatory disorders	Резко деформированные группы гепатоцитов с нарушением их контурности, нечеткость границ, разрушение ядер, беспорядочное расположение печеночных клеток. Разрушение портальных трактов. Большое количество билирубина из разрушенных гепатоцитов.	Добчур (3), Кежма-Наратайская (2), Ярма (2); Травкина Баля (2), озерная Баля (1), Большая Зерма (1), Средний Баян (2), Карахун (2), Кежма-Волоковая (2), Шумилово (3).
Субтотальный некроз Subtotal necrosis	Ткань представлена бесструктурными массами. Сохраненные очаги ткани подвержены сильной дистрофии.	Индобь (3), Сухой Лог (4), Ярма (2), Ермаковка (3), Средний Баян (2), Када (3).  Сухой Лог (3)



**Рис. 2.** Ткань печени окуня из залива Атубь. Окраска гематоксилин-эозин, ув. 10×40.

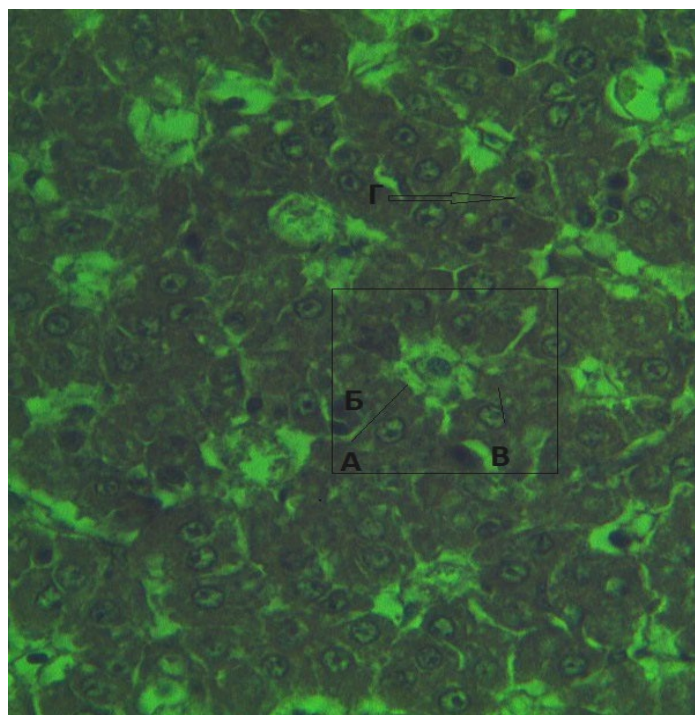
**Fig. 2.** Tissue of perch liver from Atub Bay. Coloring hematoxylin-eosin, 10×40.



**Рис.3.** Участок паренхимы с измененными клетками печени окуня из залива Атубь (фоновый участок): А – клетка с многочисленными вакуолями, Б – кариолизис (растворение ядра клетки). Окраска гематоксилин-эозин, ув. 10×100 раз, масляная иммерсия.

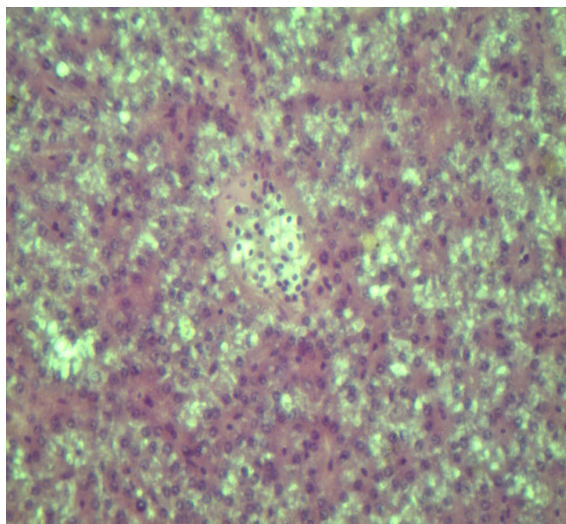
**Fig. 3.** Part of the parenchyma with altered cells of the liver of perch from Atub Bay (conditionally clean area): A – cell with numerous vacuoles, Б – karyolysis (dissolution of the cell nucleus). Coloring hematoxylin-eosin, 10×100, oil immersion.





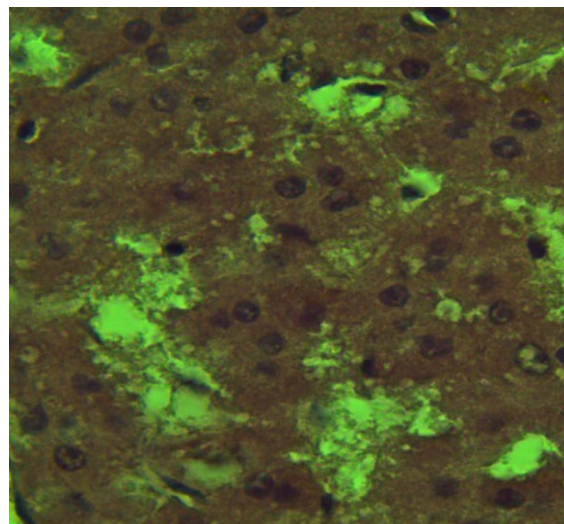
**Рис. 4.** Печень окуня из залива Травкина Балья. Отмечается структурная дезорганизация ткани с ядерно-клеточной гипертрофией, расширением пространства между клетками в печеночных балках, А – расширение перисинусоидального пространства; Б – кариорексис ядер клеток; В, Г – зернистая дистрофия гепатоцита (увеличение размеров клетки, смещение ядра в сторону при относительно четких контурах ядерной оболочки, зернистая и осветленная цитоплазма клетки). Окраска гематоксилин-эозин, ув. 10×63.

**Fig. 4.** Liver of perch from the Bay of Travkina Balya. There is a structural disorganization of tissue with nuclear-cell hypertrophy, expansion of the space between cells in the hepatic beams, А – expansion of the perisinusoidal space; Б – karyorexis of cells nuclei; В, Г – granular dystrophy of the hepatocyte (increase in cell size, displacement of the nucleus to the side with relatively clear contours of the nuclear membrane, granular and clarified cytoplasm of the cell). Coloring hematoxylin-eosin, 10×63.



**Рис. 5.** Разрастание стромы печени, жировая, вакуольная дистрофия гепатоцитов и ста магистральных сосудов печени плотвы из залива Индобь. Окраска гематоксилин-эозин, ув. 10×40.

**Fig. 5.** The growth of the stroma of the liver, fatty, vacuole dystrophy of hepatocytes and one hundred trunk vessels of roach liver from Indob Bay. Coloring hematoxylin-eosin, 10×40



**Рис. 6.** Дезорганизация балочной структуры печени окуня из залива Сухой Лог. Окраска гематоксилин-эозин, ув. 10×40.

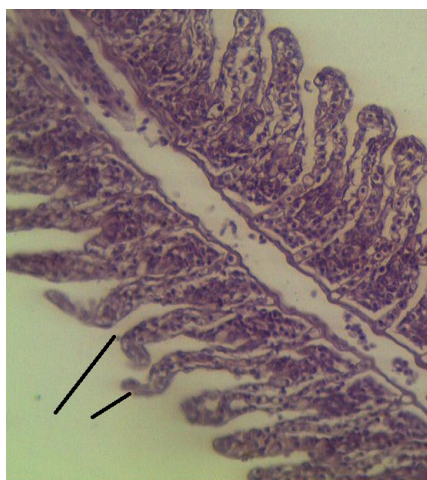
**Fig. 6.** Disorganization of the beam structure of the perch liver from Sukhoi Log Bay. Coloring hematoxylin-eosin, 10×40.

**Результаты патоморфологических исследований жабр.** Поверхность тычинок, дуг и лепестков жабр в участках, свободных от лепесточков, покрыта многослойным эпителием эпидермального типа, содержащим многочисленные слизистые клетки. Между складками у их основания, располагаются единичные клетки осморегуляции. Респираторные складки снаружи выстланы однослойным плоским (респираторным) эпителием, а внутри имеют капилляры.

При исследовании жабр рыб обнаружено утолщение респираторного эпителия у рыб во всех заливах Братского водохранилища за счет набухания и пролиферации эпителия. Искривление ламелл при сочетании с гиперплазией эпителия отмечалась даже у рыб фоновых станций – Атубь в Ийской части, Тынкобь в

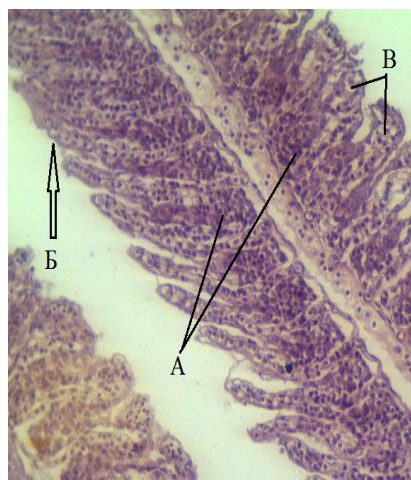
Окинской части (рис. 7). Данные изменения эпителия затрудняют диффузию кислорода в кровь и приводят к гипоксии. Утолщение и слияние ламелл характерно для жабр окуня из заливов Добчур, Сухой Лог (рис. 8).

У рыб из заливов Индобь, Добчур и Сухой Лог поражения жабр были выражены в наибольшей степени. Было обнаружено, что, наряду с репаративной регенерацией жаберного эпителия, отмечались дезинтеграция клеток респираторного эпителия на верхушках ламелл и их некроз. Реже соседние или расположенные напротив эпителиальные слои клеток сливались между собой, образуя длинные ленты из разросшегося дыхательного эпителия. При этом в основании лепестков была обнаружена десквамация эпителия (рис. 9).



**Рис. 7.** Жабры окуня из залива Атубь. Окраска гематоксилин-эозином; ув. 10×40. Показано искривление ламелл.

**Fig. 7.** Gills of perch from Atub Bay. Hematoxylin-eosin stain; 10×40. Lamellae curvature shown.



**Рис. 8.** Жабры окуня из залива Сухой Лог. Окраска гематоксилин-эозином; ув. 10×40. А – гиперплазия вставочного эпителия; Б – слияние ламелл; В – вакуольная дегенерация эпителия.

**Fig. 8.** Gills of perch from Sukhoi Log Bay. Hematoxylin-eosin stain; 10×40. A – hyperplasia of the inserted epithelium; Б – fusion of lamellae; В – vacuum degeneration of the epithelium.



**Рис. 9.** Жабры окуня из залива Сухой Лог. Окраска гематоксилин-эозином; ув. 10×40. Участки поднятия и слияния ламелл эпителия показаны стрелками.

**Fig. 9.** Gills of perch from Sukhoi Log Bay. Hematoxylin-eosin stain; 10×40. The sites of elevation and fusion of the lamellar epithelium are shown by arrows.

Таким образом, проведенные патоморфологические исследования печени показали, что в Ийской части Братского водохранилища степень проявления патоморфологических реакций возрастает в ряду заливов: Атубь, Худобка – Кобь – Добчур; в Окинской части: Аобь, Атубь – Тынкобь, – Индобь; в Ангарской части: озерная Баля, Большая Зерма – Средний Баян, Травкина Баля, Кежда-Наратайская, Кежда-Волоковая, Карахун, Ярма – Када, Ермаковка, Шумилово – Сухой Лог.

Выраженные патологические изменения печени рыб заливов Добчур и Шумилово Братского водохранилища видимо, объясняются переносом вод в эти заливы из крупных водотоков реки Ия и Ангара. В заливы осуществляется сброс сточных вод от близлежащих одноименных населенных пунктов. Кроме того, в залив близ деревни Шумилово поступают воды, в которых идет вынос через залив Прибойный вод с превышением концентрации ртути (техногенного и природного характера) [Ко-



валь и др., 2003 (Koval et al., 2003)]. Донные отложения этой части водохранилища (центральная зона) по степени изменения геологической среды по геохимическим критериям (превышение фона по содержанию ртути в 5–10 раз) характеризуются как сильноизмененные [Леонова, Андрулайтис, 2006 (Leonova, Andrulaytis, 2006)].

Сравнительный анализ данных патоморфологических исследований трех частей Братского водохранилища показал, что реакции печени рыб из заливов Ангарской части водохранилища носят характер хронических поражений и представлены в органе разнообразнее. Патоморфологические реакции печени рыб из залива Сухой Лог имели так же сравнительно более выраженный характер, у части особей окуня идентифицировался субтотальный некроз ткани. По данным геохимических исследований, акватория залива Сухой Лог принадлежит зоне Долоновского расширения (район г. Братска, вход в Окинское расширение, приплотинная часть г. Братска), где формируется особая зона с замедленным водообменом и стабильно регистрируются высокие концентрации Hg, Pb, Cd, Zn, Cu [Алиева, 2007 (Alieva, 2007)]. На этих участках в придонном слое воды содержание элементов всегда выше, чем в поверхностном. В связи с переходом на озерный режим, с заиливанием и другими процессами, здесь происходит осаждение микроэлементов на дисперсном и тонкодисперсном терригенном материале [Алиева, 2007 (Alieva, 2007)]. В эту же часть водохранилища идет вынос вод р. Ока, на гидрохимический состав и фауну которой существенное влияние оказывает деятельность химкомбината ОАО “Саянскхимпром” (г. Саянск).

Схожие обнаруженным дегенеративные изменения жаберных лепестков (ламелл), некротические процессы и поражения жаберного эпителия (гиперплазия клеток) описаны у рыб при воздействии загрязнителей различной природы, таких как нитрат свинца [Parashar, Banerjee, 2002], нефтяное загрязнение [Simonato et al., 2008; Lukin et al., 2011], при совместном воздействии цинка, меди и фенола в водах с превышением ПДК для этих веществ [Минеев, 2017 (Mineev, 2017)]. Ряд авторов [Ложниченко, 1997 (Lozhnichenko, 1997); Лукин, Шарова, 2004 (Lukin, Sharova, 2004)] рассматривает явление гиперплазии в эпителии жабр как явление неспецифической адаптивной реакции на тканевом уровне, гипертрофия эпителия направлена на компенсацию функций поврежденного эпителия. В то же время наблюдались обратные этому процессы деск-

вамации и дезинтеграции ткани жабр рыб, что свидетельствует о необратимости патологического процесса и довольно длительном токсическом воздействии (залив Сухой Лог, Шумилово, Индобь).

Для Братского водохранилища результаты патоморфологических исследований органов гидробионтов были получены впервые. Обнаруженные патологии в гистологическом строении печени и жабр окуня и плотвы являются индикаторами ухудшения качества водной среды для гидробионтов. Поскольку идентифицированные патоморфологические реакции исследуемых органов не носили специфический характер, при оценке качества водной среды и популяций гидробионтов Братского водохранилища их рассматривали комплексно и учитывали частоту их встречаемости, а также последствия их проявления для системы органа в целом. Полученные результаты исследований показали, что по частоте встречаемости основные патологические изменения в печени и жабрах рыб выявлялись в заливах Ангарской части Братского водохранилища (Ярма, Средний Баян, Када). Интенсивность и степень вовлеченности клеток в патологический процесс паренхимы печени и эпителия жабр в наибольшей степени демонстрировались у окуня и плотвы из заливов Добчур, Индобь, Шумилово и Сухой Лог.

Таким образом, в условиях действия загрязняющих веществ Братского водохранилища в эпителии жабр исследуемых видов рыб развиваются адаптивные реакции, препятствующие гибели рыб. Системность ответов организма на интоксикацию на тканевом уровне проявляется первоначальным усилением дифференцировки клеток (в жабрах), реологическими нарушениями (в печени) (рыбы из заливов Кежма-Волоковая, Большая Зерма, озерная Баля и др.). При дальнейшем ухудшении качества водной среды патоморфологические реакции эпителиальной ткани жабр связаны с потерей структур клеток и тканевых пластов, что сопровождается нарушением работы межклеточных контактов, а морфологически проявляется отеками ткани и десквамацией эпителиев, сглаживанием апикальной поверхности эпителиального пласта. В печени происходят нарушения, выражающиеся дистрофическими явлениями разного уровня и нарушением структур ядерного аппарата (рыбы из заливов Средний Баян, Карахун, Травкина Баля и др.). Крайним проявлением является частичная и полная потеря функции органом, поскольку при невозможности компенсации происходят необратимые изменения. Последний вариант

патоморфологических изменений отмечен в печени рыб залива Сухой Лог.

Сложный характер и многообразие источников промышленного загрязнения вод Братского водохранилища дополняется факторами природного происхождения, о чем говорят результаты геохимических исследований [Алиева, 2007 (Alieva, 2007)]. Учитывая наибольший токсический эффект в заливах Ин-

добь, Шумилово и Сухой Лог, следует осуществлять строгий контроль антропогенной нагрузки всех субъектов хозяйственной деятельности на территории данных водных объектов. Учитывая экономическую и социальную значимость Братского водохранилища, важно осуществлять многолетние и комплексные исследования данного водоема.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, относительно высокий общий уровень патологии клеток и разнообразие форм патологических изменений печени и жабр рыб Братского водохранилища указывают на наличие постоянного стрессорного воздействия комплекса факторов среды на организм рыб. Специфика повреждений рассматриваемых органов свидетельствует о наличии

как компенсаторных и защитных изменений ткани, так и хроническом характере поражения тканей с преобладанием деструктивных явлений в ней и полной потери структуры и функции органа. На сегодняшний день в заливах Ангарской части складываются наиболее неблагоприятные условия для гидробионтов Братского водохранилища.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алиева В.И. Техногенные потоки рассеяния в воде Братского водохранилища // Современные проблемы геохимии: Материалы науч. конф., посвящ. 50-летию Института геохимии им. А.П. Виноградова и 50-летию Сибирского отд. Рос. Акад. Наук. Иркутск: Изд-во ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2007. С. 81–83.
- Алиева В.И., Ломоносов И.С., Гребенщикова В.И. Динамика поступления техногенных микроэлементов в воды Братского водохранилища // Геоэкология, инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2009. № 3. С. 241–247.
- Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Братское водохранилище. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 166 с.
- Иванов И.Н. Гидроэнергетика Ангары и природная среда. Новосибирск: Наука, 1991. 129 с.
- Коваль П.В. и др. Антропогенная компонента и баланс ртути в экосистеме Братского водохранилища // Докл. РАН. 2003. Т. 388. № 2. С. 225–227.
- Леонова Г.А., Андрулайтис Л.Д. Ртуть в экосистеме Братского водохранилища // Экология промышленного производства. Издательство: Научно-технический центр оборонного комплекса “Компас”. Москва. 2006. № 1. С. 12–17.
- Ложниченко О.В. Влияние антропогенного загрязнения волжской воды на состояние эпителия жабр личинок и мальков растительноядных рыб // Экологические проблемы и их междисциплинарное исследование: Материалы обл. науч. конф. студ. и молод. уч. Астрахань: Изд-во Астрахан. Гос. тех. ун-та. 1997. С. 78–79.
- Лукин А.А., Шарова Ю.Н. Оценка качества вод на основе гистологических исследований // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. № 4. С. 481–486.
- Меркулов Г.А. Курс патогистологической техники. Л.: Медицина. 1969. 343 с.
- Минеев А.К. Гистопатологии жабр у карповых рыб из загрязненного участка р. Позимь (Удмуртская Республика) // Труды ВНИРО. 2017. Том 167. С. 52–58.
- Отчет о научно-исследовательской работе “Оценка состояния экосистем заливов Братского водохранилища подверженных воздействию лесосплавных работ филиала ОАО “Группа Илим”. 2016. Фонды Байкальского филиала ФГБНУ “Госрыбцентр”. 160 с.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
- Lukin A., Sharova J., Belicheva L., Camus L. Assessment of fish health status in the Pechora river: effects of contamination // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2011. Vol. 74, iss. 3. P. 335–365.
- Parashar R.S., Banerjee T.K. Toxic impact of lethal concentration of lead nitrate on the gills of air-breathing catfish *Heteropneustes fossilis* (Bloch) // Ver. Arh. 2002. Vol. 72. № 3. P. 167–183.
- Simonato J.D., Guedes C.L.B., Martinez C.D.R. Biochemical, physiological and histological changes in the neotropical fish *Prochilodus lineatus* exposed to diesel oil // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2008. Vol. 69, iss. 1. P. 112–120.

## REFERENCES

- Alieva V.I. 2007. Tehnogennyye potoki rasseyaniya v vode Bratskogo vodohranilischa // Sovremennyye problemyi geo-himii: Materialyi nauch. konf., posvyasch. 50-letiyu Instituta geohimii im. A.P. Vinogradova i 50-letiyu Sibirskogo otd. Ros. Akad. Nauk. Irkutsk: Izd-vo in-ta geografii im. V.B. Sochavyi SO RAN. S. 81–83.
- Alieva V.I., Lomonosov I.S., Grebenshchikova V.I. 2009. Dinamika postupleniya tehnogennyih mikroelementov v vodyi Bratskogo vodohranilischa // Geoekologiya, inzhenernaya geologiya. Hidrogeologiya. Geokriologiya. № 3. S. 241–247.

- Gidrometeorologicheskiy rezhim ozer i vodohranilish SSSR. Bratskoe vodohranilische. 1978. L.: Gidrometeoizdat, 166 s.
- Ivanov I.N. 1991. Gidroenergetika Angary i prirodnaya sreda. Novosibirsk: Nauka. 129 s.
- Koval P.V. i dr. 2003. Antropogennaya komponenta i balans rtuti v ekosisteme Bratskogo vodohranilish // Dokl. RAN. T. 388. № 2. S. 225–227.
- Leonova G.A., Andruyaytis L.D. 2006. Rtut v ekosisteme Bratskogo vodohranilisha // Ekologiya promyshlennogo proizvodstva. Izdatelstvo: Nauchno-tehnicheskiy tsentr oboronnoy kompleksa “Kompas”. Moskva. № 1. S. 12–17.
- Lozhnichenko O.V. 1997. Vliyaniye antropogennogo zagryazneniya volzhskoy vody na sostoyaniye epiteliya zhabr lichinok i malkov rastitelnoyadnykh ryb // Ekologicheskie problemy i ih mezhdistitsiplinarnoye issledovaniye: Materialy obl. nauch. konf. stud. i molod. uch. Astrahan: Izd-vo Astrahan. Gos. teh. un-ta. S. 78–79.
- Lukin A., Sharova J., Belicheva L., Camus L. 2011. Assessment of fish health status in the Pechora river: effects of contamination // Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 74, iss. 3. P. 335–365.
- Lukin A.A., Sharova Yu.N. 2004. Otsenka kachestva vod na osnove gistologicheskikh issledovaniy // Vodnyye resursy. T. 31. № 4. S. 481–486.
- Merkulov G.A. 1969. Kurs patogistologicheskoy tekhniki. L.: Meditsina. 343 s.
- Mineev A.K. 2017. Gistopatologii zhabr u karpovykh ryb iz zagryaznennogo uchastka r. Pozim (Udmurtskaya Respublika) // Trudy VNIRO. Tom 167. S. 52–58.
- Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote “Otsenka sostoyaniya ekosistem zalivov Bratskogo vodohranilisha podverzhennykh vozdeystviyu lesosplavnykh rabot filiala OAO “Gruppa Ilim”. 2016. Fondy Baykalskogo filiala FGBNU “Gosryibttsentr”. 160 s.
- Parashar R.S., Banerjee T.K. 2002. Toxic impact of lethal concentration of lead nitrate on the gills of air-breathing catfish *Heteropneustes fossilis* (Bloch) // Ver. Arh. Vol. 72. № 3. P. 167–183.
- Pravdin I.F. 1966. Rukovodstvo po izucheniyu ryb. M.: Pischevaya promyshlennost. 376 s.
- Simonato J.D., Guedes C.L.B., Martinez C.D.R. 2008. Biochemical, physiological and histological changes in the neotropical fish *Prochilodus lineatus* exposed to diesel oil // Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 69, iss. 1. P. 112–120.

## HISTOPATNOTOLOGICAL STUDIES OF FISH FROM BRATSK RESERVOIR

A. S. Fomina

*Baikal branch of the FSBSI “VNIRO” (“BaikalNIRO”)*

*Hahalova St., 4b, Ulan-Ude, Respublika Buryatiya, 670034 Russia, e-mail: anafoma@mail.ru*

The histopathological state of the perch *Perca fluviatilis* and Rutilus rutilus lacustris in the bays of the Bratsk reservoir. The collection of ichthyological material was held in the summer of 2016 in three parts of the reservoir, called the names of the Angara, Oka and Oia rivers. The technique of semi-quantitative analysis by assigning a significance factor to each specific abnormality was used to evaluate the histological preparations of the liver. It was found that the most pathological changes in the liver are manifested in perch and roach from the bays Sukhoi Log, Indob', Shumilovo; in the smallest – from the Khudobka, Ozernaya Balya and Atub (Gulf of Iy) bays, which indicate differences in the quality of the aquatic environment of these bays. Fatty degeneration of hepatocytes, rheological disorders, and destruction of the hepatic parenchyma in the liver were often noted in the fish.

Histological analysis revealed pathological changes in the gills in fish of all bays. Hyperplasia of gill epithelium, thickening, adhesion and destruction of gill plates were observed in gill. The most severe gill lesion was observed in fish from the bays Indob', Dobchur i Sukhoy Log.

*Keywords:* Bratsk reservoir, perch, gills, liver, histopathology

## УПИТАННОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ HYBRYD *CLARIAS* sp., ВЫРАЩЕННЫХ В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ

Д. А. Гульдина<sup>1</sup>, Е. А. Флёрова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова,  
150003 г. Ярославль, ул. Советская, 14

<sup>2</sup>Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства,  
150517, Ярославская область, п. Михайловский, ул. Ленина, 1  
e-mail: butka91@mail.ru

Упитанность сомов Hybryd *Clarias* sp. выращенных в садковых хозяйствах реки Кай варьирует от 0.14 до 1.76 при среднем значении  $1.12 \pm 0.02$ . Скелетные мышцы содержат воды  $70.17 \pm 0.27\%$ , сухого вещества  $30.10 \pm 0.40\%$ , белка  $22.63 \pm 0.57\%$ , жира  $2.90 \pm 0.60\%$ , золы  $1.70 \pm 0.03\%$ , БЭВ  $2.87 \pm 0.72\%$ . Показано, что мышечная ткань особей Hybryd *Clarias* sp. содержит большее количество воды, жира и минеральных веществ и меньшее количество сухого вещества и белка по сравнению с популяциями *Clarias batrachus*. Выдвинуто предположение, что хозяйственные условия выращивания (нарушение технологии кормления и содержания) Hybryd *Clarias* sp. в садковых хозяйствах Южного Вьетнама негативно влияют на массу и упитанность особей, а также химический состав скелетных мышц.

**Ключевые слова:** река Кай, Hybryd *Clarias* sp., скелетные мышцы, вода, сухое вещество, белок, жир, зола, БЭВ.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10018

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, одной из важнейших задач в рыбоводстве является рациональная эксплуатация и расширенное воспроизводство биологических ресурсов. Это связано с постоянно возрастающим спросом на рыбную продукцию, так как она часто является самым дешевым источником животного белка, в особенности для стран Азии [Edwards et al., 2004]. Решение этой задачи невозможно без перехода от промысла к рациональному рыбному хозяйству. Поэтому в настоящее время широко развивается аквакультура, где разведение или выращивание гидробионтов, осуществляется под полным или частичным контролем человека, с целью получения товарной продукции, сохранения и пополнения запасов гидробионтов. В связи с этим возникает необходимость в использовании особей с наилучшими продуктивными свойствами. Такие показатели, как количество жира, белка, углеводов и минеральных веществ в мышечной ткани рыб характеризуют, с одной стороны, нормальное физиологическое состояние стада (подготовленность к миграциям, нересту, зимовке), а с другой определяют пищевую и питательную ценность рыбы и полученных из неё продуктов питания. Накопление этих веществ напрямую зависит от питания и условий выращивания рыбы [Steven, Helfrich, 2002].

Одним из частных случаев решения задачи по получению особей с наилучшими продуктивными показателями является Hybryd *Clarias* sp., который представляет собой скрещенную форму двух африканских сомов: *Clarias gariepinus* и *Clarias macrocephalus* или

*Clarias gariepinus* и *Clarias batrachus* [Senanan, RKaruscinski, 2004; Giri et al., 2003]. Это связано с тем, что розоватое мясо клариевых обладает ценными органолептическими свойствами, нежной консистенцией, характеризуется отсутствием межмышечных костей и чешуи [Иванова, 2016 (Ivanova, 2016)]. Кроме того сомы семейства *Clarias* при искусственном разведении теряют сезонную периодичность размножения и способны размножаться круглый год, что позволяет постоянно получать рыбную продукцию [Ольшанский, 2014 (Ol'shanskij, 2014)].

В условиях Южного Вьетнама, где сейчас широко стала развиваться аквакультура, данный гибрид интенсивно выращивается в садковых хозяйствах расположенных на реке Кай, так и в результате разрушения садков гибриды входят в реку и могут конкурировать с дикими сомами, нарушая генетическую структуру естественных популяций.

Большинство рыбоводных хозяйств в качестве корма используют рыбу и рыбную муку, и только предприятия, имеющие достаточный запас финансовых ресурсов, закупают импортные сбалансированные корма. В рыбных хозяйствах Вьетнама отсутствуют рациона питания, что может приводить к неполноценному получению всех необходимых веществ, вследствие чего могут ухудшаться вкусовые качества и пищевая ценность мяса рыбы [Edwards et al., 2004].

Цель работы – изучить показатели роста и химический состав мышечной ткани *Hybrid*

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования были отобраны 88 особей *Hybrid Clarias* sp. Экземпляры приобретались на рынках провинции Кханьхоа у фермеров садковых хозяйств, расположенных на нижнем течении реки Кай. Река Кай является наиболее значимой для провинции Кханьхоа, она имеет большое хозяйственное значение для местного населения, она – основной источник водоснабжения г. Нячанг. Протяженность реки Кай около 80 км, площадь водосборного бассейна составляет, по разным оценкам от 1450 до 1900 км<sup>2</sup>. Река берет начало в горах Гиа Ле и впадает в залив Нячанг Южно-Китайского моря. На верхнем течении ширина реки достигает 3 м., этот участок характеризуется быстрым течением, средняя температура воды 26.5°C, pH = 6.7–7.3. На нижнем течении ширина реки достигает 400 м, течение слабое, средняя температура воды достигает 31.2°C, pH = 6.8–7.1. В нижнем течении построена дамба, препятствующая поступлению морских вод вверх по течению, в результате чего образуется эстуарий длиной 8 км, в котором соленость воды меняется в течение года [Лобус, 2011 (Lobus, 2011)].

В садковых хозяйствах средняя температура воды достигает 32.2°C, pH = 7.8–8.1. Кормят рыбу, в основном, комбикормом и сорной рыбой, также в рационах присутствует рыбная мука или молотый рис [Мирошниченко, Флёрва, 2016 (Miroshnichenko, Flerova, 2016)].

Для исследования химического состава мышечной ткани *Hybrid Clarias* sp. были отобраны пробы от 88 экземпляров. В условиях Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра измерили длину и массу рыб, после че-

*Clarias* sp., обитающих в условиях садковых хозяйств реки Кай.

го у каждого экземпляра отбиралась проба мышечной ткани и определялась первоначальная влага навески. После высушивания все пробы упаковывались в пакеты с указанием даты сбора, массы и длины и доставили в отдел технологий животноводства Ярославского НИИЖК – ФНЦ “ВИК им. В.Р. Вильямса”, где в определяли количество воды и сухого вещества, жира, белка, минеральных и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ).

Коэффициент упитанности по Фультону рассчитывался по формуле:

$$k = * \times 100 / l^3,$$

где:  $k$  – коэффициент упитанности;  $w$  – масса рыбы (г);  $l$  – длина тела рыбы (см).

Количество воды и сухого вещества выявляли двухступенчатым методом. Пробу измельчали и высушивали при температуре 105°C до достижения постоянной массы навески. Расчетным путем определяли количество общей воды и сухого вещества. Для определения белка использовали метод Кьельдаля. Количество жира в мышечной ткани определяли по методу обезжиренного остатка в аппарате Сокслета, в которой экстрагирование проводили петролейным эфиром. Содержание минеральных веществ определяли, используя гравиметрический метод сжигания навески в муфельной печи при температуре 550°C до белого цвета золы. Безазотистые экстрактивные вещества рассчитывали по формуле:  $100 - \sum \text{вода, Б, Ж, З}$  [Флёрва, 2014 (Flerova, 2014)]. Все показатели обмена веществ выражали в процентах.

Данные статистической обработки были получены с помощью программы Excel 2007 и представлены в таблицах в виде средних значений и их ошибок ( $M \pm m$ ).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Упитанность рыб – это важный показатель в исследованиях, посвященных изучению накопления конечных продуктов обмена веществ в мышечной ткани рыб, в зависимости от различных факторов окружающей среды. Использование коэффициентов упитанности позволяет судить о степени истощения рыбы. Результаты проведенного исследования показали, что упитанность сомов вида *Hybrid Clarias* sp. варьирует от 0.14 до 1.76 и в среднем равна  $1.12 \pm 0.02$ , при средней длине  $28.38 \pm 12.23$  см. и массе  $280.52 \pm 0.40$  г. Сравнивая показатели упитанности *Hybrid Clarias* sp. с особями *Clarias batrachus*

( $1.14 \pm 0.02$ ) из садковых хозяйств Южного Вьетнама, а также особями, выросшими в естественных условиях ( $1.38 \pm 0.07$ ), выявлено, что средние значения коэффициентов упитанности по Фультону сравниваемых видов, выращенных в условиях аквакультуры оказались наиболее близки, наиболее упитанными оказались представители дикой популяции *Clarias batrachus*, обитающей в реке Кай [Мирошниченко, Флёрва, 2016 (Miroshnichenko, Flerova, 2016)]. Многие авторы, кроме межвидовых особенностей, указывают на ряд факторов, которые способствуют замедлению темпов роста гидробионтов, в их число входит:

несбалансированность кормов по основным питательным веществам, недостаток макро-нутриентов на килограмм живого веса, нарушение кратности кормления, температурного режима и гидрохимических показателей воды, плотности посадки. Длительное влияние перечисленных факторов приводит не только к замедлению роста и развития гидробионтов за счет снижения аппетита, но и увеличению смертности товарной рыбы в садках [Щербина, Гамыгин, 2006 (Shherbina, Gamygin, 2006); Лобус, 2012 (Lobus, 2012)]. К сожалению, отсутствуют данные о рационах кормления *Hybrid Clarias* sp., выращенных в садковых хозяйствах, но в целом ряд авторов указывает на отсутствие в большинстве хозяйств Южного Вьетнама регламентированных норм и рационов кормления [Halwart, 2010; Adimado, Baah, 2002]. При этом, на нижнем течении реки Кай гидрохимические и гидродинамические условия способствуют скоплению большого количества потенциальных кормовых объектов [Лобус, 2011 (Lobus, 2012)]. Вероятно, низкие показатели массы и упитанности *Hybrid Clarias* sp. по сравнению с дикой популяцией близкородственного вида связаны с нарушением технологии кормления и содержания.

Известно, что интенсивность накопления конечных продуктов обмена веществ зависит от возраста, пола, пищевого рациона, трофического положения в пищевой цепи и антропогенной нагрузки водоема [Байдалинова, Яржомбек, 2011 (Baidalinova, Yarzhombek, 2011); Payuta et al., 2019]. Исследования показали, что в составе скелетных мышц представителей *Hybrid Clarias* sp. содержание воды составило  $70.17 \pm 0.27\%$ , сухого вещества  $30.10 \pm 0.40\%$ , белка  $22.63 \pm 0.57\%$ , жира  $2.90 \pm 0.60\%$ , золы  $1.70 \pm 0.03\%$ , БЭВ  $2.87 \pm 0.72\%$ . Ранее было показано, что у представителей клариевых сомов *Clarias batrachus* верхнего течения реки Кай количество общей влаги варьирует в пределах  $66.87\text{--}68.63\%$ , на долю сухого вещества приходится  $31.57\text{--}35.46\%$  в состав которого входит белок  $27.38\text{--}28.98\%$ ; зольные вещества  $1.37\text{--}2.04\%$ ; жир  $1.37\text{--}2.04\%$  и БЭВ  $0.21\text{--}5.14\%$ . У представителей нижнего течения реки Кай количество общей влаги колеблется в пределах  $64.54\text{--}68.43\%$ , на долю сухого вещества приходится  $31.37\text{--}33.13\%$  с состав которого входит белок  $13.71\text{--}27.37\%$ ; зольные вещества  $1.60\text{--}1.69\%$ ; жир  $1.77\text{--}3.74\%$  и БЭВ  $2.3\text{--}12.32\%$ . У особей, выращенных в аквакультуре, количество общей влаги варьирует в диапазоне  $69.30\text{--}72.88\%$ , на долю сухого ве-

щества приходится  $27.12\text{--}30.7\%$  с состав которого входит белок  $12.1\text{--}25.64\%$ ; зольные вещества  $1.45\text{--}2.3\%$ ; жир  $0.34\text{--}2.0\%$  и БЭВ  $0.87\text{--}2.12\%$  [Мирошниченко, Флёрова, 2016 (Miroshnichenko, Flerova, 2016)]. При сравнении полученных результатов и литературных данных показано, что мышечная ткань особей *Hybrid Clarias* sp. более оводнена, по сравнению с дикой и одомашненной популяцией *Clarias batrachus*. Интересно отметить, что в скелетных мышцах *Hybrid Clarias* sp. содержится большее количества жира и минеральных веществ, при этом они уступают по содержанию сухого вещества и белка. Ассимиляция основных питательных веществ в теле рыб определяется совокупностью параметров, среди которых ведущую роль играют качественный состав в кормах протеина и липидов, их концентрация и соотношение. Энергетическая ценность с кормов не является основным фактором, влияющим на трансформацию питательных веществ в теле рыб. Важное значение в ассимиляции незаменимых компонентов питания в организме рыб имеет совокупность следующих параметров: отношения протеина к липидам и концентрации в кормах биологически активных веществ – фосфолипидов, витаминов, полиненасыщенных жирных кислот семейства  $\omega\text{-}3$ , каротиноидов [Клейменов, 1962 (Klejmenov, 1962); Мухина, 2003 (Muxina, 2003); Щербина, Гамыгин, 2006 (Shherbina, Gamygin, 2006); Umer et al., 2011]. Следует отметить, что при соблюдении требований по кормлению и содержанию мяса клариевого сома обладает высокими товарными качествами, по питательности и калорийности приравнивается к рыбам осетровых пород. При сравнении с карпом, выращенным в тропической зоне, скелетные мышцы клариевого сома в несколько раз превосходят по количеству жира, несколько уступает по количеству белка и минеральных веществ [Пиганов, 2018 (Piganov, 2018)]. При сравнении данных по химическому составу мышечной ткани, полученных в результате нашего исследования с данными по химическому составу мышц карпа, выращенного в тропической зоне, показано, что в скелетных мышцах *Hybrid Clarias* sp. содержится большее количество белка, меньшее количество жира и минеральных веществ. Совокупность данных подтверждает предположение о нарушении технологии кормления и содержания гибридов в садковых хозяйствах Южного Вьетнама.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что хозяйственные условия выращивания гибрида *Clarias* sp. в

садковых хозяйствах Южного Вьетнама существенно влияют на упитанность и химический состав скелетных мышц.

Авторы выражают глубокую благодарность Н.В. Лобусу, к.б.н., ведущему научному сотруднику лаборатории химии океана Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН за помощь в сборе материала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Байдалинова Л.С., Яржомбек А.А. Биохимия сырья водного происхождения // М.: Моргкнига. 2011. 510 с.
- Иванова Е.Е. Основные аспекты акклиматизации рыб в бассейнах юга России [Электронный ресурс] // Международная научно-техническая интернет конференция “Актуальные проблемы выращивания и переработки прудовой рыбы”. <http://textarchive.ru/c-2721374-pall.html>. дата обращения 19.02.16.
- Клейменов И.Я. Химический и весовой состав рыб водоемов СССР и зарубежных стран. М.: Изд-во журн. “Рыбное хоз-во” ВНИРО. 1962. 143 с.
- Лобус Н.В., Комов В.Т., Нгуен Тхи Хай Тхань. Содержание ртути в компонентах экосистемы водоёмов и водотоков провинции Кхань Хоа // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. №6. С. 733–739.
- Лобус Н.В. Содержание и миграция ртути в абиотических и биотических компонентах водных экосистем Центрального и Южного Вьетнама. Автореф. дисс... канд. биол. наук. Борок. 2012. 24 с.
- Мирошниченко Д.А., Флёрова Е.А. Сравнительная характеристика показателей обмена веществ представителей *Clarias batrachus* обитающих в естественных и искусственных условиях // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 1(9). С. 110–114.
- Мухина И.Н. Повышение эффективности стартовых кормов для лососевых рыб путем введения биологически активных добавок. Автореф. дисс... канд. биол. наук. Москва. 2003. 25 с.
- Ольшанский В.М. Исследования электрической активности клариевых сомов Вьетнама // Экология внутренних вод Вьетнама. М.: Тов. научных изданий КМК. 2014. С. 329–352.
- Пиганов Е.С. Клариевый сом ценный продукт диетического питания // Экологические проблемы и перспективы. Мат-лы конф. 2018. С. 149–154.
- Флёрова Е.А. Физиолого-биохимические методы исследования рыб // Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВПО “Ярославская ГСХА”. 2014. 40 с.
- Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыбы в пресноводной аквакультуре. М: Изд-во ВНИРО. 2006. 360 с.
- Adimado A.A., Baah D.A. Mercury in Human Blood, Urine, Hair, Nail, and Fish from the Ankobra and Tano River Basins in Southwestern Ghana // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2002. Vol. 68. № 3. P. 339–346.
- Edwards P., Le Anh Tuan, Allan G.L. A survey of marine trash fish and fish meal as aquaculture feed ingredients in Vietnam. Australian Centre for International Agricultural Research. Working Paper. 2004. №. 57. P. 56.
- Halwart, M., Soto D., Arthur J. Садковая аквакультура – Региональные обзоры и всемирное обозрение // Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству. 2010. № 498. 259 с.
- Payuta A.A., Pryanichnikova E.G., Shcherbina G.Kh., Perova S.N., Flerova E.A. Physiological Parameters of Bream (*Abramis brama* L.) in Parts of the Rybinsk Reservoir of Different Types Inland Water Biology. 2019. Vol. 12. №. 2. P. 217–224.
- Sahoo S.K., Giri S.S., Sahu A.K., Ayyappan S. Experimental Hybridization between Catfish *Clarias batrachus* (Linn.) x *Clarias gariepinus* (Bur.) and Performance of the Offspring in Rearing Operations // Asian Fisheries Science. 2003.16. P. 157–166.
- Senanan W., Kapuscinski A.R., Na-Nakorn U., Miller L.M., 2004. Genetic impacts of hybrid catfish farming (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) on native catfish populations in central Thailand // Aquaculture 2004. Vol. 235, Issues 1–4. P. 167–184.
- Steven Cr., Helfrich L.A. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding // Virginia Cooperative Extension. 2002. Vol. 420–256. P. 220–256.
- Umer K., Ali M., Iqbal R., Latif A., Naeem M., Qadir S., Latif M. Shaikh R.S., Iqbal F. Effect of various nutrient combinations on growth and body composition of rohu (*Labeo rohita*) // African Journal of Biotechnology 2011. Vol. 10(62). P. 13605–13609

## REFERENCES

- Baidalinova L.S., Yarzombek A.A. 2011. Biokhimiya syr'ya vodnogo proiskhozhdeniya [Biochemistry of raw materials of water origin] // М.: Morkniga. 510 s. [In Russian]
- Ivanova E.E. Osnovnye aspekty akklimatizatsii ryb v bassejnakh yuga Rossii [Ehlektronnyj resurs] [The Main aspects of acclimatization of fish in the basins of the South of Russia [Electronic resource]] // Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya internet konferentsiya “Aktual'nye problemy vyrashhivaniya i pererabotki prudovoj ryby”. <http://textarchive.ru/c-2721374-pall.html>.-data obrashheniya 19.02.16. [In Russian]
- Kleymenov I.Ya. 1962. Khimicheskij i vesovoj sostav ryb vodoemov SSSR i zarubezhnykh stran [Chemical and weight composition of fish reservoirs of the USSR and foreign countries]. М.: Izd-vo zhurn. “Rybnoe khoz-vo” VNIRO. 143 s. [In Russian]

- Lobus N.V., Komov V.T., Nguyen Thi Hai Thanh. 2011. Soderzhanie rtuti v komponentakh ehkositemy vodoyomov i vodotokov provintsii Kkhan' Khoa [Mercury content in the components of the ecosystem of reservoirs and water-courses of Khan Hoa province] // Vodnye resursy. T. 38. № 6. S. 733–739. [In Russian]
- Lobus N.V. 2012. Soderzhanie i migratsiya rtuti v abioticheskikh i bioticheskikh komponentakh vodnykh ehkositem Tsentral'nogo i Yuzhnogo V'etnama [Mercury content and migration in abiotic and biotic components of aquatic ecosystems of Central and southern Vietnam]. Avtoref. diss... kand. biol. nauk. Borok. 24 s. [In Russian]
- Miroshnichenko D.A., Flerova E.A. 2016. Sravnitel'naya kharakteristika pokazatelej obmena veshhestv predstavitelej *Clarias batrachus* obitayushchikh v estestvennykh i iskusstvennykh usloviyakh [Comparative characteristics of metabolic indices of *Clarias batrachus* representatives living in natural and artificial conditions] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. № 1(9). S. 110–114 [In Russian]
- Mukhina I.N. 2003. Povyshenie ehffektivnosti startovykh kormov dlya lososevykh ryb putem vvedeniya biologicheskii aktivnykh dobavok [Improving the efficiency of starter feed for salmon fish through biologically active additives]. Avtoref. diss... kand. biol. nauk. Moskva. 25 s. [In Russian]
- Olshansky V.M. 2014. Issledovaniya ehlektricheskoy aktivnosti klariyevykh somov V'etnama [Studies of electrical activity of Clary catfish of Vietnam] // Ehkologiya vnutrennikh vod V'etnama. M.: Tov. nauchnykh izdanij KMK. S. 329–352 [In Russian]
- Piganov E.S. 2018. Klariyevy som tsennyi produkt dieticheskogo pitaniya [Clari catfish is a valuable dietary product] // Ehkologicheskie problemy i perspektivy. Mvt-ly konf. S. 149–154 [In Russian]
- Flerova E.A. 2014. Fiziologo-biokhimicheskie metody issledovaniya ryb [Physiological and biochemical methods of study of fish] // Yaroslavl: Izd-vo FGBOU VPO “Yaroslavskaya GSKHA”. 40 s. [In Russian]
- Shherbina M.A., Gamygin E.A. 2006. Kormlenie ryby v presnovodnoj akvakulture [Feeding fish in freshwater aquaculture]. M.: Izd-vo VNIRO. 360 s. [In Russian]
- Payuta A.A., Pryanichnikova E.G., Shcherbina G. Kh., Perova S.N., Flerova E.A. 2019. Physiological Parameters of Bream (*Abramis brama* L.) in Parts of the Rybinsk Reservoir of Different Types Inland Water Biology. Vol. 12. №. 2. P. 217–224.
- Sahoo S.K., Giri S.S., Sahu A.K., Ayyappan S. Experimental Hybridization between Catfish *Clarias batrachus* (Linn.) x *Clarias gariepinus* (Bur.) and Performance of the Offspring in Rearing Operations // Asian Fisheries Science. 2003.16. P. 157–166.
- Senanan W., Kapuscinski A.R., Na-Nakorn U., Miller L.M., 2004. Genetic impacts of hybrid catfish farming (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) on native catfish populations in central Thailand // Aquaculture. Vol. 235, Issues 1–4. P. 167–184.
- Steven Cr., Helfrich L.A. 2002. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding // Virginia Cooperative Extension. V. 420–256. P. 220–256.
- Umer K., Ali M., Iqbal R., Latif A., Naeem M., Qadir S., Latif M. Shaikh R.S., Iqbal F. 2011. Effect of various nutrient combinations on growth and body composition of rohu (*Labeo rohita*) // African Journal of Biotechnology. Vol. 10(62). P. 13605–13609

## FATNESS and CHEMICAL COMPOSITION of HYBRYD *CLARIAS* sp. SKELETAL MUSCLES, GROWN UP TO AQUACULTURE

D. A. Guldina<sup>1</sup>, E. A. Flerova<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Research Institute of Animal Breeding and Forage Production,  
ul. Lenina, 1, Yaroslavl oblast, Mikhailovsky, 152517 Russia

<sup>2</sup> Yaroslavl Demidov State University, ul. Sovetskaya, 14, Yaroslavl, 150003 Russia  
\*e-mail: katarinum@mail.ru

Fat catfish Hybrid *Clarias* sp. grown in cage farms of the Kai River varies from 0.14 to 1.76 with an average value of  $1.12 \pm 0.02$ . Skeletal muscles contain water  $70.17 \pm 0.27\%$ , dry matter  $30.10 \pm 0.40\%$ , protein  $22.63 \pm 0.57\%$ , fat  $2.90 \pm 0.60\%$ , ash  $1.70 \pm 0.03\%$ , NES  $2.87 \pm 0.72\%$ . It was shown that the muscle tissue of individuals of Hybrid *Clarias* sp. contains more water, fat and minerals and less dry matter and protein than *Clarias batrachus* populations. It has been suggested that the economic conditions of cultivation (violation of feeding and keeping technology) Hybrid *Clarias* sp. in cage farms in South Vietnam negatively affect the weight and fatness of individuals, as well as the chemical composition of skeletal muscles.

**Keywords:** Kai River, Hybrid *Clarias* sp., Skeletal muscle, water, dry matter, protein, fat, ash, NES



## БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫВОРОТКИ КРОВИ КРАСНУХОУСТОЙЧИВОЙ ПОРОДЫ КАРПА ПОСЛЕ ЗИМОВКИ

Д. В. Микряков<sup>1</sup>, А. О. Ревякин<sup>2</sup>, Г. И. Пронина<sup>3</sup>, А. С. Соколова<sup>1</sup>,  
В. Р. Микряков<sup>1</sup>, А. Б. Петрушин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,  
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, e-mail: daniil@ibiw.ru

<sup>2</sup>Научный центр биомедицинских технологий,

143442 пос. Светлые горы, Московская обл., Красногорский р-н.

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства  
142460 пос. Воровского, Московская обл., Ногинский р-н.

Проведено сравнительное исследование биохимических показателей сыворотки крови между устойчивыми и восприимчивыми к возбудителям краснухи карпами. Исследованные особи краснухоустойчивой породы отличались от других селекционных групп карпов высоким уровнем глюкозы, КК, мочевины и низким общего белка, ТГ, мочевой кислоты, щелочной фосфатазы. Полученные результаты указывают на возможность использования биохимических показателей для оценки состояния здоровья рыб в условиях аквакультуры.

**Ключевые слова:** краснухоустойчивая порода карпа, сыворотка крови, биохимические показатели.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10019

### ВВЕДЕНИЕ

Большой ущерб товарному рыбоводству наносят инфекционные болезни рыб. Одной из наиболее серьезных проблем карповодства остается краснуха – полиэтиологическое заболевание, вызываемое различными возбудителями [Головина и др., 2003 (Golovina et al., 2003); Пищенко, 2006 (Pishchenko, 2006)]. Лечение краснухи малоэффективно и оздоровление рыбоводных хозяйств требует огромных затрат. В России путем селекции на иммунную устойчивость к возбудителям заболевания выведена ангелинская краснухоустойчивая порода карпа [Илясов, 2002 (Ilyasov, 2002)]. Исследование данной породы поможет выявить механизмы, обеспечивающие невосприимчивость рыб к инфекционным заболеваниям, а полученные результаты могут быть использованы для выведения резистентных пород в аквакультуре.

Система крови играет важную роль в специфической и неспецифической защите организма, а биохимический гомеостаз в функциониро-

вании иммунной системы. Биохимическое тестирование позволяет судить о состоянии и функциональном статусе большинства внутренних органов и систем организма. Ранее авторами были установлены отличия по некоторым иммунобиохимическим показателям периферической крови между различными селекционными группами карпов [Пронина и др., 2014, 2017 (Pronina et al., 2014, 2017); Суворова и др., 2019 (Suvorova et al., 2019)]. Однако этого не достаточно для понимания зависимости функционирования иммунной системы от происходящих биохимических процессов у карпов краснухоустойчивой породы. Проведение дополнительных исследований позволит получить сведения, которые могут быть использованы для повышения устойчивости рыб к инфекционным заболеваниям.

Цель работы – исследование биохимических показателей сыворотки крови краснухоустойчивых карпов после зимовки.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в середине мая – начале июня 2018 г. на двухгодовиках карпов *Cyprinus carpio*. Материал отбирали у 5 особей ангелинской чешуйчатой краснухоустойчивой породы, содержащихся на экспериментальной прудовой базе «Сунога» ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН Ярославской области (1-я рыбоводная зона). Для сравнения использовали карпов из рыбоводного хозяйства «Киря» Чувашской республики (2-я рыбоводная зона). Пробы отбирали от 10 экземпляров чешуйчатых карпов и 10 зеркальных карпов восприимчивых к возбудителям краснухи. У исследуемых рыб проводили отбор

крови из хвостовой вены. Для получения сыворотки кровь рыб набирали в сухую стерильную пробирку. Пробирку с кровью оставляли в штативе на 1 ч при комнатной температуре. За это время процесс свертывания крови завершается и происходит ретракция сгустка. После этого сыворотку забирали шприцем с тонкой иглой, переносили в пробирку Эппендорфа. Пробы сыворотки замораживали в морозильной камере при температуре 18–20°C и транспортировали в специальных термоконтейнерах. В лаборатории непосредственно перед анализом пробы размораживали при комнатной температуре. У рыб ис-

следовали уровень общего белка, глюкозы, альбумина, аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспаратаминотрансферазы (АСТ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), креатинкиназы (КК), лактата, мочевой кислоты, мочевины, триглицеридов (ТГ), холестерина, щелочной фосфатазы, общих липидов (ОЛ) и интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ).

Анализ содержания общего белка, глюкозы, альбумина, АЛТ, АСТ, ЛДГ, КК, лактата, мочевой кислоты, мочевины, ТГ, холестерина, щелочной фосфатазы, проводили на анализаторе Биохимические показатели сыворотки крови карпов

#### Biochemical indicators of serum of carps

Показатели Indicators	Карпы краснухоустойчивой породы / Carps of rubella-resistant breed	Чешуйчатые карпы / Scale carps	Зеркальные карпы / Mirror carps
Масса, г / Weight, g	284.4±12.4	241.7±22.4	270.2±22.9
Длина, см / length, cm	22.7±0.2	22.1±0.7	23.0±0.6
Общ белок, г/л / Total protein, g/l	15.85±5.24	36.85±2.15*	33.08±2.83*
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mM/l	6.12±0.68	4.08±0.58*	5.27±0.44
Альбумин г/л / Albumin, g/l	12.62±0.39	14.08±0.74	12.42±0.72
АЛТ, ед/л / ALT, units/l	15.96±1.54	20.41±1.63	19.05±1.86
АСТ, ед/л / AST, units/l	231.83±46.05	249.25±16.33	277.70±9.30
ЛДГ, ед/л / LDH, units/l	2061.92±222.30	2545.95±357.99	2037.21±293.73
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, mcM/l	16.28±1.31	16.64±1.41	19.05±1.31
КК, ед/л / СК, units/l	6620.53±294.05	4648.37±383.55*	4968.71±664.50*
Лактат, мг/дл / Lactate, mg/dl	65.11±7.68	81.98±7.41	88.86±5.90*
Мочевая кислота, мг/дл / Uric acid mg/dl	2.83±0.58	4.17±0.37	4.55±0.48*
Мочевина, мг/дл / Urea, mg/dl	12.85±5.99	9.15±1.87	8.41±1.29
ТГ, мг/дл / TG, mg/dl	126.05±33.50	201.74±18.70	209.63±9.07*
Холестерин, мг/дл / Cholesterol, mg/dl	216.27±18.77	238.55±24.22	250.88±25.50
Щелочная фосфатаза, ед/л / Alkaline phosphatase, units/l	24.21±8.66	46.40±8.36	77.75±17.39*
ОЛ, % / TL, %	12498.00±256.11	12892.50±615.03	10557.78±1014.74
МДА нмоль/г / MDA, nM/g	10.89±1.50	14.33±1.50	14.43±2.59

**Примечание.** “\*” – достоверные отличия от карпов краснухоустойчивой породы.

**Note.** “\*” – significant differences from carps rubella-resistant breed.

Об интенсивности ПОЛ судили по накоплению малонового диальдегида (МДА) – одного из конечных продуктов перекисного окисления. Концентрацию МДА определяли по количеству продуктов ПОЛ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой и дающих с ней окрашенный комплекс. Ин-

Chem Well Awareness Technology, с использованием реактивов VITAL.

Уровень ОЛ определяли стандартным методом по Фолчу [Folch et al., 1957]. Принцип метода заключается в разрушении липидно-белковых связей полярными растворителями (этанолом), что способствует последующему экстрагированию неполярным растворителем (хлороформом). Хлороформ и этанол комбинировались в смеси в соотношении 2:1. Количество липидов устанавливали весовым методом по разнице между весом с жиром и без него.

тенсивность окрашивания оценивали спектрофотометрически по изменению максимума поглощения при 535 нм [Андреева и др., 1988 (Andreeva et al., 1988)]. Содержание МДА вычисляли с учетом коэффициента молярной экстинкции ( $1.56 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) и выражали в наномолях на 1 г ткани.

Статистическую обработку результатов исследования проводили по стандартным алгоритмам, реализованным в пакете программ Sta-

tistica v6.0, с использованием t-теста. Различия считали значимыми при  $p \leq 0.05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительный анализ данных показал сходства и отличия исследуемых показателей у карпов (см. таблицу). Особи краснухостойчивой породы имели низкие величины общего белка, АЛТ, АСТ, лактата, мочевой кислоты, ТГ, холестерина, щелочной фосфатазы, МДА и высокие глюкозы, КК, мочевины по сравнению с чешуйчатыми и зеркальными карпами.

Исследование общей концентрации всех белков крови показало достоверно низкие величины у краснухостойчивой породы. Известно, что ведущая роль в биохимической адаптации организмов к меняющимся условиям существования принадлежит белковым макромолекулам, в первую очередь ферментам, катализирующим тысячи связанных между собой химических реакций. Существуют различные классификации белков плазмы. Наиболее часто их разделяют на альбумин, глобулины (все другие белки плазмы) и фибриноген. Снижение уровня общего белка может свидетельствовать о его расходе при длительном голодании во время зимовки. Возможно, это связано с более долгой зимовкой краснухостойчивых карпов, т.к. они содержались в первой рыбоводной зоне. На голодание указывает также низкий уровень мочевой кислоты. При этом стоит отметить, что по уровню альбуминов значимых отличий не зафиксировано. Вероятно, уменьшение общего белка происходило за счет фракции глобулинов, которые расходовались для поддержания активного состояния иммунной защиты. Большое расходование белка у ангелинской породы подтверждают высокий уровень мочевины – конечного продукта метаболизма белков. Сделанные предположения частично подтверждаются исследованием содержания бактериоагглютининов (антител к суточной культуре *Aeromonas punctata*) в сыворотке крови карпа в тепловодном хозяйстве в сезонном аспекте [Лысанов, Микряков, 1990 (Lysanov, Mikryakov, 1990)]. С весенним повышением температуры воды и увеличением светового дня авторами зафиксировано возрастание содержания бактериоагглютининов в сыворотке крови в марте-мае. В июньских пробах исследуемые показатели иммуноглобулинов были минимальными. Снижение уровня альбуминов и бета-глобулинов и концентрации триацилглицеринов в весенний период отмечено у синца *Abramis ballerus* [Силкина, Силкин, 1986 (Silkina, Silkin, 1986)].

Уровень глюкозы и активность креатинкиназы зафиксированы в пределах референтных значений [Пронина, Корягина, 2015 (Pronina,

Koryagina, 2015)]. У особей ангелинской породы содержание глюкозы было выше. Вероятно, это связано с высокими энергетическими затратами краснухостойчивых карпов. На это указывают достоверно высокий уровень КК – стимулятора энергетического обмена в тканях, а также низкий уровень самого главного источника энергии для клеток – ТГ. Низкое содержание ТГ ранее зафиксировано в сыворотке крови и иммунокомпетентных органах (печени, селезенки, почки) опытных карпов, экспериментально зараженных бактериальной культурой *Aeromonas punctata* [Микряков, Силкина, 1990 (Mikryakov, Silkina, 1990)].

По уровню ферментов АЛТ, АСТ, ЛДГ, а также содержанию креатина и холестерина значимых отличий не зафиксировано. Низкое содержание щелочной фосфатазы, вероятно связано с недостатком кислорода во время длительной зимовки.

Показатели уровня ОЛ у исследуемых групп рыб не имели достоверных отличий, однако стоит отметить более высокие показатели ангелинской породы и группы чешуйчатых карпов по сравнению с зеркальными. Липиды в организме рыб участвуют в энергетическом, пластическом, генеративном обмене, реализации процессов роста, развития и адаптации, осуществляют гидростатическую, теплоизолирующую, механическую и иммунологическую функции. Известно, что липиды благодаря гетерогенности и многообразию выполняемых в организме функций одни из наиболее информативных показателей в адаптивных процессах, отражающих их роль при воздействии на рыб как благоприятных, так и негативных факторов. Они служат источниками метаболической энергии в организме, биологических эффекторов и медиаторов. Липиды участвуют в регуляции жизненно важных функций систем, обеспечивающих оптимальный рост, развитие, состояние здоровья на всех этапах онтогенеза и адаптацию к неблагоприятным факторам среды [Шульман, 1972 (Shulman, 1972); Микряков и др., 1979 (Mikryakov et al., 1979); Лапин, Шатуновский, 1981 (Lapin, Shatunovsky, 1981); Силкина, 1988 (Silkina, 1988); Гершанович и др., 1991 (Gershanovich et al., 1991); Смирнов, Богдан, 2007 (Smirnov, Bogdan, 2007)]. По концентрации ОЛ можно судить об условиях нагула, содержания и интенсивности питания рыб. Низкие показатели ОЛ у зеркальной породы могут быть связаны с их интенсив-

ным расходом на теплоизоляцию во время зимовки.

Анализ содержания МДА не показал достоверных отличий, однако у рыб краснухостойчивой породы этот показатель был меньше, что указывает на нейтрализацию перекисеобразовательных процессов, за счет активного использования механизмов многоуровневой системы антиоксидантной защиты. Повышенный уровень содержания продуктов липопероксидации становится причиной вторичного повреждения клеточных мембран, снижения содержания антиоксидантов, подавления иммунологических и регенеративных функций, а также преждевременного

старения, снижения темпов роста, развития и жизнеспособности рыб.

Таким образом, определены отличия рыб ангелинской породы от других селекционных групп карпов по биохимическим показателям крови после зимовки. Высокие уровни глюкозы, КК, мочевины и низкие общего белка, ТГ, мочевой кислоты, щелочной фосфатазы в сыворотке крови указывают на более интенсивный обмен веществ в организме краснухостойчивых карпов. Вероятно, это обусловлено особенностями породы, которые позволяют организму рыб активно противостоять заражению возбудителями инфекционных заболеваний.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-016-0019618) и частично в рамках Государственного задания (тема № АААА-А18-118012690123-4).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреева Л.И., Кожемякин Н.А., Кишкун А.А. Модификация методов определения перекисей липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой // Лаб. дело. 1988. № 11. С. 41–43.
- Гершанович А.Д., Лапин В.И., Шатуновский М.И. Особенности обмена липидов у рыб // Успехи соврем. биол. 1991. Т. 3, вып. 2. С. 207–219.
- Илясов Ю.И. Селекция рыб на повышение устойчивости к заболеваниям // Сб. науч.тр.: Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. Вып.78. М.: Изд-во ВНИРО, 2002. С. 125–134.
- Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н., Головин П.П., Евдокимова Е.Б., Юхименко Л.Н. Ихтиопатология. М.: Мир, 2003. 448 с.
- Кирпичников В.С. Генетика и селекция рыб. Л.: Наука, 1987. 520 с.
- Лапин В.И., Шатуновский М.И. Особенности состава, физиологическое и экологическое значение липидов рыб // Успехи совр. биол. 1981. Т. 1. С. 380–394.
- Лысанов А.В., Микряков В.Р. Особенности сезонной динамики общего белка и бактериоагглютининов у карпа (*Cyprinus carpio* L.) в условиях тепловодного хозяйства // Биология внутренних вод: Информационный бюллетень. 1990. № 86. С. 49–51.
- Микряков В.Р., Силкина Н.И. Состав липидов в тканях карпа при бактериальной инфекции // Биология внутренних вод: Информационный бюллетень. 1990. № 86. С. 52–55.
- Микряков В.Р., Силкина Н.И., Силкин Н.Ф. Антимикробные свойства сыворотки крови рыб. В кн.: Физиология и паразитология пресноводных организмов. Л.: Наука, 1979. С. 125–132.
- Пищенко Е.В. Аэромоноз (краснуха) карпов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2006. № 10. С. 32–34.
- Пронина Г.И., Корягина Н.Ю. Референтные значения физиолого-иммунологических показателей гидробионтов разных видов // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2015. №4. С. 103–108.
- Пронина Г.И., Микряков Д.В., Силкина Н.И., Петрушин А.Б. Содержание иммунных комплексов и уровень окислительных процессов в сыворотке крови различных селекционных групп карпа // Труды ВНИРО. 2017. Т. 167. С. 24–29.
- Пронина Г.И., Ревякин А.О., Микряков Д.В., Силкина Н.И. Сравнительный анализ биохимических и иммунологических показателей разных селекционных групп карпа // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2014. № 8. С. 43–46.
- Силкина Н.И. Сезонная динамика липидов сыворотки крови и её связь с иммунологической реактивностью: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 1988. 25 с.
- Силкин Н.Ф., Силкина Н.И. Сезонная динамика белков и липидов в сыворотке крови синца // Биология внутренних вод: Информационный бюллетень. 1986. № 71. С. 39–41.
- Смирнов Л.П., Богдан В.В. Липиды в физиолого-биохимических адаптациях эктотермных организмов к абиотическим и биотическим факторам среды. М.: Наука, 2007. 182 с.
- Суворова Т.А., Пронина Г.И., Микряков Д.В., Петрушин А.Б. Состав лейкоцитов периферической крови и иммунокомпетентных органов краснухостойчивой породы карпа в преднерестовый период // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2019. № 2 (42). С. 38–41.
- Шульман Г.Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М.: Пищевая промышленность, 1972. 368 с.
- Folch J., Lees M., Stanley G.N. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animals tissues // J. Biol. Chem. 1957. Vol. 226, № 3. P. 497–509.

## REFERENCES

- Andreeva L.I., Kozhemyakin N.A., Kishkun A.A. 1988. Modifikatsiya metodov opredeleniya perekisej lipidov v teste s tiobarbiturovoj kislotoj [Modification of methods for determining lipid peroxides in the test with thiobarbituric acid] // Laboratornoe delo. № 11. S. 41–43. [In Russian]
- Folch J., Lees M., Stanley G.N. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animals tissues // J. Biol. Chem. 1957. Vol. 226, № 3. P. 497–509.
- Gershanovich A.D., Lapin V.I., SHatunovskij M.I. Osobennosti obmena lipidov u ryb [Features of lipid metabolism in fish] // Uspekhi sovrem. biol. [Biology Bulletin Reviews] 1991. T. 3, vyp. 2. S. 207–219. [In Russian]
- Ilyasov YU.I. Selekcija ryb na povysenie ustojchivosti k zabolevaniyam [Fish breeding to increase disease resistance] // Sb. nauch.tr.: Aktual'nye voprosy presnovodnoj akvakul'tury. Vyp.78. M.: Izd-vo VNIRO, 2002. S. 125–134. [In Russian]
- Golovina N.A., Strelkov Yu.A., Voronin V.N., Golovin P.P., Evdokimova E.B., Yuhimenko L.N. Ihtopatologiya. M.: Mir, 2003. 448 s. [In Russian]
- Kirpichnikov V.S. Genetika i selekcija ryb. [Genetics and fish breeding] L.: Nauka, 1987. 520 s. [In Russian]
- Lapin V.I., SHatunovskij M.I. Osobennosti sostava, fiziologicheskoe i ekologicheskoe znachenie lipidov ryb [Features of the composition, physiological and environmental significance of fish lipids] // Uspekhi sovrem. biol. [Biology Bulletin Reviews] 1981, T. 1. S. 380–394. [In Russian]
- Lysanov A.V., Mikryakov V.R. Osobennosti sezonnoj dinamiki obshchego belka i bakterioagglutininov u karpa (Cyprinus carpio L.) v usloviyah teplovodnogo hozyajstva [Peculiarities of seasonal dynamics of total protein and bacterioagglutinins in carp (Cyprinus carpio L.) under conditions of warm water economy] // Biologiya vnutrennih vod: Informacionnyj byulleten'. 1990. № 86. S. 49–51. [In Russian]
- Mikryakov V.R., Silkina N.I. Sostav lipidov v tkanyah karpa pri bakterial'noj infekcii [The lipid composition in carp tissues during bacterial infection] // Biologiya vnutrennih vod: Informacionnyj byulleten'. 1990. № 86. S. 52–55. [In Russian]
- Mikryakov V.R., Silkina N.I., Silkin N.F. Antimikrobnnye svoystva syvorotki krovi ryb. V kn.: Fiziologiya i parazitologiya presnovodnyh organizmov. [Antimicrobial properties of fish serum. In: Physiology and Parasitology of Freshwater Organisms] L.: Nauka, 1979. S. 125–132. [In Russian]
- Pishchenko E.V. Aeromonoz (krasnuha) karpov [Aeromonosis (rubella) carp] // Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo. 2006. № 10. S. 32–34. [In Russian]
- Pronina G.I., Koryagina N.Yu. Referentnye znacheniya fiziologo-immunologicheskikh pokazatelej gidrobiontov raznyh vidov [Reference values of physiological and immunological parameters of aquatic organisms of different species] // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2015. № 4. S. 103–108. [In Russian]
- Pronina G.I., Mikryakov D.V., Silkina N.I., Petrushin A.B. Soderzhanie immunnykh kompleksov i uroven' oksislitel'nyh processov v syvorotke krovi razlichnykh selekcionnykh grupp karpa [The content of immune complexes and the level of oxidative processes in the blood serum of various breeding groups of carp] // Trudy VNIRO. 2017. T. 167. S. 24–29. [In Russian]
- Pronina G.I., Revyakin A.O., Mikryakov D.V., Silkina N.I. Sravnitel'nyj analiz biohimicheskikh i immunologicheskikh pokazatelej raznykh selekcionnykh grupp karpa [Comparative analysis of biochemical and immunological parameters of different breeding groups of carp] // Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo. 2014. № 8. S. 43–46. [In Russian]
- Silkina N.I. Sezonnaya dinamika lipidov syvorotki krovi i eyo svyaz' s immunologicheskoy reaktivnost'yu [Seasonal dynamics of serum lipids and its relationship with immunological reactivity] : Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M. 1988. 25 s. [In Russian]
- Silkin N.F., Silkina N.I. Sezonnaya dinamika belkov i lipidov v syvorotke krovi sinca [Seasonal dynamics of protein and lipids in the blood serum of Sintz] // Biologiya vnutrennih vod: Informacionnyj byulleten'. 1986. № 71. S. 39–41. [In Russian]
- Smirnov L.P., Bogdan V.V. Lipidy v fiziologo-biohimicheskikh adaptatsiyah ektotermnykh organizmov k abioticheskim i bioticheskim faktoram sredy. [Lipids in physiological and biochemical adaptations of ectothermic organisms to abiotic and biotic environmental factors] M.: Nauka. 2007. 182 s. [In Russian]
- Suvorova T.A., Pronina G.I., Mikryakov D.V., Petrushin A.B. Sostav lejkcitov perifericheskoy krovi i immunokompetentnykh organov krasnuhoustojchivoj porody karpa v prednerestovyy period [The composition of peripheral blood leukocytes and immunocompetent organs of the rubella-resistant carp breed in the pre-spawning period] // Aktual'nye voprosy veterinarnoj biologii. 2019. № 2 (42). S. 38–41. [In Russian]
- Shul'man G.E. Fiziologo-biohimicheskie osobennosti godovykh ciklov ryb. [Physiological and biochemical characteristics of annual fish cycles] M.: Pishchevaya promyshlennost', 1972. 368 s. [In Russian]

## BIOCHEMICAL INDICES OF BLOOD SERUM OF RED-RESISTANT CARP BREED AFTER WINTER

**D. V. Mikryakov<sup>1</sup>, A. O. Revyakin<sup>2</sup>, G. I. Pronina<sup>3</sup>, A. S. Sokolova<sup>1</sup>, V. R. Mikryakov<sup>1</sup>, A. B. Petrushin<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences*

*152742 Borok, Russia, e-mail: [daniil@ibiw.ru](mailto:daniil@ibiw.ru)*

*<sup>2</sup>Scientific Center of Biomedical Technologies*

*143442 Svetlye Gory, Russia,*

*<sup>3</sup>All-Russian Research Institute of Irrigation Fish Culture*

*142460 Vorovskogo, Russia,*

A comparative study of the biochemical parameters of blood serum between resistant and susceptible to rubella pathogens carps. The studied rubella-resistant species differed from other breeding groups of carps with high levels of glucose, KK, urea and low total protein, TG, uric acid, alkaline phosphatase. The results indicate the possibility of using biochemical indicators to assess the health status of fish in aquaculture.

*Keywords:* rubel resistant breed of carp, blood serum, biochemical parameters

## ВЛИЯНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО И ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТОВ НА СПЕЦИФИЧЕСКИЙ И НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЙ ИММУНИТЕТ И ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОРГАНИЗМЕ РЫБ

Т. А. Суворова, Н. И. Силкина

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН  
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, e-mail: tanya@ibiw.yaroslavl.ru

Проведено сравнительное исследование влияния антибактериального и пробиотического препаратов на динамику антителообразования, уровень бактериостатической активности сыворотки крови, интенсивность перекисного окисления липидов и общую антиокислительную активность тканей иммунокомпетентных органов карпов *Cyprinus carpio* L. Отмечена способность пробиотика индуцировать специфическую защитную реакцию иммунной системы, а антибиотика – неспецифическую. Применение препаратов усиливало пероксид-генерирующие процессы и изменение интегрального показателя антиокислительной защиты. Выявлена зависимость происходящих процессов от типа препарата и особенностей структурно-функциональной организации органов.

**Ключевые слова:** рыбы, иммунитет, перекисное окисление липидов, общая антиокислительная активность, Антибак 100, СУБ-ПРО.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10020

### ВВЕДЕНИЕ

Концепция развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации до 2020 г. и далее, предусматривает многократное увеличение производства рыбной продукции на основе интенсификации процессов воспроизводства рыб в условиях аквакультуры (Федеральный закон об аквакультуре № 148 от 02.07.2013; Постановление Правительства РФ № 134 от 15.04.2014). Однако используемые для этого уплотнённые посадки и обильное кормление приводят к накоплению органических веществ в водоёме, нарушению термического и газового режимов, дефициту кислорода, что способствует ослаблению защитных систем организма и вспышкам массовых заболеваний [Остроумова, 2001 (Ostroumova, 2001); Головина, 2003 (Golovina, 2003); Бурлаченко, 2007 (Burlachenko, 2007); Грищенко, Акбаев, 2013 (Grishchenko, Akbaev, 2013)]. Поэтому важное прикладное значение имеет совершенствование существующих и создание новых способов лечения объектов аквакультуры. В настоящее время для лечения бактериальных болезней в рыбоводстве используют

антибиотики и химиопрепараты, а для повышения устойчивости к инфекциям – пробиотические препараты на основе бактерий, обладающих антагонистическим действием в отношении возбудителей заболевания. Среди специалистов, работающих в сфере аквакультуры, превалирующим является мнение, что антибактериальные средства являются мощными иммуносупрессорами в противоположность активным иммуностимуляторам – пробиотикам [Юхименко и др., 2003 (Yuhimenko et al., 2003); Бычкова и др., 2008 (Bychkova et al., 2008)]. При этом, экспериментальные данные по влиянию антибактериальных и пробиотических препаратов на различные факторы иммунитета рыб носят противоречивый и не всегда доказательный характер.

Цель работы – проведение сравнительного исследования влияния антибактериального и пробиотического препаратов на некоторые иммунологические и биохимические показатели рыб.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в аквариальной лаборатории иммунологии ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН. Объектами исследования служили клинически здоровые годовики карпа *Cyprinus carpio* L. средней массой  $150 \pm 10$  г, доставленные из ООО “Рыбхоз Нарские острова” Московской области. Рыб после акклимации содержали в принудительно аэрируемых аквариумах при температуре воды  $18 \pm 1 - 20^\circ\text{C}$ . Основные гидрохимические параметры соответствовали

рыбохозяйственным нормативам [Отраслевой стандарт. Охрана природы... (Industry standard. Protection of nature ...); Отраслевой стандарт. Показатели... (Industry standard. Indicators...)]. В качестве антибактериального препарата использовали Антибак 100 для карповых рыб на основе ципрофлоксацина серия 020809 (ООО “НВЦ Агроветзащита С.-П.”, г. Сергиев Посад), а в качестве пробиотика – СУБ-ПРО на основе *Bacillus subtilis* серия 00409 (ООО “Вектор-Евро”, г. Москва), широко

использующиеся в рыбоводной практике. Комбикорма с препаратами приготавливали в лабораторных условиях на основе полноценного гранулированного корма для декоративных прудовых рыб Tetra Pond. На гранулы наносили желатиновую суспензию препарата с последующим подсушиванием. Внесенный корм рыбы съедали в течение нескольких минут, что в сочетании с описанным методом его приготовления практически исключало потерю действующего вещества за счет вымывания в воду. Нормы кормления составляла 5% от общей живой массы рыбы. Из карпов было сформировано 4 группы (по 15 экз. каждая), которых поместили в отдельные аквариумы. Первая группа служила контролем – пробы отбирали до опыта, 2-я группа получала добавку препарата Антибак 100 в дозе 0.5 г/кг ихтиомассы, с содержанием действующего вещества ципрофлоксацина 100 мг/г, 3-я группа – добавку СУБ-ПРО. Лечебные корма с вышеуказанными препаратами рыбы получали в течение 5 сут в дозировках согласно инструкциям. При исследовании иммунологических показателями дополнительно 4-ую группу заражали 1 млрд. микробных тел агаровой культуры *Aeromonas hydrophila* на особь путём внутрибрюшинной инъекции, оценивая способность рыб формировать специфический иммунный ответ на бактериальный антиген. Отбор материала производили через 1, 3 и 7 суток после окончания дачи препаратов. Из каждой опытной группы отбирали по 5 особей для исследования. Оценку иммуно-биохимического состояния организма рыб проводили по динамике антителообразования, уровню бактериостатической активности сыворотки крови (БАСК), интенсивности перекисного окисления липидов (ПОЛ) и общей антиокислительной активности (ОАА).

Содержание антител в сыворотке крови определяли реакцией агглютинации по методу Г.Д. Гончарова (1973). Результаты оценивали по 4-балльной шкале.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Иммунитет (от лат. Immunitas – освобождение от чего-либо) – состояние невосприимчивости организма к воздействию болезнетворных агентов, продуктов их жизнедеятельности, а также генетически чужеродных веществ, обладающих антигенными свойствами. Различают врождённый (неспецифический) и приобретённый (специфический) иммунитет.

**Влияние на специфический иммунитет.** Приобретённый иммунитет

Бактериостатическую активность сыворотки крови оценивали фотонейфелометрическим колориметрированием согласно методике, описанной О.В. Смирновой и Т.А. Кузьминой (1966) для теплокровных животных и адаптированной для рыб [Микряков и др., 1991 (Mikryakov et al., 1991)].

Интенсивность ПОЛ в тканях оценивали по накоплению малонового диальдегида (МДА) – одного из конечных продуктов перекисного окисления липидов. Концентрацию МДА определяли в гомогенатах тканей на основе учета количества продуктов ПОЛ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой и дающих с ней окрашенный комплекс. Интенсивность окрашивания оценивали спектрофотометрически по изменению максимума поглощения при 535 нм. Содержание МДА вычисляли с учетом коэффициента молярной экстинкции  $1.56 \times 10^5 / (\text{M}^{-1} \text{ см}^{-1})$  и выражали в наномолях на 1 г ткани [Андреева и др., 1988 (Andreeva et al., 1988)].

Об уровне антиокислительной защиты судили по кинетике окисления субстрата – восстановленной формы 2,6-дихлорфенолиндифенола кислородом воздуха по общепринятой методике [Семёнов, Ярош, 1985 (Semenov, Yarosh, 1985)], адаптированной нами для рыб. Сущность метода заключается в том, что чем выше скорость окисления субстрата в присутствии биологического материала, тем ниже содержание в тканях антиоксидантов. Гомогенат получали путем растирания тканей с физиологическим раствором в соотношении 1:1. Коэффициент ингибирования окисления (КОС) определяли относительно контроля по формуле:  $\text{КОС} = (\text{K}_{\text{кон}} - \text{K}_{\text{оп}}) / \text{C}$ , где  $\text{K}_{\text{кон}}$  и  $\text{K}_{\text{оп}}$  – константы скоростей окисления субстрата соответственно в контроле и опыте;  $\text{C}$  – концентрация биологического материала в кювете.

При статистической обработке данных вычисляли средние значения и их ошибку. Достоверность различий оценивали при  $p \leq 0.05$ .

высокоспецифичен в отношении каждого конкретного возбудителя. Основная роль в реализации функций защиты от “чужого”, сохранении иммунологической “памяти” среди гуморальных факторов иммунитета принадлежит антителам – иммуноглобулинам, снабжённым специфическими рецепторами к антигену. Иммуноглобулины образуются в организме в результате естественного переболевания, вакцинации, контакта



лимфоидной системы с чужеродными клетками или тканями (трансплантаты) либо с собственными аутоантигенами. Иммуноглобулины в организме рыб синтезируются плазматическими клетками (В-лимфоцитами) и секретируются в кровь или тканевые жидкости.

Уровень антител у карпов в титрах разведения сыворотки крови

Antibody level in carps in serum dilution titers

Время отбора / Selection time	Группа № 1 Контроль / Group № 1 Control	Группа № 2 Антибак 100 / Group № 2 Antibuck 100	Группа № 3 СУБ-ПРО / Group № 3 SUB-PRO	Группа № 4 Иммунизация / Group № 4 Immunization
1 сут / 1 day	0	0	1:80	0
3 сут / 3 day	0	0	0	0:320
7 сут / 7 day	0	0	1:40	0:640

У рыб 1-й и 2-й групп выработки антител зафиксировано не было, а в группе № 3 отмечен незначительный уровень синтеза антител. Это свидетельствует о том, что СУБ-ПРО обладает антигенными свойствами и способен индуцировать специфическую защитную реакцию иммунной системы, что, возможно, вызвано живой микробной массой сенной палочки *Bacillus subtilis*, составляющей основу препарата. Введение бактериального антигена группе № 4 инициировало характерную для нормального иммунного ответа динамику образования антител [Лукьяненко, 1989 (Lukyanenko, 1989); Anderson, 1974].

**Влияние на неспецифический иммунитет.** Врождённые факторы защиты в организме выполняют функции нейтрализации и лизиса чужеродных тел. Интегрированным выражением противомикробных свойств гуморального звена неспецифического иммунитета служит БАСК. Этот показатель отражает функционирование всего комплекса механизмов естественного иммунитета (системы комплемента, пропердина, иммуноглобулинов, лизоцима, протеасом, С-реактивного белка, бактериолизинов и т.д.), заражённость и устойчивость к паразитам и физиолого-биохимический статус организма рыб. Антимикробный эффект сыворотки крови зависит от условий нагула, обеспеченности пищей и её состава. В настоящее время БАСК широко применяется при оценке последствий влияния паразитарных и токсических агентов на естественную резистентность и иммунный статус [Лукьяненко, 1989 (Lukyanenko, 1989); Микряков и др., 2001 (Mikryakov et al., 2001); Soltani et al., 2003].

Уровень БАСК изменялся под влиянием препаратов и бактериального антигена (рис. 1).

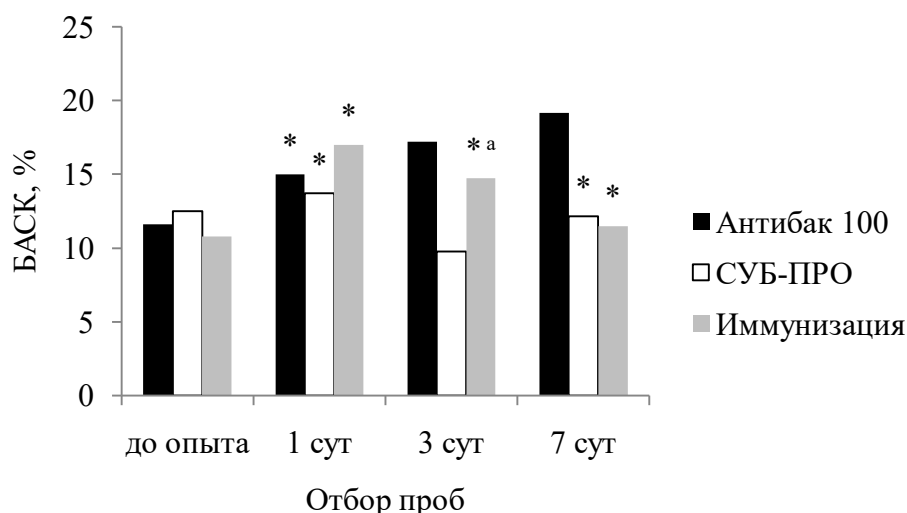
Полученные данные показали различия синтеза антител в опытных группах (см. таблицу).

Введение Антибак 100 в корм рыбам группы № 2 усиливало протективные свойства сыворотки крови (рис. 1).

Максимальных значений БАСК достигала на 7 сут после кормления. Полученные нами данные согласуются с имеющимися литературными источниками [Виолин и др., 2001 (Violin et al., 2001); Гаврилин, 2002 (Gavrilin, 2002)], в которых описана способность ципрофлоксацина оказывать неспецифическое стимулирующее действие на иммунную систему теплокровных животных и рыб.

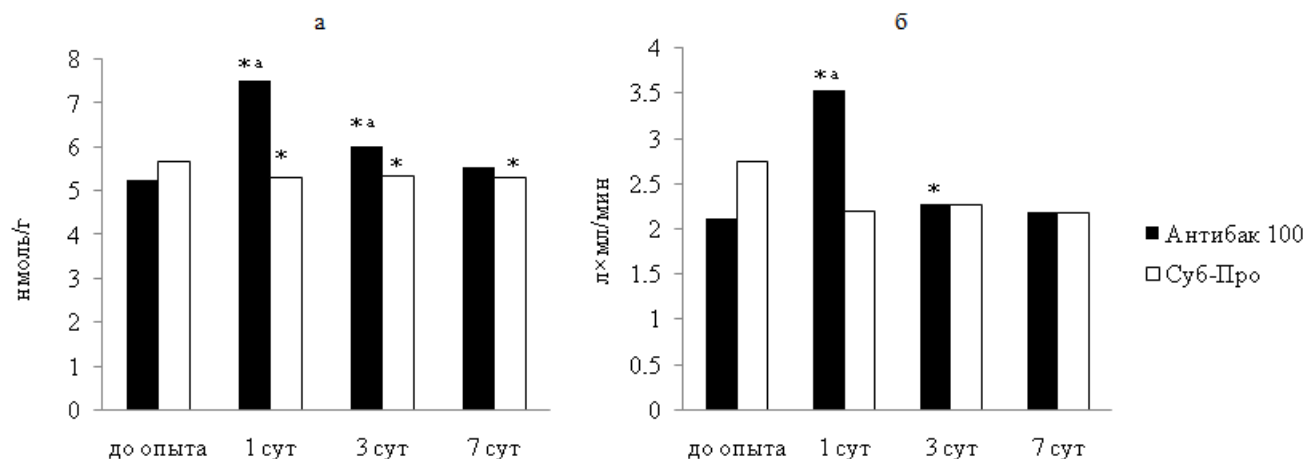
Считается, что механизм действия пробиотика заключается в колонизации кишечника полезными микроорганизмами [Грозеску и др., 2009 (Grosescu et al., 2009)] и их положительном влиянии на иммунную систему [Склярков и др., 2004 (Sklyarov et al., 2004)]. Однако, вместо ожидаемого длительного эффекта, иммуностимулирующее действие СУБ-ПРО оказалось менее выраженным, чем у антибиотика (рис. 2). Вероятно, это объясняется тем, что пробиотики не становятся членами нормальной микрофлоры и достаточно быстро выводятся из организма [Galdeano, Perdigon, 2004]. Фторхинолоны имеют высокую биоаккумуляционную способность хорошо проникать в ткани и биологические жидкости и медленно выводятся из организма [Гончарова, Енгашев, 2003 (Goncharova, Engashev, 2003)].

В группе № 4 бактериостатическая активность сыворотки максимально проявлялась через сутки и затем постепенно снижалась. Это связано с тем, что на начальном этапе заражения включался неспецифический иммунный ответ. В дальнейшем начинался синтез антител и основную защитную функцию выполняли антитела.



**Рис. 1.** Уровень БАСК, %.. Здесь и далее на рисунках: “\*” – достоверные отличия от контрольных данных до опыта; а – достоверные отличия от группы 3 (СУБ-ПРО).

**Fig. 1.** The level of BAS, %. Hereinafter in the figures: “\*” – significant differences from control; a – significant differences from group 3 (SUB-PRO).



**Рис. 2.** Содержание МДА (а) и уровень КОС (б) в печени.

**Fig. 2.** The content of MDA (a) and the level of KOC (b) in the liver.

#### Влияние на окислительные процессы.

Перекисное окисление липидов протекает как цепной экзотермический химический процесс окислительной модификации нейтральных липидов и фосфолипидов. Антиокислительная защита осуществляется антиоксидантной системой клеток и тканей, в том числе антиоксидантными ферментами: супероксиддисмутазой, каталазой, глутатионпероксидазой, глутатион-S-трансферазой и низкомолекулярными антиоксидантными соединениями (α-токоферол, восстановленный глутатион, фенольная форма коэнзима Q<sub>10</sub>, β-каротин, аскорбиновая кислота и др.). В оптимальных условиях соотношение этих систем жизнеобеспечения поддерживается на стационарном минимальном уровне [Грубинко и др., 2001

(Grubinko et al., 2001); Скулачев, 2009 (Skulachev, 2009); Winston, 1991; Fiho, 1996]. При воздействии негативных стресс-факторов происходит активация процессов окислительного стресса, вызывающая избыточное накопление активных форм кислорода (АФК), и снижение активности ферментных и неферментных антиоксидантов. Избыток АФК (супероксидный и гидроксильный радикалы, синглетный кислород, пероксиды и многие другие соединения) становится причиной активации ПОЛ клеточных мембран, разрушения нуклеиновых кислот, белков, повреждения ДНК, митохондрий, пероксидации липидов и инактивации структур антиоксидантной защиты [Барабой и др., 1992 (Baraboy et al., 1992); Winston, 1991; Fiho, 1996].

Основные иммунокомпетентные органы, ответственные за реализацию иммунологических функций у костистых рыб – печень, почки и селезенка. Результаты анализа данных, полученных в нашем исследовании в тканях почек, печени и селезенки (рис. 2–4), отражают зависимость уровня окислительного процессов от особенностей структурно-функциональной организации указанных органов.

Печень у рыб, как и у млекопитающих, многофункциональна и принимает активное участие в процессах переваривания пищи, синтезе белков плазмы крови, поддержании гомеостатического баланса, детоксикации, аккумуляции антигенов и выведения их из организма [Микряков, 1991 (Mikryakov, 1991); Арцимович и др., 1992 (Artsimovich et al., 1992); Маянский, 1992 (Mayansky, 1992)]. При

исследовании содержания МДА в тканях печени в обеих опытных группах отмечено изменение данного показателя (рис. 2а): в группе № 2 содержание МДА было выше, а у карпов 3-ей группы ниже контроля.

Почки состоят из двух отделов: переднего (головного) и туловищного. Головная почка участвует в производстве всех типов иммунокомпетентных клеток [Микряков, 1991 (Mikryakov, 1991); Secombes et al., 1983], туловищная, входя в состав мочевыделительной системы, выполняет и иммунную функцию. В тканях почек в группе № 2 содержание МДА значительно возрастало через 1 сут окончания кормления, в дальнейшем снижалось, но оставалось выше контрольных значений. В группе № 3 повышение показателя отмечалось через 3 и 7 сут наблюдения (рис. 3а).

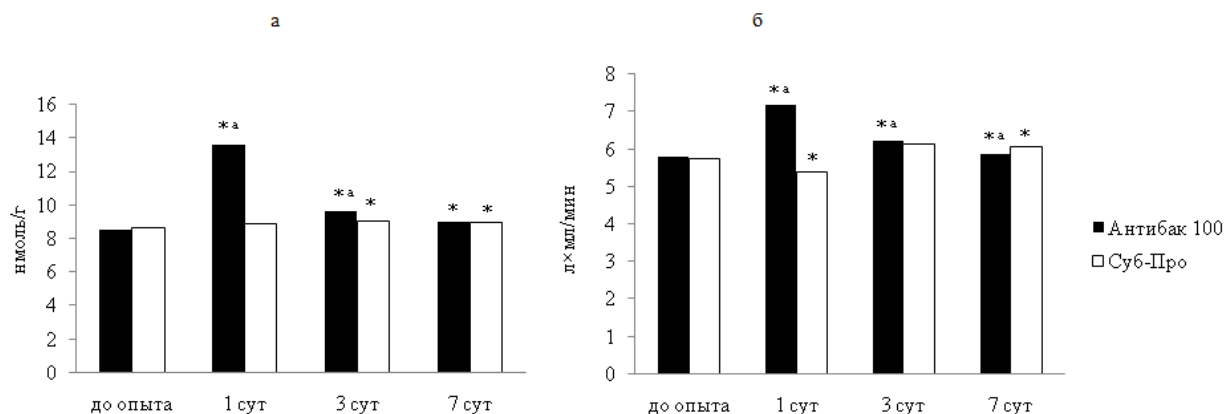


Рис. 3. Содержание МДА (а) и уровень КОС (б) в почке.

Fig. 3. The content of MDA (a) and the level of ICSO (b) in the kidney.

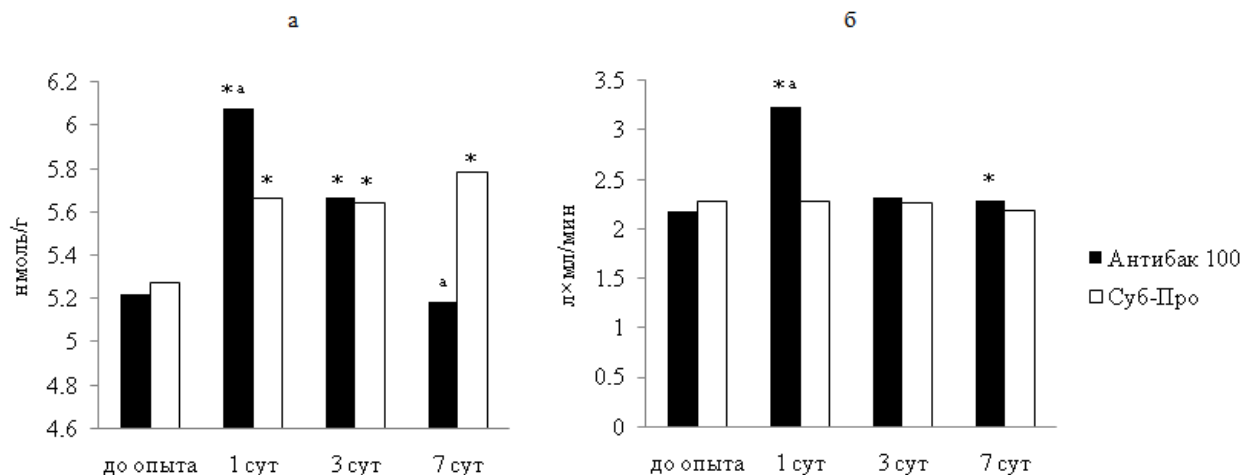


Рис. 4. Содержание МДА (а) и уровень КОС (б) в селезенке.

Fig. 4. The content of MDA (a) and the level of ICSO (b) in the spleen.

Селезёнка – основной орган эритро- и тромбопоэза [Микряков, Балабанова, 1979 (Mikryakov, Balabanova, 1979)], она также обладает фагоцитарной активностью в отношении микробов и старых клеток крови, служит “депо” эритроцитов [Fänge, Nilsson, 1985]. Здесь содержание МДА у особей обеих опытных групп резко повышалось в первые сроки наблюдения, а через 7 сут эксперимента во 2-

ой группе оно было ниже, чем до опыта, а в 3-ей – вновь возрастало (рис. 4а).

Во всех исследуемых органах рыб 2-й группы происходило существенное повышение показателя КОС по сравнению с контролем, тогда как в группе № 3 аналогичное изменение отмечено только в почках, а в печени и селезенке – незначительное снижение (рис. 2б–4б).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышенное содержание МДА в иммунокомпетентных тканях опытных рыб показывает, что воздействие данных препаратов приводило к усилению ПОЛ и развитию оксидативного стресса. Усиление пероксид-генерирующих процессов и дефицит антиоксидантов у рыб, получавших препараты, указывают на нарушение окислительно-восстановительного баланса в иммунокомпетентных органах. Усиление пероксид-генерирующих процессов у рыб 1 и 2-й групп сопровождалось изменением интегрального показателя антиоксидантной защиты. Отмеченный повышенный

уровень показателя КОС, особенно ощутимый через неделю от начала кормления обоими препаратами, свидетельствует о дефиците антиоксидантов в иммунокомпетентных органах.

Выявленные закономерности и фазовый характер происходящих изменений окислительно-восстановительного баланса в тканях, сопровождающийся усилением свободнорадикальных и перекисных процессов и снижением антиоксидантной защиты, являются типичными для реакции рыб на стресс и отражают развитие общего адаптационного синдрома.

Работа выполнена в рамках Государственного задания (тема № АААА-А18-118012690123-4).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреева Л.И., Кожемякин Н.А., Кишкун А.А. Модификация методов определения перекисей липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой // Лабораторное дело. 1988. № 11. С. 41–43.
- Арцимович Н.Г., Настоящая Н.Н., Казанский Д.Б., Ломакин М.С. Печень как орган иммунобиологической системы гомеостаза // Успехи современной биологии. 1992. Т. 112, № 1. С. 88–99.
- Барабой В.А., Брехман И.И., Голотин В.Г., Кудряшов Ю.Б. Перекисное окисление и стресс. СПб.: Наука, 1992. 148 с.
- Бурлаченко И.В. Теоретические и прикладные аспекты повышения резистентности осетровых рыб в аквакультуре // Дисс... доктора биологических наук. М. 2007. 319 с.
- Бычкова Л.И., Юхименко Л.Н., Ходак А.Г., Скоробогатко О.С. Пробиотический препарат СУБ-ПРО (субалин) – альтернатива антибиотикам // Рыбоводство. 2008. № 2. С. 48–49.
- Виолин Б.В., Абрамов В.Е., Ковалев В.Ф. Химиотерапия при бактериальных и паразитарных болезнях // Ветеринария. 2001. № 1. С. 42–46.
- Гаврилин К.В. Опыт борьбы с бактериальной геморрагической септициемией (БГС) в условиях декоративной аквариумистики // Мат-лы Межд. науч.-практ. конф. молодых ученых “Проблемы аквакультуры и функционирования водных экосистем”. Киев. 2002. С. 147–149.
- Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н., Головин П.П., Евдокимова Е.Б., Юхименко Л.Н. Ихтиопатология. Под ред. Н.А. Головиной, О.Н. Бауера. М.: Мир, 2003. 448 с.: ил. (Учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений).
- Гончаров Г.Д. Лабораторная диагностика болезней рыб. М.: Колос, 1973. 119 с.
- Гончарова М.Н., Енгашев В.Г. Фармакокинетика фторхинолонов в организме рыб // Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов: Сб. тезисов докл. Всерос. науч.-практ. конф. М.: Россельхозакадемия, 2003. С. 33–35.
- Грищенко Л.И., Акбаев М.Ш. Болезни рыб с основами рыбоводства: Учебник. М.: КолосС, 2013. 479 с.
- Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А., Шульга Е.А. Биологическая эффективность применения пробиотика Субтилис в составе стартовых комбикормов для осетровых рыб // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2009. 11. № 1. С. 42–45.
- Грубинко В.В., Леус Ю.В., Арсан О.М. Перекисное окисление липидов и антиоксидантная защита у рыб (обзор) // Гидробиол. журн. 2001. Т. 37, № 1. С. 64–78.
- Лукьяненко В.И. Иммунобиология рыб: врожденный иммунитет. Москва; ВО “Агропромиздат”, 1989. 272 с.
- Маянский Д.Н. Иммунологические свойства синусоидных клеток печени // Успехи соврем. биологии. 1992. Т. 112, Вып. 1. С. 100–114.
- Микряков В.Р. Закономерности формирования приобретенного иммунитета у рыб. Рыбинск: ИБВВ РАН, 1991. 153 с.

- Микряков В.Р., Балабанова Л.В. Клеточные основы иммунитета у рыб // Физиология и паразитология пресноводных животных. Л.: Наука, 1979. С. 57–64.
- Микряков В.Р., Балабанова Л.В., Силкина Н.И., Лапирова Т.Б., Попов А.В., Андреева А.М., Гречанов И.Г., Лобунцов К.А. Функционирование иммунной системы рыб под воздействием биотических и абиотических факторов. ИБВВ АН СССР. Борок, 1991. Деп. в ВИНТИ, № 809-В91. 93 с.
- Микряков В.Р., Балабанова Л.В., Заботкина Е.А., Лапирова Т.Б., Попов А.В., Силкина Н.И. Реакция иммунной системы рыб на загрязнение воды токсикантами и закисление среды. М.: Наука, 2001. 126 с.
- Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. СПб.: ГОНИОРХ, 2001. 372 с.
- Отраслевой стандарт. Охрана природы. Гидросфера. Вода для прудовых форелевых и карповых хозяйств. Общие требования. ОСТ 15.282–83.
- Отраслевой стандарт. Показатели качества воды прудовых хозяйств. ОСТ 15.247–81.
- Семёнов В.Л., Ярош А.М. Метод определения антиокислительной активности биологического материала // Укр. биохим. журн. 1985. Т. 57, № 3. С. 50–52.
- Скляр В.Я., Микряков В.Р., Кулаков Г.В., Кудряшова Е.Б., Вайнштейн М.Б. Перспективы применения препарата пробиотик “Субтилис®” в рыбоводстве для обработки икры, эмбрионов и личинок рыб на примере карася *Carassius carassius* и карпа *Cyprinus carpio* (отряд карпообразные Cypriniformes, семейство карповые Cyprinidae) // Вопр. рыболов. 2004. 5. № 3. С. 514–521.
- Скулачев В.П. Новые сведения о биохимическом механизме запрограммированного старения организма и антиоксидантной защите митохондрий // Биохимия. 2009. Т. 74, Вып. 12. С. 1718–1721.
- Смирнова О.В., Кузьмина Т.А. Определение бактерицидной активности сыворотки методом нефелометрии // Журн. микробиол. 1966. № 4. С. 8–11.
- Юхименко Л.Н., Гаврилин К.В., Бычкова Л.И. Химиотерапия бактериальных болезней рыб, достоинства и недостатки // Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов // Тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции. М.: Россельхозакадемия. 2003 г. С. 142–143.
- Anderson D.P. Fish immunology // Diseases of Fishes. Hong Kong. 1974. Vol. 4. P. 239.
- Fänge R., Nilsson S. The fish spleen: structure and function // Experimentia. 1985. Vol. 41. № 2. P. 152–158.
- Fiho W.D. Fish antioxidant defences – A comparative approach // Braz. J. Med. and Biol. Res. 1996. Vol. 29. № 12. P. 1735–1742.
- Galdeano C.M., Perdígón G. Role of viability of probiotic strains in their persistence in the gut and in mucosal immune stimulation // J. Appl Microbiol. 2004. Vol. 97(4). P. 673–81.
- Secombes C.J., VanGroningen J.M., Egberts E. Ontogeny of the immune system in carp (*Cyprinus carpio* L.). The appearance of antigenic determinants on lymphoid cells detected by mouse anti-carp thymocyte monoclonal antibodies // Dev. comp. immunol. 1983. Vol. 7. P. 455–464.
- Soltani M., Mikryakov V.R., Lapirova T.B., Zabolotkina E.A., Popov A.V. Assessment of some immune response variables of immunized common carp (*Cyprinus carpio*) following exposure to organophosphate, malathion // Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. 2003. Vol. 23(1). P. 18–24.
- Winston G.W. Oxidants and antioxidants in aquatic animals // Compar. Biochem. and Physiol. 1991. Vol. 100. № 1–2. P. 173–176.

## REFERENCES

- Andreeva L.I., Kozhemyakin N.A., Kishkun A.A. 1988. Modifikaciya metodov opredeleniya perekisej lipidov v teste s tiobarbiturovoj kislotoj [Modification of methods for determining lipid peroxides in the test with thiobarbituric acid] // Laboratornoe delo. № 11. S. 41–43. [In Russian]
- Anderson D.P. 1974. Fish immunology // Diseases of Fishes. Hong Kong. B. 4. P. 239.
- Arcimovich N.G., Nastoyashchaya N.N., Kazanskij D.B., Lomakin M.S. 1992. Pechen' kak organ immunobiologicheskoy sistemy gomeostaza [Liver as an organ of the immunobiological system of homeostasis] // Uspekhi sovremennoj biologii. T. 112, № 1. S. 88–99. [In Russian]
- Baraboj V.A., Brekhman I.I., Golotin V.G., Kudryashov Yu.B. 1992. Perekisnoe okislenie i stress [Peroxidation and stress]. SPb.: Nauka. 148 s. [In Russian]
- Burlachenko I.V. 2007. Teoreticheskie i prikladnye aspekty povysheniya rezistentnosti osetrovyyh ryb v akvakul'ture [Theoretical and applied aspects of increasing the resistance of sturgeon in aquaculture] // Diss... doktora biologicheskikh nauk. M. 319 s. [In Russian]
- Bychkova L.I., Yuhimenko L.N., Hodak A.G., Skorobogat'ko O.S. 2008. Probioticheskiy preparat SUB-PRO (subalin) – al'ternativa antibiotikam [Probiotic drug SUB-PRO (subalin) - an alternative to antibiotics] // Rybovodstvo. № 2. S. 48–49. [In Russian]
- Fänge R., Nilsson S. 1985. The fish spleen: structure and function // Experimentia. Vol. 41, № 2. P. 152–158.
- Fiho W.D. 1996. Fish antioxidant defences – A comparative approach // Braz. J. Med. and Biol. Res. Vol. 29, № 12. P. 1735–1742.
- Gavrilin K.V. 2002. Opyt bor'by s bakterial'noj gemorragicheskoy septicemiej (BGS) v usloviyah dekorativnoj akvariumistiki [Experience in the fight against bacterial hemorrhagic septicemia (BGS) in the conditions of decorative aquarism] // Mat-ly Mezhd. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh “Problemy akvakul'tury i funkcionirovaniya vodnyh ekosistem”. Kiev. S. 147–149. [In Russian]

- Galdeano C.M., Perdigon G. 2004. Role of viability of probiotic strains in their persistence in the gut and in mucosal immune stimulation // J. Appl Microbiol. Vol. 97(4). P. 673–81.
- Golovina N.A., Strelkov Yu.A., Voronin V.N., Golovin P.P., Evdokimova E.B., Yuhimenko L.N. 2003. Ihtopatologiya [Ichthyopathology]. Pod red. N.A. Golovinoj, O.N. Bauera. M.: Mir. 448 s.: il. (Uchebniki i ucheb. posobiya dlya studentov vysshih uchebnyh zavedenij). [In Russian]
- Goncharov G.D. 1973. Laboratornaya diagnostika boleznej ryb [Laboratory diagnosis of fish diseases]. M.: Kolos, 119 c. [In Russian]
- Goncharova M.N., Engashev V.G. 2003. Farmakokinetika fluorhinolonov v organizme ryb [Pharmacokinetics of fluoroquinolones in the body of fish] // Problemy patologii, immunologii i ohrany zdorov'ya ryb i drugih gidrobiontov: Sb. tezisev dokl. Vseros. nauch.-prakt. konf. M.: Rossel'hozcademiya. S. 33–35. [In Russian]
- Grishchenko L.I., Akbaev M.Sh. 2013. Bolezni ryb s osnovami rybovodstva: Uchebnik [Diseases of fish with the basics of fish farming: Tutorial]. M.: KolosS. 479 s. [In Russian]
- Grozesku Yu.N., Bahareva A.A., Shul'ga E.A. 2009. Biologicheskaya effektivnost' primeneniya probiotika Subtilis v sostave startovyh kombikormov dlya osetrovyyh ryb [Biological efficacy of probiotic Subtilis in the composition of starter feed for sturgeon] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 11. № 1. S. 42–45. [In Russian]
- Grubinko V.V., Leus Yu.V., Arsan O.M. 2001. Perekisnoe okislenie lipidov i antioksidantnaya zashchita u ryb (obzor) [Lipid peroxidation and antioxidant protection in fish (review)] // Hidrobiol. zhurn. T. 37, № 1. S. 64–78. [In Russian]
- Luk'yanenko V.I. 1989. Immunobiologiya ryb: vrozhdennyj immunitet [Fish immunobiology: innate immunity]. Moskva; VO "Agropromizdat". 272 s. [In Russian]
- Mayanskij D.N. 1992. Immunologicheskie svoystva sinusoidnyh kletok pecheni [Immunological properties of sinusoidal cells of the liver] // Uspekhi sovrem. biologii. T. 112, Vyp. 1. S. 100–114. [In Russian]
- Mikryakov V.R. Zakonomernosti formirovaniya priobretnennogo immuniteta u ryb [Patterns of formation of acquired immunity in fish]. Rybinsk: IBVV RAN, 1991. 153 s. [In Russian]
- Mikryakov V.R., Balabanova L.V. 1979. Kletochnye osnovy immuniteta u ryb [Cellular basis of immunity in fish] // Fiziologiya i parazitologiya presnovodnyh zhivotnyh. L.: Nauka. S. 57–64. [In Russian]
- Mikryakov V.R., Balabanova L.V., Silkina N.I., Lapirova T.B., Popov A.V., Andreeva A.M., Grechanov I.G., Lobuncov K.A. 1991. Funkcionirovanie immunoj sistemy ryb pod vozdejstviem bioticheskikh i abioticheskikh faktorov [The functioning of the immune system of fish under the influence of biotic and abiotic factors]. IBVV AN SSSR. Borok. Dep. v VINITI, № 809-V91. 93 s. [In Russian]
- Mikryakov V.R., Balabanova L.V., Zabolotkina E.A., Lapirova T.B., Popov A.V., Silkina N.I. 2001. Reakciya immunoj sistemy ryb na zagryaznenie vody toksikantami i zakislenie sredy [The reaction of the immune system of fish to water pollution with toxicants and acidification of the environment]. M.: Nauka. 126 s. [In Russian]
- Ostroumova I.N. 2001. Biologicheskie osnovy kormleniya ryb [Biological basis of feeding fish]. SPb.: GONIORH. 372 s. [In Russian]
- Otraslevoj standart. Ohrana prirody. Gidrosfera. Voda dlya prудovyh forelevykh i karpovyh hozyajstv. Obshchie trebovaniya [Industry standard. Protection of Nature. Hydrosphere. Water for pond trout and carp farms. General requirements]. OST 15.282–83.
- Otraslevoj standart. Pokazateli kachestva vody prудovyh hozyajstv [Industry standard. Water quality indicators of pond farms]. OST 15.247–81.
- Secombes C.J., VanGroningen J.M., Egberts E. 1983. Ontogeny of the immune system in carp (*Cyprinus carpio* L.). The appearance of antigenic determinants on lymphoid cells detected by mouse anti-carp thymocyte monoclonal antibodies // Dev. comp. immunol. Vol. 7. P. 455–464.
- Semyonov V.L., Yarosh A.M. 1985. Metod opredeleniya antiokislitel'noj aktivnosti biologicheskogo materiala [Method for the determination of antioxidant activity of biological material] // Ukr. biohim. zhurn. T. 57, № 3. C. 50–52. [In Russian]
- Sklyarov V.Ya., Mikryakov V.R., Kulakov G.V., Kudryashova E.B., Vajnshtejn M.B. 2004. Perspektivy primeneniya preparata probiotik "Subtilis®" v rybovodstve dlya obrabotki ikry, embrionov i lichinok ryb na primere karasya *Carassius carassius* i karpa *Cyprinus carpio* (otryad karpooobraznye Cypriniformes, semeystvo karpovye Cyprinidae) [Prospects for the use of the probiotic drug "Subtilis®" in fish farming for the treatment of caviar, embryos and larvae of fish on the example of the crucian *Carassius carassius* and carp *Cyprinus carpio* (carps Cypriniformes, carps Cyprinidae)] // Vopr. rybolov. 5. № 3. S. 514–521. [In Russian]
- Skulachev V.P. 2009. Novye svedeniya o biohimicheskom mekhanizme zaprogramirovannogo stareniya organizma i antioksidantnoj zashchite mitohondrij [New information about the biochemical mechanism of programmed aging of the body and antioxidant protection of mitochondria] // Biohimiya. T. 74, Vyp. 12. S. 1718–1721. [In Russian]
- Smirnova O.V., Kuz'mina T.A. 1966. Opredelenie baktericidnoj aktivnosti syvorotki metodom nefelometrii [Determination of serum bactericidal activity by nephelometry method] // Zhurn. mikrobiol. № 4. S. 8–11. [In Russian]
- Soltani M., Mikryakov V.R., Lapirova T.B., Zabolotkina E.A., Popov A.V. 2003. Assessment of some immune response variables of immunized common carp (*Cyprinus carpio*) following exposure to organophosphate, malathion // Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. Vol. 23(1). P. 18–24.
- Violin B.V., Abramov V.E., Kovalev V.F. 2001. Himioterapiya pri bakterial'nykh i parazitarnykh boleznyakh [Chemotherapy for bacterial and parasitic diseases] // Veterinariya. № 1. S. 42–46. [In Russian]

- Winston G.W. 1991. Oxidants and antioxidants in aquatic animals // *Compar. Biochem. and Physiol.* Vol. 100, № 1–2. P. 173–176.
- Yuhimenko L.N., Gavrilin K.V., Bychkova L.I. 2003. Himioterapiya bakterial'nyh boleznej ryb, dostoinstva i nedostatki [Chemotherapy of bacterial fish diseases, advantages and disadvantages] // *Problemy patologii, immunologii i ohrany zdorov'ya ryb i drugih gidrobiontov* // Tezisy dokladov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. M.: Rossel'hozakademiya. S. 142–143. [In Russian]

## **EFFECT OF ANTIBACTERIAL AND PROBIOTIC PREPARATIONS ON SPECIFIC AND NON-SPECIFIC IMMUNITY AND OXIDATIVE PROCESSES IN THE ORGANISM OF FISH**

**T. A. Suvorova, N. I. Silkina**

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences  
152742 Borok, Russia, e-mail: tanya@ibiw.yaroslavl.ru*

A comparative study of the effect of antibacterial and probiotic preparations on the antibody formation, the level of bacteriostatic activity of blood serum, the intensity of lipid peroxidation and the general antioxidant activity of the tissues of the immunocompetent organs of carps *Cyprinus carpio* L was conducted. The use of drugs increased peroxide-generating processes and the change in the integral index of antioxidant protection. The dependence of the processes occurring on the type of the drug and the features of the structural and functional organization of the organs was revealed.

*Keywords:* fish, immunity, lipid peroxidation, total antioxidant activity, Antibac 100, SUB-PRO

## ПРОБЛЕМЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ (CLADOCERA) КАК СТАРТОВОГО ЖИВОГО КОРМА И СТРАТЕГИЯ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

Вл. К. Чугунов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН  
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, e-mail: vlad.tchougounov@gmail.com

Современная аквакультура нуждается в разноплановых инструментах интенсификации. Живой корм значительно повышает жизнестойкость молоди рыб и ракообразных. Самым перспективным кормом для молоди многих видов рыб являются кладоцеры рода *Moina* Baird (Cladocera: Moinidae). Проанализирована и обобщена информация по проблемам культивирования моин и перспективам их решения. Для получения стабильной высокопродуктивной культуры моин необходимо учитывать голодовую химическую коммуникацию и не допускать голодания особей популяции.

**Ключевые слова:** *Moina*, аквакультура, живой стартовый корм.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10021

Интенсификация аквакультуры как товарной, так и направленной на воспроизводство водных биоресурсов (рыб, ракообразных, моллюсков, иглокожих и пр.), требует разработки технологий, повышающих скорость роста и снижающих смертность молоди культивируемых объектов. Критически важный для этого момент – переход личинок на смешанное и внешнее питание. Стартовая пища должна обеспечивать все физиологические потребности растущего организма, быть доступной по размерам и привлекательной по поведенческим особенностям.

Все виды культивируемых рыб и десятиногих ракообразных проходят стадию питания зоопланктоном. Естественным кормом личинок и молоди рыб и беспозвоночных служат зоопланктон и нектобентос нерестовых водоемов и водотоков. Кладоцеры родов *Daphnia* O.F. Mueller (Daphniidae) и *Moina* Baird (Moinidae) в середине – конце прошлого века считались перспективным стартовым живым кормом, но в современных методиках ведения аквакультуры для большинства видов рыб и креветок ветвистоусые были вытеснены другими кормами, получаемыми технологичными, промышленными методами: использованием декапсулированных яиц или пророщенных науплиусов *Artemia* и/или специальными стартовыми комбикормами с частично ферментированными компонентами.

Одной из причин снижения интереса предприятий аквакультуры к выращиванию ветвистоусых рачков было отсутствие четко управляемой и хорошо прогнозируемой (стабильной) высокопродуктивной технологии получения кормовой биомассы.

**Современное состояние культивирования кладоцер.** Моины и дафнии условно

успешно культивируются двумя способами: в высокотрофных прудах и в специальных культиваторах. Первый способ [Lavens, Sorgeloos, 1996] применим и в тропических и в умеренных регионах сезонно. Из-за связи с погодными явлениями прудовые культуры рачков с высокими продукционными характеристиками не могут надёжно управляться, а нестабильные гидробиологические процессы в микробильной петле удобряемых органикой прудов неизбежно приводят к дефициту пищи кладоцер на пике численности, а затем – к развитию придонной гипоксии и гибели популяции. Открытые высокотрофные экосистемы с, по определению, незанятыми трофическими нишами очень быстро заселяются другими видами гидробионтов. Многие из них, в конечном счёте, не снижают продукцию кладоцер, другие (даже не образуя большой биомассы) могут за короткое время уничтожить всех рачков контактно, например, гидры и плоские черви. Другие гидробионты нарушают жизнедеятельность (питание, дыхание, локомоцию) рачков – таковы эпибионтные виды-оппортунисты, инфузории и коловратки. Никаких перспектив получения робастной прудовой аквакультуры кладоцер не существует.

Гидробиологический подход к культивированию кладоцер в контролируемых условиях показал свою несостоятельность [Кокова, 1982 (Kokova, 1982), Lavens, Sorgeloos, 1996]. Недостаточная изученность эколого-эволюционных адаптаций у представителей рода *Moina* была причиной нестабильной продукции биомассы рачков при попытках их разведения. Наивное представление о плотностно-зависимой популяционной динамике моин, описанной ещё Августом Вейсманом, было уточнено. В частности, выявлен сигнал “Го-



лод!”, т.е. внутрипопуляционная голодовая химическая коммуникация [Tchougounov, 2009].

К культиваторам в цехах живых кормов предприятий аквакультуры полного цикла в прошлом веке предъявлялись сложно реализуемые в то время требования. Стремительно дешевеющая современная энергоэффективная светодиодная и микроконтроллерная техника позволяют автоматизировать управление сложными популяционными процессами в фито- и зообиореакторах.

**Перспективы культивирования моин и других кладоцер.** Высокопродуктивное культивирование любых живых организмов сталкивается не только с техническими трудностями, но и с результатами эволюционно стабильных стратегий самих организмов. Ветвистоусые рачки эволюционировали в сторону увеличения разнообразия физиологических реакций на различные внешние факторы [Colbourne et al., 2011]. Следует принять во внимание как минимум четыре эволюционно стабильных механизма ограничения популяционного роста рачков.

1) Чем выше скорость роста популяции, тем сильнее должны быть внутрипопуляционные механизмы ограничения роста численности. Главным регулятором роста популяции является трофический фактор (параметр К из логистического уравнения Ферхюльста, ёмкость среды), поэтому современные моиниды, обладающие максимальной скоростью роста популяции, используют голодовую химическую коммуникацию, ограничивающую рост популяции до истощения пищи. Если хотя бы часть особей негомогенной популяции испытала нехватку пищи, выделяемые ими феромоны распространяют информацию о надвигающемся голодании, что включает три последующих регулирующих рост популяции процесса с разными характерными временами.

2) Изменение трофической обеспеченности самок вызывает неспецифическую реакцию снижения метаболизма, уменьшения скорости фильтрации пищи [Tchougounov, 2009] и снижения плодовитости популяции в целом.

3) Следующая по времени реакция – индукции фенотипа самцов в будущем потомстве [Olmstead, Leblanc, 2002]. В размножающейся партеногенезом популяции культиватора самцы – ненужное обременение: пищу потребляя, но биомассу увеличивают незначительно.

По-видимому, два этих механизма (2 и 3) имеют сходную эндокринную основу – увеличение титра ювенильного гормона [Riddiford,

1994, Mirth et al., 2005, 2014, Fernandez-Nicolas, Belles, 2017].

4) Ювенильные моины и дафнии любого возраста могут приступить к производству латентных яиц, вместо субитанных, что радикально снижает скорость роста популяции и увеличивает смертность. Этот эндокринный процесс до сих пор совершенно не раскрыт, т.к. ему нет аналога у других (в т.ч. шестиногих) ракообразных, которые гораздо более изучены, чем кладоцеры. Можно предположить, что в индукции гамогенеза ключевую роль играют пептидные гормоны.

Проблемы культивирования кладоцер и пути их решения также можно разделить на четыре группы.

1) **Эффективность культивирования**, которая зависит от оптимальности подбора объекта. Необходимо использовать селекционные и генетически трансформированные культуры, в которых нарушены перечисленные выше механизмы самоограничения популяций. Длительной селекцией нами был получен клон *Moina macroscopa*, который утерятил способность образовывать латентные яйца. По неопубликованным данным автора продукция биомассы этого клона была в 3–4 раза выше, чем у диких клонов, способных к половому размножению.

Ветвистоусые ракообразные удобны и потенциально весьма перспективны для генетических трансформаций не только в фундаментальном [Nakanishi et al., 2016, Kumagai et al., 2017, Hiruta et al., 2018], но и в аквакультурном аспекте. Следует разделять гены, участвующие в эндокринном этапе регуляции и во внутриклеточных сигнальных путях. Первоочередными целями генетических трансформаций (нокаут, дупликация) следует считать эволюционно более лабильные гены белков синтеза и рецепции ювенильного гормона для ослабления его влияния, а также инсулиноподобного фактора роста – для усиления.

Гены различных сигнальных каскадов более консервативны, т.к. их роли в различных тканях организма различаются, и мутации в них могут быть летальными. В прошлом веке многие пестициды были нацелены на нарушение гормональной оси ювенильного гормона (ювениоды). Как и в случае других пестицидов у насекомых-вредителей быстро эволюционировала устойчивость к ювеноидам [Hammock et al., 1977, Charles et al., 2011, Miyakawa et al., 2013].

По неопубликованным данным автора клональные культуры *M. macroscopa* из одной популяции могут продуцировать различное количество самцов, но не обнаружено ни одно-

го не продуцирующего самцов клона, т.к. подобная мутация значительно снижает приспособленность у обитателей временных водоёмов. У *D. magna* [Molinier et al., 2019] и *D. pulex* [Ye et al., 2019] бессамцовые генотипы реализованы различными путями. Мутантные гены устойчивости к ювеноидам и бессамцовости дафний можно использовать за образцы для направленного мутагенеза.

2) **Физиологические проблемы** особей, которые устраняются тщательным подбором абиотических и биотических параметров культивирования. Автором были разработаны два многокомпонентных препарата, которые 1) стабилизируют и 2) ускоряют рост численности популяции ветвистоусых (до 30%) и других ракообразных [Чугунов, 2019 (Tchougounov, 2019)].

3) **Поведенческие особенности** кладоцер должны контролироваться программно-аппаратным комплексом, который снижает трудоёмкость получения стабильного урожая биомассы культиватора.

4) Внутрипопуляционная коммуникация моин подсказывает **различия режимов культивирования** и сбора урожая: плотность по-

пуляции моин должна задаваться постоянным уровнем пищи *ad libitum*, но ограничиваться регулярным сбором урожая до наступления голодания.

Большинство животных и растений, массово выращиваемых в современном сельском хозяйстве, прошло через тысячи лет искусственного отбора по некоторым продукционным и потребительским характеристикам. Представители рода *Moina*, осваивая временные континентальные водоёмы, сотни миллионов лет подвергались естественному отбору и на высокую скорость размножения и на адаптации, ограничивающие плотность популяции (эволюционный trade-off). Современные генетические технологии, позволяющие отключать ненужные в культуре физиологические функции, наряду с методами выращивания, адекватно учитывающими другие эколого-эволюционные адаптации, позволят кратно увеличить продуктивность ветвистоусых рачков как живого стартового корма и как метод переработки отходов некоторых пищевых производств в источник ценного белка, компонента комбикормов.

Выражаю благодарность сотням коллег, которые в жесточайших экспедиционных условиях отважно рискуют здоровьем и жизнью для сбора проб грунта временных водоёмов с латентными яйцами бранхиопод и доставляют в нашу лабораторию. Работа выполнена в рамках государственного задания (AAAA-A18-118012690101-2).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кокова В.Е. Непрерывное культивирование беспозвоночных. Наука. Сиб. отд-ние, 1982. 168 с.
- Чугунов Вл.К. Состав и способ использования двух комбинированных препаратов, направленных на стабилизацию и ускорение динамики численности кладоцер и других ракообразных. Ноу-хау. ИБВВ РАН. Приказ № 27. 11.02.2019.
- Charles J.P., Iwema T., Epa V.C., Takaki K., Rynes J., Jindra M. Ligand-binding properties of a juvenile hormone receptor, Methoprene-tolerant //Proceedings of the National Academy of Sciences. 2011. Vol. 108. № 52. P. 21128–21133. DOI: 10.1073/pnas.1116123109
- Colbourne J.K., Pfrender M.E., Gilbert D., Thomas W.K., Tucker A., Oakley T.H., ... , Bauer D.J. The ecoresponsive genome of *Daphnia pulex* // Science. 2011. Vol. 331. № 6017. P. 555–561. DOI: 10.1126/science.1197761
- Fernandez-Nicolas A., Belles X. Juvenile hormone signaling in short germ-band hemimetabolan embryos //Development. 2017. Vol. 144. № 24. P. 4637–4644. DOI: 10.1242/dev.152827
- Hammock B.D., Mumby S.M., Lee P.W. Mechanisms of resistance to the juvenoid methoprene in the house fly *Musca domestica* L //Pesticide Biochemistry and Physiology. 1977. Vol. 7. № 3. P. 261–272. DOI: 10.1016/0048-3575(77)90017-7
- Hiruta C., Kakui K., Tollefsen K.E., Iguchi T. Targeted gene disruption by use of CRISPR / Cas9 ribonucleoprotein complexes in the water flea *Daphnia pulex* //Genes to cells. 2018. Vol. 23. № 6. P. 494–502. DOI: 10.1111/gtc.12589
- Kumagai H., Nakanishi T., Matsuura T., Kato Y., Watanabe H. CRISPR / Cas-mediated knock-in via non-homologous end-joining in the crustacean *Daphnia magna* //PloS one. 2017. Vol. 12. № 10. P. e0186112. DOI: 10.1371/journal.pone.0186112
- Lavens P., Sorgeloos P. Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper. FAO, Rome, 1996. № 361. 295 p.
- Mirth C., Truman J.W., Riddiford L.M. The role of the prothoracic gland in determining critical weight for metamorphosis in *Drosophila melanogaster* //Current Biology. 2005. Vol. 15. № 20. P. 1796–1807. DOI: 10.1016/j.cub.2005.09.017
- Mirth C.K., Tang H.Y., Makohon-Moore S.C., Salhadar S., Gokhale R.H., Warner R.D., Koyama T., Riddiford L.M., Shingleton A.W. Juvenile hormone regulates body size and perturbs insulin signaling in *Drosophila* //Proceedings of the National Academy of Sciences. 2014. Vol. 111. № 19. P. 7018–7023. DOI: 10.1073/pnas.1313058111

- Miyakawa H., Toyota K., Hirakawa I., Ogino Y., Miyagawa S., Oda S., ... Iguchi T. A mutation in the receptor Methoprene-tolerant alters juvenile hormone response in insects and crustaceans // *Nature communications*. 2013. Vol. 4. P. 1856. DOI: 10.1038/ncomms2868
- Molinier C., Reisser C.M., Fields P.D., Ségard A., Galimov Y., Haag C.R. Evolution of gene expression during a transition from environmental to genetic sex determination // *Molecular biology and evolution*. 2019. Vol. 36. № 7. P. 1551–1564. DOI: 10.1093/molbev/msz123
- Nakanishi T., Kato Y., Matsuura T., Watanabe H. TALEN-mediated knock-in via non-homologous end joining in the crustacean *Daphnia magna* // *Scientific reports*. 2016. Vol. 6. P. 36252. DOI: 10.1038/srep36252
- Olmstead A.W., Leblanc G.A. Juvenoid hormone methyl farnesoate is a sex determinant in the crustacean *Daphnia magna* // *Journal of Experimental Zoology*. 2002. Vol. 293. № 7. P. 736–739. DOI: 10.1002/jez.10162
- Riddiford L.M. Cellular and molecular actions of juvenile hormone I. General considerations and premetamorphic actions // *Advances in insect physiology*. 1994. Vol. 24. P. 213–274. DOI: 10.1016/S0065-2806(08)60084-3
- Tchougounov V.I.K. A pheromone-induced developmental switch in *Moina macrocopa* (Cladocera, Moinidae): The “Hunger!” signal forms the dauer stage // *Doklady Biological Sciences*. 2009. Vol. 425. № 1. P. 125–127. DOI: 10.1134/S0012496609020112
- Ye Z., Molinier C., Zhao C., Haag C.R., Lynch M. Genetic control of male production in *Daphnia pulex* // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2019. Vol. 116. № 31. P. 15602–15609. DOI: 10.1073/pnas.1903553116

## REFERENCES

- Charles J.P., Iwema T., Epa V.C., Takaki K., Rynes J., Jindra M. 2011. Ligand-binding properties of a juvenile hormone receptor, Methoprene-tolerant // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 108. № 52. P. 21128–21133. DOI: 10.1073/pnas.1116123109
- Colbourne J.K., Pfrender M.E., Gilbert D., Thomas W.K., Tucker A., Oakley T.H., ... , Bauer D.J. 2011. The ecoresponsive genome of *Daphnia pulex* // *Science*. Vol. 331. № 6017. P. 555–561. DOI: 10.1126/science.1197761
- Fernandez-Nicolas A., Belles X. 2017. Juvenile hormone signaling in short germ-band hemimetabolan embryos // *Development*. Vol. 144. № 24. P. 4637–4644. DOI: 10.1242/dev.152827
- Hammock B.D., Mumby S.M., Lee P.W. 1977. Mechanisms of resistance to the juvenoidmethoprene in the house fly *Musca domestica* L // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. Vol. 7. № 3. P. 261–272. DOI: 10.1016/0048-3575(77)90017-7
- Hiruta C., Kakui K., Tollefsen K.E., Iguchi T. 2018. Targeted gene disruption by use of CRISPR/Cas9 ribonucleoprotein complexes in the water flea *Daphnia pulex* // *Genes to cells*. Vol. 23. № 6. P. 494–502. DOI: 10.1111/gtc.12589
- Kokova V.E. 1982. Nepreryvnoe kul'tivirovanie bespozvonochnyh. Nauka. Sib. otd-nie. 168 c. [In Russian]
- Kumagai H., Nakanishi T., Matsuura T., Kato Y., Watanabe H. 2017. CRISPR/Cas-mediated knock-in via non-homologous end-joining in the crustacean *Daphnia magna* // *PloS one*. Vol. 12. № 10. P. e0186112. DOI: 10.1371/journal.pone.0186112
- Lavens P., Sorgeloos P. 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper. № 361. FAO, Rome. 295 p.
- Mirth C., Truman J.W., Riddiford L.M. 2005. The role of the prothoracic gland in determining critical weight for metamorphosis in *Drosophila melanogaster* // *Current Biology*. Vol. 15. № 20. P. 1796–1807. DOI: 10.1016/j.cub.2005.09.017
- Mirth C.K., Tang H.Y., Makohon-Moore S.C., Salhadar S., Gokhale R.H., Warner R.D., Koyama T., Riddiford L.M., Shingleton A.W. 2014. Juvenile hormone regulates body size and perturbs insulin signaling in *Drosophila* // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 111. № 19. P. 7018–7023. DOI: 10.1073/pnas.1313058111
- Miyakawa H., Toyota K., Hirakawa I., Ogino Y., Miyagawa S., Oda S., ... Iguchi T. 2013. A mutation in the receptor Methoprene-tolerant alters juvenile hormone response in insects and crustaceans // *Nature communications*. Vol. 4. P. 1856. DOI: 10.1038/ncomms2868
- Molinier C., Reisser C.M., Fields P.D., Ségard A., Galimov Y., Haag C.R. 2019. Evolution of gene expression during a transition from environmental to genetic sex determination // *Molecular biology and evolution*. Vol. 36. № 7. P. 1551–1564. DOI: 10.1093/molbev/msz123
- Nakanishi T., Kato Y., Matsuura T., Watanabe H. 2016. TALEN-mediated knock-in via non-homologous end joining in the crustacean *Daphnia magna* // *Scientific reports*. Vol. 6. P. 36252. DOI: 10.1038/srep36252
- Olmstead A.W., Leblanc G.A. 2002. Juvenoid hormone methyl farnesoate is a sex determinant in the crustacean *Daphnia magna* // *Journal of Experimental Zoology*. Vol. 293. № 7. P. 736–739. DOI: 10.1002/jez.10162
- Riddiford L.M. 1994. Cellular and molecular actions of juvenile hormone I. General considerations and premetamorphic actions // *Advances in insect physiology*. Vol. 24. P. 213–274. DOI: 10.1016/S0065-2806(08)60084-3
- Tchougounov V.I.K. 2009. A pheromone-induced developmental switch in *Moina macrocopa* (Cladocera, Moinidae): The “Hunger!” signal forms the dauer stage // *Doklady Biological Sciences*. Vol. 425. № 1. P. 125–127. DOI: 10.1134/S0012496609020112
- Tchougounov V.I.K. Sostav i sposob ispol'zovaniya dvuh kombinirovannyh preparatov, napravlenykh na stabilizatsiyu i uskorenie dinamiki chislennosti kladocer i drugih rakoobraznyh. Nou-hau. IBVV RAN. Prikaz № 27. 11.02.2019 [In Russian]
- Ye Z., Molinier C., Zhao C., Haag C.R., Lynch M. 2019. Genetic control of male production in *Daphnia pulex* // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 116. № 31. P. 15602–15609. DOI: 10.1073/pnas.1903553116

## CLADOCERA CULTIVATION FUNDAMENTALS AS A LIVE FOOD FOR MODERN AQUACULTURE

**VI. K. Tchougounov**

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters of Russian Academy of Sciences  
Borok, Nekouzski raion, Yaroslavl oblast, 152742 Russia, e-mail: vlad.tchougounov@gmail.com*

Modern aquaculture requires a live food for juvenile fish and crustaceans. Different species of g. *Moina* are the most promising replacement for *Artemia* nauplii. The best way for robust *Moina* biomass production is cultivation under strictly controlled conditions in special tanks with a constant feed level and stable replenishment.

*Keywords:* *Moina*, aquaculture, live food

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ МЕЗОНЕФРОСА *POLYPTERUS SENEGALUS*

Е. А. Флерова<sup>1,2</sup>, Е. Г. Евдокимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства,  
150517, Ярославская область, Ярославский район, поселок Михайловский, улица Ленина, 1.

<sup>2</sup>Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова,  
150003, г. Ярославль, ул. Советская, 14, e-mail: katarinum@mail.ru

Изучение архитектоники и структуры кровеносных сосудов имеет большое значение для понимания процессов кровоснабжения органа, следовательно, и выполнения им своей функции. В настоящей работе раскрыта архитектоника кровеносного русла мезонефроса *Polypterus senegalus*, а также ультраструктура клеток составляющих стенки сосудов. Показано, что в краниальной части почки сформированы два сосудистых столба, которые к каудальной части мезонефроса образуют единый магистральный сосуд больших размеров. От сосудистых столбов в медиальной части мезонефроса в большом количестве отходят ветви сосудов второго порядка, которые кровоснабжают интерстиций и образуют гломус почечных телец. Сосудистая система мезонефроса представлена одним типом сосудов, который согласно классификации, разработанной для высших позвоночных отнесен к сосудам с непрерывным эндотелием. Они подразделяются на три вида, различающиеся, как по ультратонкому строению их стенки, так и по физическим параметрам: массопередачи и поддерживаемому давлению. Изменение строения сосуда в сторону уменьшения параметров, способствующих эффективной массопередачи, посредством диффузии, приводит к нарастанию доли активного транспорта в массообмене между просветом сосуда и интерстицием мезонефроса, с сопутствующим увеличением количества митохондрий. Кровеносное русло многопёр имеет преимущество перед сосудами амниот по показателям массопередачи, уступая в величине давления внутри сосудистой системы органа.

**Ключевые слова:** мезонефрос, костистые рыбы, *polypterus*, кровеносные сосуды, архитектоника кровеносного русла.

DOI: 10.24411/0320-3557-2019-10022

### ВВЕДЕНИЕ

*Polypterus senegalus* занимает уникальное систематическое положение. Этот вид относят к группе костных (*Osteichthyes*) классу лучепёрых (*Actinopterygii*), при этом филогенетически находится очень близко к группе двоякодышащих (*Dipnoi*) и классу амфибий (*Amphibia*) [Россо, et al., 2004]. Такое положение говорит о том, что эта группа могла быть переходной формой между различными классами животных, что, несомненно, отразилось на строении и функционировании организма. В отряде многоперообразных (*Polypteriformes*), к которым относится *P. senegalus*, только одно семейство – многоперовые, насчитывающее 10 видов многоперов и 1 вид каламоихтов (*Calamoichthys calabaricus* Smith, 1865). Данные виды обладают многими анцестральными признаками, которые неизвестны у других современных лучепёрых, например, плавательный пузырь у них служит и для атмосферного дыхания [Нельсон, 2006 (Nelson, 2006), Jose et al., 2017]. Возникновение воздушного дыхания один из поворотных этапов в эволюции позвоночных, что оказало влияние на все системы организма, в том числе и систему выделения [Jose et al., 2006, Abram et al., 2017].

Центральным органом выделительной системы является почка. Она вносит значи-

тельный вклад в адаптационные процессы, при изменении потребления кислорода и интенсивности метаболизма. Кроме выделительной и осморегуляторной функции в мезонефросе происходит пролиферация кровяных клеток, регуляция работы многих компонентов метаболизма, синтез гормонов, регуляция кровяного давления и поддержание гомеостаза [Криштофрова, Стегайло-Стоянова, 2012 (Krishtofrova, Stegajlo-Stoyanova, 2012), Lloyd-Evans, 1994, Charmi et al., 2010, Morovvatil et al., 2012, Esra, 2019].

Особое значение для понимания роли в адаптационных процессах функций почки, которые в ходе эволюции претерпевали изменения и совершенствовались, приобретая черты сходства с функциями теплокровных животных, имеет процесс кровоснабжения органа. Морфологическим базисом процесса кровоснабжения мезонефроса являются сосуды. Большое значение в понимании общих с теплокровными животными принципов строения сосудов, а также специфических черт, присущих многоперовым является изучение архитектоники и структуры сосудов почки, а также ультраструктура клеток, образующих данные сосуды [Morovvatil et al., 2012, Esra, 2019].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рыбу для исследования приобрели в зоомагазине, в течение нескольких недель она проходила акклимацию в проточных каналах с подогреваемой до 30°C водой, кормили измельченной рыбой. Для анализа отобрали по 6 половозрелых самок. На охлаждаемом столике рыб вскрывали и выделяли почки.

Материал для световой микроскопии. Для получения серийных гистологических срезов мезонефроса орган от 3 экземпляров фиксировали целиком в 2.5% глутаральдегиде на 0.1 М фосфатном буфере. Материал был залит в парафин по стандартной методике. Серийные срезы толщиной 7 мкм получали на микротоме SLIDE 2003 (Германия), каждый срез выполнялся во фронтальной плоскости органа. Всего было получено по 5100 срезов. Затем срезы были окрашены гематоксилин-эозином по стандартной методике, на препараты наносили канадский бальзам и накрывали покровным стеклом [Тимакова и др., 2014 (Timakova et al., 2014.)].

При помощи светового микроскопа Микмед-6 (Россия) с цифровой камерой Tour Cam 5.1 для каждого среза получали серию цифровых фотографий. Затем для каждого среза в программе Adobe Photoshop CS5 производили сшивку цифровых фотографий (коллаж среза).

Морфометрический анализ проводили с коллажей срезов помощью программы J Micro Visionv 1.2.7. Измеряли площадь просвета сосудов и толщину соединительной ткани, отделивающей сосуд от интерстиция мезонефроса.

Трехмерную реконструкцию сосудистой системы мезонефроса выстраивали с помощью программы Nicolas Roduit, Reconstruct. Для этого коллажи срезов загружали от дорсального к вентральному полюсу органа, выделяли нужные структуры и формировали изображение.

Материал для электронной микроскопии. Для получения электронно-микроскопических фотографий от 3 экземпляров рыб из срединной части органа иссекали образцы ткани. Затем их фиксировали и проводили по стандартной для электронной микроскопии методике. Ультратонкие срезы готовили на микротоме Leica EMUC7, просматривали под микроскопом JEM 1011 [Тимакова и др., 2014 (Timakova et al., 2014.)]. С каждого среза получали цифровые фотографии. С фотографий проводили измерения: длины и ширины клеток, ядер, площади просвета сосудов, расстояний между сосудами и интерстицием мезонефроса, размеров клеток и субклеточных

структур. За длину клеток принимали размер, измеряемый параллельно базальной мембране, а ширину – перпендикулярно ей.

Анализ эффективности массопередачи через стенку сосуда. Для расчета эффективности диффузионного потока через стенки различных видов сосудов использовали закон диффузии Фика:

$$M = D \frac{A}{h} \Delta C$$

Где: М – количество вещества, проходящего через стенку сосуда, моль×см<sup>-2</sup>×с<sup>-1</sup>;

А – площадь слоя, через который происходит диффузия, мкм<sup>2</sup>;

h – толщина стенки сосуда, мкм;

D – коэффициент диффузии, зависящий от свойств среды, см<sup>2</sup>×с<sup>-1</sup>;

ΔC – градиент концентрации вещества, моль/л.

Для сравнения разных видов сосудов, коэффициент диффузии и градиент концентрации вещества принимали равным, для всех сравниваемых видов (D=const, ΔC= const). Для удобства сравнения, уравнение преобразовали:

$$M_1 \frac{h_1}{A_1} = M_{2,3} \frac{h_{2,3}}{A_{2,3}}$$

Где: М<sub>1</sub> – количество вещества, проходящего через стенку сосуда первого вида;

А<sub>1</sub> – площадь диффузии сосудов второго и третьего видов, мкм<sup>2</sup>;

h<sub>1</sub> – толщина стенки сосуда первого вида, мкм;

М<sub>2,3</sub> – среднее количество вещества, проходящего через стенки сосудов второго и третьего видов;

А<sub>2,3</sub> – средняя площадь диффузии сосудов второго и третьего видов, мкм<sup>2</sup>;

h<sub>2,3</sub> – средняя толщина стенки сосудов второго и третьего видов, мкм.

Расчёт давления внутри сосуда. Для сравнения возможности напряжения стенок сосуда необходимого для поддержания давления в кровяном русле рассчитали с помощью уравнения Лапласа:

$$T_h = P_t \left( \frac{r_b}{h} \right)$$

Где: Th – тангенсальное напряжение стенки сосуда, противодействующее растягивающему давлению внутри сосуда;

P<sub>t</sub> – давление в сосуде, действующее на стенки, Па;

r<sub>b</sub> – внутренний радиус сосуда, мкм;

h – толщина стенки сосуда, мкм.

Предположим, что сосуды многопёр и высших позвоночных животных поддержива-

ют один уровень напряжения, в таком случае получаем следующее уравнение:

$$P_{r1} \left( \frac{r_{b1}}{h_1} \right) = P_{r2} \left( \frac{r_{b2}}{h_2} \right)$$

Где:  $P_{r1}$  – давление в сосуде, действующее на стенки у многопер, Па;

$r_{b1}$  – внутренний радиус сосуда многопер, мкм;

$h_1$  – толщина стенки сосуда многопер, мкм;

$P_{r2}$  – давление в сосуде, действующее на стенки у высших позвоночных, Па;

$r_{b2}$  – внутренний радиус сосуда высших позвоночных, мкм;

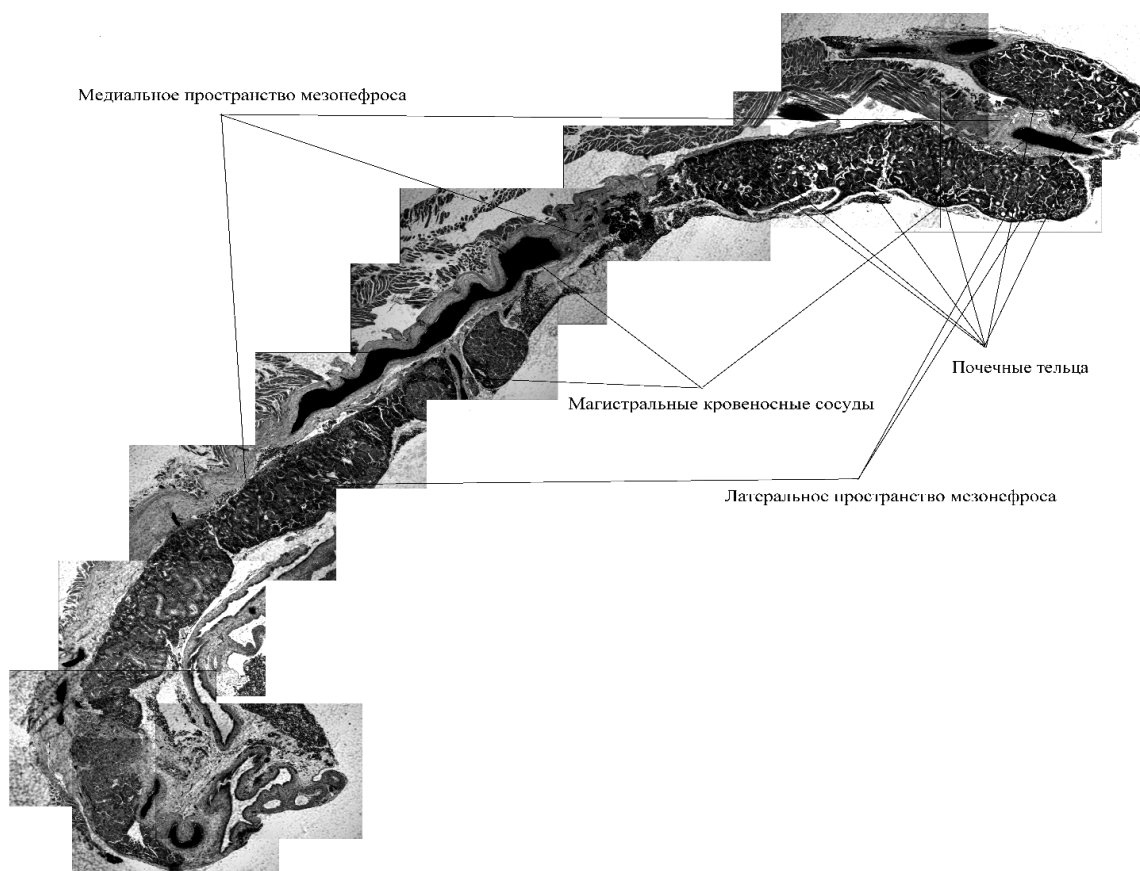
$h_2$  – толщина стенки сосуда высших позвоночных, мкм.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мезонефрос *P. senegalus* представляет длинный узкий симметричный орган, расположенный вдоль вентральной поверхности позвоночника.

Результаты световой микроскопии показали, что основные, снабжающие орган сосуды

фронтальной плоскости проходят в медиальной части, откуда дают множественные разветвления в интерстиций почки, которые, в свою очередь, снабжают гломеру почечных капсул, располагающийся латеральнее магистральных сосудов (рис. 1).



**Рис. 1.** Пространственное распределение сосудов и почечных телец в краниальной части мезонефроса.

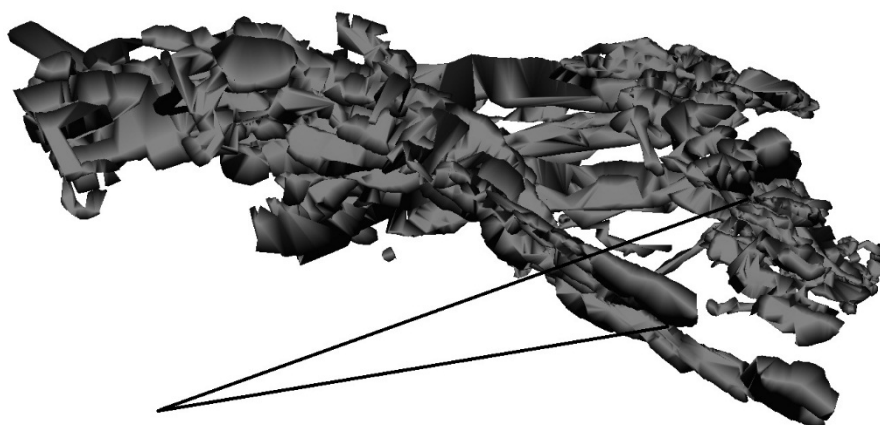
**Fig. 1.** Space structure of blood vessels and renal corpusele in the cranial section of the mesonephros.

Толщина соединительной ткани, разделяющая сосуды и интерстиций мезонефроса составляет  $126 \pm 12$  мкм. Средняя фронтальная площадь магистрального сосуда медиальной части почки составляет  $37800 \pm 8500$  мкм<sup>2</sup>. Данное значение определяет сопротивление току крови и влияет на интенсивность процессов кровоснабжения органа.

Результаты трехмерной реконструкции пространственной структуры кровеносного

русла магистральных сосудов мезонефроса показали, что они в краниальной части почки формируют два столба, которые к каудальной части мезонефроса образуют единый магистральный сосуд больших размеров. От двух сосудистых столбов в большом количестве отходят ветви сосудов второго порядка, которые кровоснабжают интерстиций и образуют гломеру почечных телец (рис. 2).





Столбы кровеносного русла

**Рис. 2.** Сосудистое русло краниальной части мезонефроса.

**Fig. 2.** Blood vessels of the cranial section of the mesonephros.

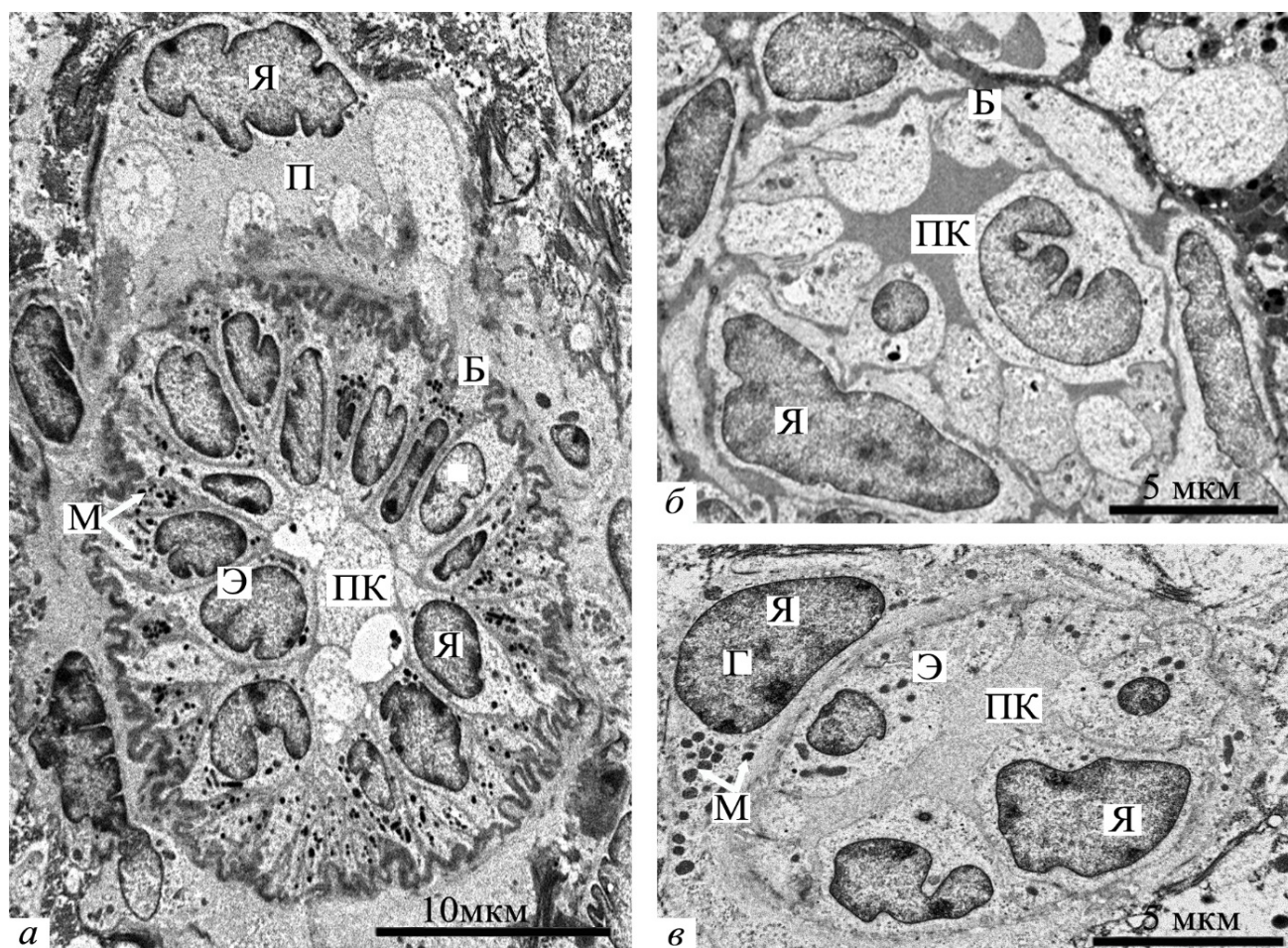
Результаты электронной микроскопии показали, что сосудистое русло в интерстиции мезонефроса представлено одним типом сосудов – сосудами с непрерывным эндотелием, в структуру которых входит эпителиоциты, базальная мембрана, перициты. Общая схема ультраструктурной организации данного типа сосудов соответствует таковой для высших позвоночных [Васина и др., 2017 (Vasina et al., 2017)]. При этом обнаружено три вида сосудов, различающихся по размеру, как самих сосудов, так и образующих их эндотелиальных клеток. Первый вид сосудов имеет диаметр около 20 мкм, площадь просвета которого составляет всего 5.87 мкм<sup>2</sup> (рис. 3а). Для этого вида сосудов свойственно наибольшее соотношение толщины стенки сосуда (8.09 мкм) к периметру его просвета (17.71 мкм).

Эндотелиальные клетки расположены на складчатой базальной мембране, толщина которой составляет  $0.35 \pm 0.001$  мкм. Следует отметить, что такая толщина базальной мембраны характерна и для остальных видов сосудов (рис. 3а, 4а). Для первого вида сосудов характерно плотное прилегание эндотелиоцитов эллипсовидной формы со средними размерами  $6.08 \pm 0.53 \times 2.37 \pm 0.31$  мкм. Отмечено, что такое соотношение размеров эндотелиоцита приводит к уменьшению просвета данных сосудов по сравнению с другими видами сосудов, что в свою очередь указывает на увеличение времени диффузии веществ через рассматриваемый тип клеток. Ядро эндотелиоцитов ( $3.37 \pm 0.20 \times 1.85 \pm 0.24$  мкм) расположено в апи-

кальной части клеток, имеет неправильную овальную форму. Гетерохроматин сконденсирован по периферии ядра с перерывом на ядерные поры. У ядер большинства клеток он формирует ядрышки, которые располагаются на периферии органеллы (рис. 3в). Цитоплазме клеток содержит митохондрии, зернистые скопления и пиноцитозные пузырьки. На срезах клеток насчитывается от 5 до 8 митохондрий (рис. 3а). Большое количество митохондрий в совокупности с пиноцитозными пузырьками, которые принимают непосредственное участие в транспортировке веществ, свидетельствуют высокой интенсивности как метаболических, так и процессов обмена, связанных с активным транспортом ионов сосудами нефрона.

Перициты этого вида сосудов представляют собой вытянутые клетки ( $13.99 \pm 2.34 \times 5.29 \pm 0.86$  мкм), расположенные на базальной мембране и окружающие сосуд (рис. 3а). Крупное ядро ( $7.72 \pm 1.19 \times 2.70 \pm 0.89$  мкм) с множественными инвагинациями ядерной мембраны располагается в центральной части клетки. Структура гетерохроматина аналогична ядрам эндотелиоцитов. Из-за вытянутой формы клеток электронно-микроскопически можно выделить две зоны: центральную или ядерную и периферическую. Цитоплазма в ядерной зоне расположена тонким ободком вокруг ядра. Периферическая зона представляет собой два латеральных полюса клетки, в цитоплазме которых расположены митохондрии (рис. 3а).





**Рис. 3.** Почечные кровеносные сосуды. *а* – сосуд интерстиция первого вида; *б* – сосуд интерстиция второго вида; *в* – сосуд интерстиция третьего вида. Условные обозначения: Я – ядро клетки, П – перикит, Б – базальная мембрана, М – митохондрии, Э – эпителиоциты, ПК – просвет канала сосудов, Г – гетерохроматин.

**Fig. 3.** Renal blood vessels. *a* – blood vessel interstitium of the first type; *б* – blood vessel interstitium of the second type; *в* – blood vessel interstitium of the third type. Legend: Я – the nucleus of the cell, П – pericyte, Б – basal membrane, М – mitochondria, Э – epithelial cells, ПК – the lumen of canal of blood vessels, Г – heterochromatin.

Второй и третий виды кровеносных сосудов очень близки по ультратонкому строению. Площадь просвета и диаметр сосудов идентичны и составляют  $11.80 \pm 2.0 \text{ мкм}^2$ ,  $12.75 \pm 0.05 \text{ мкм}$ . Для этих видов сосудов характерно меньшее соотношение толщины стенки сосуда ( $2.635 \text{ мкм}$ ) к периметру его просвета ( $11.054 \text{ мкм}$ ). Данное значение свидетельствует об увеличении эффективности массопередачи через стенки сосуда. Длина клеток эндотелия незначительно превышает ширину ( $3.16 \pm 0.69 \times 3.08 \pm 0.50 \text{ мкм}$ ) (рис. 3б, в). Следует отметить, что такое соотношение размеров эндотелиоцитов свидетельствует о более высокой скорости диффузии через стенку сосудов второго и третьего вида, по сравнению с первым, что в свою очередь позволяет ускорить процесс транспорта конечных продуктов анаболизма, а также метаболитов между кровью и интерстицием мезонефроса.

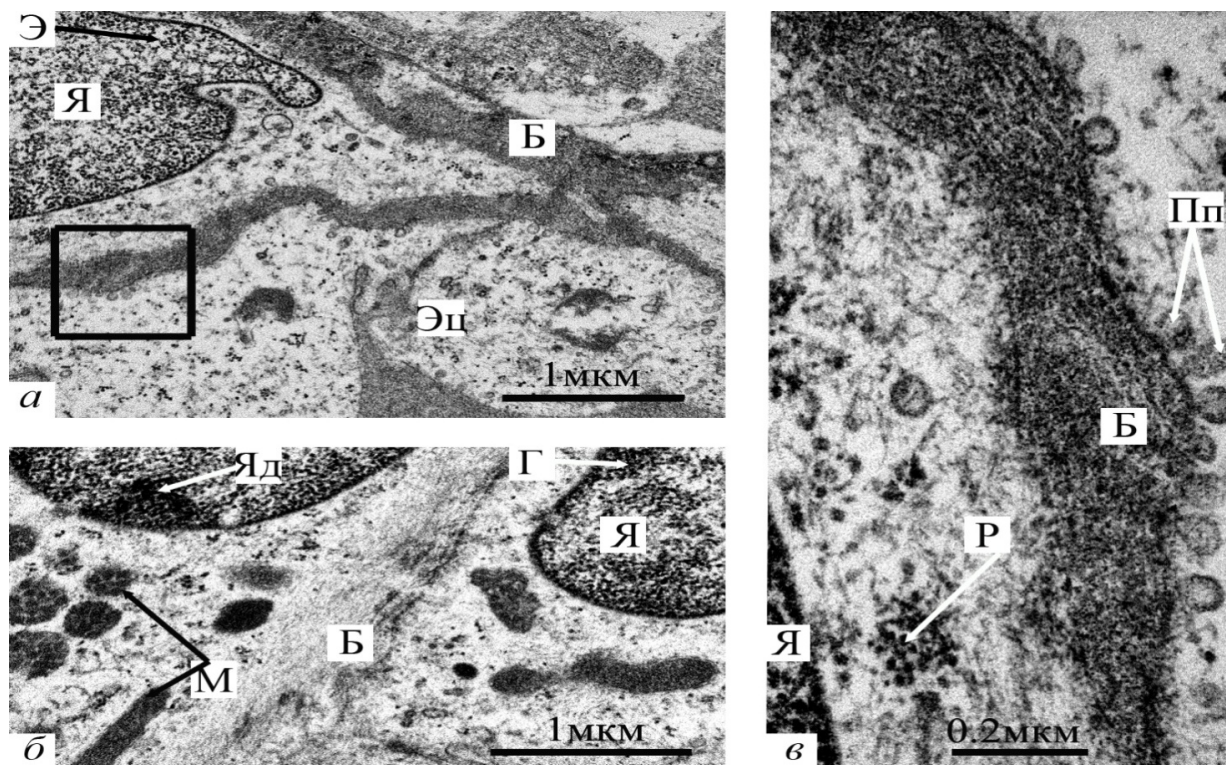
Клетки эндотелиоцитов формирующих сосуды второго и третьего вида располагаются на гладкой базальной мембране, они менее вы-

тянутые, по сравнению с клетками сосудов первого вида, ядра смещены к базальной части эндотелиоцитов (рис. 3б, в, 4а). Форма ядер варьирует от овальной до серповидной. Средние размеры ядер составляют  $3.04 \pm 1.40 \times 2.16 \pm 0.59 \text{ мкм}$ . Гетерохроматин располагается аналогично ядрам эндотелиоцитов первого вида сосудов. На срезах клеток эндотелиоцитов обнаружены от 2 до 6 митохондрий. Хорошо заметные зернистые скопления в цитоплазме идентифицированы как шероховатый эндоплазматический ретикулум. На срезах латеральных полюсов эндотелиоцитов сосудов второго и третьего вида находится большое количество пиноцитозных пузырьков диаметром  $0.07 \pm 0.003 \text{ мкм}$  (рис. 4а, б, в). Меньшее количество митохондрий на срезах эндотелиоцитов второго и третьего вида сосудов свидетельствуют о меньшей интенсивности как метаболических, так и ионообменных процессов, по сравнению с сосудами первого вида.



Перициты сосудов второго и третьего вида представляют собой длинные клетки ( $8.46 \pm 1.10 \times 3.21 \pm 0.24$  мкм), расположенные на базальной мембране. В цитоплазме перицитов имеется ядро ( $5.82 \pm 0.56 \times 2.51 \pm 0.43$  мкм). Для второго вида сосудов характерна большая встречаемость перицитов на срезе ткани, по

сравнению с сосудами третьего вида. Цитоплазма перицитов второго вида сосудов содержит значительно больше митохондрий (в среднем 14 на срез клетки), по сравнению с перицитами третьего вида сосудов, в цитоплазме которых обнаруживается 1–2 митохондрии (рис. 3б, в, 4б).



**Рис. 4.** Ультраструктура клеток эндотелия, базальной мембраны и перицитов. *а* – контакт эндотелиоцита, базальной мембраны и перицита, *б* – цитоплазма эндотелиоцита и перицита, *в* – участок базальной мембраны. Условные обозначения: Б – базальная мембрана, Г – гетерохроматин, М – митохондрии, Пп – пиноцитозные пузырьки, Р – рибосомы, Э – эухроматин, Эц – эндотелиоцит, Я – ядро. Черной рамкой выделена область, увеличенная на рис. 4в.

**Fig. 4.** Ultrastructure of endothelial cells, basal membrane and pericytes. *a* – contact of endothelial cell, basal membrane and pericyte, *б* – cytoplasm of endothelial cells and pericytes, *в* – ultrastructure of basal membrane. Legend: Я – cell nucleus, Б – basal membrane, М – mitochondria, Э – euchromatin, Г – heterochromatin, Эц – endotheliocyte, Р – ribosome, Пп – pinocytosis bubbles. A black border marks the area enlarged in fig. 4в.

Проведенный морфологический анализ сосудов мезонефроса *P. senegalus* показал, что кровеносное русло мезонефроса развито в меньшей степени по сравнению с тазовыми почками высших позвоночных. Возможно, это связано с особенностями строения метанефроса амниот. Известно, что в метанефрических почках в процессе эволюционного развития, связанного с приобретением независимости от водной среды, произошло увеличение общего количества нефронов, длины канальцев нефрона, появление петли Генле, и как следствие увеличение снабжения кровеносной системой органа [Наточин, 1976 (Natochin, 1976)].

Меньшее развитие кровеносной системы мезонефроса, по сравнению с метанефросом проявилось и на ультраструктурном уровне. В мезонефросе *P. senegalus* был обнаружен лишь

один тип сосудов – это сосуды с непрерывным эндотелием. Стенка таких сосудов состоит из трёх слоев: эндотелиоциты и базальная мембрана, перициты, что соответствует строению стенки сосудов высших позвоночных [Криштофрова, Стегайло-Стойанова, 2012 (Krishtofrova, Stegajlo-Stoyanova, 2012), Криштофрова, Стегайло-Стойанова, 2012а (Krishtofrova, Stegajlo-Stoyanova, 2012a)]. Следовательно, стенка почечных сосудов *P. senegalus*, относящихся к типу сосудов с непрерывным эндотелием, является консервативной структурой, которая полностью сформировалась ещё у представителей многопёр. Выход позвоночных на сушу, сопровождающийся формированием у амниот метанефрических почек, не оказал влияние на строение стенки почечных сосудов с непрерывным эндотелием.

Разнообразие сосудов проявилось в первую очередь в особенностях ультраструктуры эндотелиоцитов, базальной мембраны и перицитов. Количество перицитов на срезе ткани, а также количество структур, в эндотелиоцитах и перицитах, характеризующих интенсивность метаболических и процессов обмена, связанных с активным транспортом ионов сосудов нефрона в совокупности с данными, демонстрирующими времена диффузии веществ через эндотелиоциты и давление в кровяном русле, позволило выделить три вида сосудов. Отдельно следует отметить, различную складчатость базальной мембраны, формирующей сосуды разных видов. Для первого вида характерна складчатая базальная мембрана, значительно увеличивающая площадь контакта эндотелиоцита и перицита, что является ключевым для выполнения секреторной функции перицитов. Для второго и третьего вида характерна гладкая форма базальной мембраны, снижающая площадь контакта структур стенок сосуда. Известно, что перициты могут выполнять функции контроля диаметра всего сосуда, тем самым выполняя функции мышечного слоя в сосудах высших позвоночных. Авторами работы показана аналогичность общей схемы строения перицитов *P. senegalus* с перицитами высших позвоночных [Криштофрова, Стегайло-Стойанова, 2012 (Krishtofrova, Stegajlo-Stoyanova, 2012)]. Количество перицитов на срезе ткани, количество митохондрий в цитоплазме перицитов разных видов сосудов позволяет предположить дифференцированную регуляцию давления в кровяном русле мезонефроса.

Важной характеристикой сосудов является эффективность массопередачи через стенки кровеносного русла напрямую зависящие от площади передачи и толщины стенки сосуда, через которую происходит транспорт веществ. Соотношение массопередачи сосудов первого вида к сосудам второго и третьего видов составляет 0.522 (см. таблицу). Данное значение свидетельствует о том, что количество проходящего через стенку сосуда вещества в сосудах второго и третьего видов превышает практически в два раза таковое в сосудах первого вида.

Расчёты эффективности передачи через стенку сосуда показывают, что соотношение массопередачи у *P. senegalus* и высших позвоночных составляет 6.004 (при толщине стенки – 30.55 мкм и ширине просвета – 11.12 мкм) [Криштофрова, Стегайло-Стойанова, 2012а

(Krishtofrova, Stegajlo-Stoyanova, 2012a)] (см. таблицу).

Данный факт говорит о том, что эффективность этого процесса значительно выше у многопёр, чем у высших позвоночных при условиях одинаковых свойств среды организма и градиента концентраций.

Сравнительная характеристика коэффициентов массопередачи и поддерживаемого давления в сосудах многопер и высших позвоночных

Comparative characteristics of the coefficients of mass transfer and pressure in vessels Polypterus and Mammalia

Параметр	Соотношение	
Parameter	Ratio	
	I тип сосудов / II, III тип сосу- дов I type of vessels / II, III type of vessels	Vessels of <i>P. senegalus</i> / Vessels of higher verte- brates
Массопередача через стенку сосуда	0.522	6.004
Давление внутри сосуда	–	1.3

Известно, что тазовые почки содержат большее количество нефронов наиболее совершенного строения, которое обеспечивает не только полноценную фильтрацию плазмы крови в капсуле, но и, что более важно, эффективное обратное всасывание в кровь воды, глюкозы, гормонов, солей и других необходимых организму веществ. В результате концентрация продуктов диссимиляции в моче, выделяемой вторичными почками, велика, а само ее количество – мало [Наточин, 1976 (Natochin, 1976)]. Данные преобразования позволили амниотам приобрести независимость от водной среды обитания. Можно предположить, что для более эффективного контроля внутренней среды организма амниот изменились параметры, влияющие на коэффициент диффузии (температура, природа диффундирующих веществ), что привело к увеличению эффективности массопередачи, при этом появилась возможность поддерживать более высокое давление внутри кровеносного русла за счёт уменьшения просвета сосудов и утолщения их стенки. Данное предположение подтверждается расчётным показателем давления в кровеносном сосуде, которое у высших позвоночных больше в 1.3 раза по сравнению с *P. senegalus* (см. таблицу).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мезонефрос *P. senegalus* имеет менее развитое кровеносное русло по сравнению с тазовыми почками амниот, это выражается в формировании двух сосудистых столбов в краниальной части почки, которые к каудальной части мезонефроса образуют единый магистральный сосуд больших размеров. От сосудистых столбов в медиальной части мезонефроса в большом количестве отходят ветви сосудов второго порядка, которые кровоснабжают интерстиций и образуют гломеру почечных телец. Сосудистая система мезонефроса представлена одним типом сосудов, который согласно классификации, разработанной для высших позвоночных отнесен к сосудам с непрерывным эндотелием. Они подразделяются на три вида, различающиеся, как по ультраструктурному строению их стенки, так и по физиче-

ским параметрам: массопередачи и поддерживаемому давлению. Ультраструктура клеток эндотелия указывает на высокую метаболическую активность, связанную с активным транспортом метаболитов и ионов через стенку сосуда. Изменение строения сосуда в сторону уменьшения параметров, способствующих эффективной массопередачи, посредством диффузии, приводит к нарастанию доли активного транспорта в массообмене между просветом сосуда и интерстицием мезонефроса, с сопутствующим увеличением количества митохондрий.

Кровеносное русло многомер имеет преимущество перед сосудами амниот по показателям массопередачи, уступая в величине давления внутри сосудистой системы органа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Васина Л.В., Власов Т.Д., Петрищев Н.Н. Функциональная гетерогенность эндотелия (обзор) // Артериальная гипертензия. 2017. Т. 23. № 2. С. 88–102.
- Криштофорова Б.В., Стегайло-Стойнова А.В. Морфология почек и их кровеносных сосудов у щенков собаки новорожденного периода // Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". 2012. № 148. С. 186–191.
- Криштофорова Б.В., Стегайло-Стойнова А.В. Морфология почек и их кровеносных сосудов у суточных щенков собаки // Научные труды южного филиала национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: ветеринарные науки. 2012. № 142. С. 93–100.
- Наточин Ю.В. Ионрегулирующая функция почки. Л.: Наука. 1976. 268 с.
- Нельсон Д.С. Рыбы мировой фауны. М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2009. 880 с.
- Тимакова Т.К., Флорова Е.А., Заботкина Е.А. Методы световой и электронной микроскопии в биологии и ветеринарии: учебно-методическое пособие. Ярославль: ФГБОУ ВПО "Ярославская ГСХА". 2014. 72 с.
- Abram Q.H., Dixon B., Katzenback B.A. Impacts of Low Temperature on the Teleost Immune System / Biology. 2017. 6 (4). P. 39.
- Charmi A., Parto P., Bahmani M., Kazemi R. Morphological and Histological Study of Kidney in Juvenile Great Sturgeon (Huso huso) and Persian Sturgeon (Acipenser persicus) // American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 7(5). 2010. P. 505–511.
- Charmi A., Parto P., Bahmani M., Kazemi R. Morphological and Histological Study of Kidney in Juvenile Great Sturgeon (Huso huso) and Persian Sturgeon (Acipenser persicus) // American-Eurasian J. Agric. & Environ. 2010. № 7(5). P. 505–511.
- Esra AKAT Histological and histochemical study on the mesonephric kidney of Pelophylax bedriagae (Anura: Ranidae) // Turkish Journal of Zoology. 2019. P. 224–228.
- José L. Ojeda, José M. Icardo, Wai P. Wong, Yuen K. Ip Microanatomy and ultrastructure of the kidney of the African lungfish Protopterus dolloi // The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology. 2006. Vol. 288A. Iss. 6. P. 609–625.
- Jose M.I., Colvee E., Kuciel M., Lauriano E.R. The lungs of Polypterus senegalus and Erpetoichthys latipinna: Insights into the structure and functional distribution of the pulmonary epithelial cells // Morphology. 2017. P. 1321–1332.
- Lloyd-Evans P. 1994. An ultrastructural and immunocytochemical study on the lymphomyeloid tissue in the embryonic kidney of the dogfish, Scyliorhinus canicula // Fish biology. Vol. 44, Iss. 6. P. 1061–1068.
- Morovvati H., Mahabady M.K., Shahbazi S. Histomorphological and anatomical study of kidney in berzem (Barbus pectoralis) // International Journal of Fisheries and Aquaculture. Vol. 4(11). 2012. P. 221–227.
- Rocco L., Costagliola D., Morescalchi M.A., Stingo V. A molecular approach to systematics of Polypteriformes among Osteichthyes // Italian Journal of Zoology. 2004. P. 347–351.

## REFERENCES

- Abram Q.H., Dixon B., Katzenback B.A. 2017. Impacts of Low Temperature on the Teleost Immune System / *Biology*. 6 (4). P. 39.
- Charmi A., Parto P., Bahmani M., Kazemi R. 2010. Morphological and Histological Study of Kidney in Juvenile Great Sturgeon (Husohuso) and Persian Sturgeon (Acipenser persicus) // *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* № 7(5). P. 505–511.
- Charmi A., Parto P., Bahmani M., Kazemi R. 2010. Morphological and Histological Study of Kidney in Juvenile Great Sturgeon (Husohuso) and Persian Sturgeon (Acipenser persicus) // *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 7(5). P. 505–511.
- Esra A. 2019. Histological and histochemical study on the mesonephric kidney of Pelophylax bedriagae (Anura: Ranidae) // *Turkish Journal of Zoology*. P. 224–228.
- José L. Ojeda, José M. Icardo, Wai P. Wong, Yuen K. 2006. Ip Microanatomy and ultrastructure of the kidney of the African lungfish Protopterus dolloi // *The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*. Vol. 288A. Iss. 6. P. 609–625.
- Jose M. I., Colvee E., Kuciel M., Eugenia R.L. 2017. The lungs of Polypterus senegalus and Erpetoichthys calabaricus: Insights into the structure and functional distribution of the pulmonary epithelial cells // *Morphology*. P. 1321–1332.
- Krishtoforova B.V., Stegajlo-stoyanova A.V. 2012. Morphology of the kidneys and their blood vessels have a puppy dog newborn period // *Yuzhnyj filial Nacional'nogouniversitetabioresursov I prirodopol'zovaniya Ukrainy "Krymskijagrotekhnologicheskij universitet"*. № 148. S. 186–191.
- Krishtofrova B.V., Stegajlo-Stoyanova A.V. 2012. Orphology of the kidneys and their blood vessels have a daily puppies dog // *Nauchnyetrudyyuzhnohofilialanacional'nogouniversitetabioresursoviprirodopol'zovaniya Ukrainy "Krymskijagrotekhnologicheskij universitet"*. seriya: veterinarnyenauki. № 142. S. 93–100.
- Lloyd-Evans P. 1994. An ultrastructural and immunocytochemical study on the lymphomyeloid tissue in the embryonic kidney of the dogfish, Scyliorhinus canicula // *Fish biology*. Vol. 44, Iss.6. P. 1061–1068.
- Morovvati H., Mahabady M.K., Shahbazi S. 2012. Histomorphological and anatomical study of kidney in berzem (Barbus pectoralis) // *International Journal of Fisheries and Aquaculture*. Vol. 4(11). P. 221–227.
- Natochin Yu.V. 1976. Ion-regulating function of the kidney. L.: Nauka. 268 s.
- Nelson J.S. 2006. Fishes of the world. N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., 523 p.
- Rocco L., Costagliola D., Morescalchi M.A., Stingo V. 2004. A molecular approach to systematics of Polypteriformes among Osteichthyes // *Italian Journal of Zoology*. P. 347–351.
- Timakova T.K. 2014. Methods of light and electronic microscopy in biology and veterinary medicine [Text]: uchebno-metodicheskoe posobie / Timakova T.K., Flyorova E.A., Zabotkina E.A. Yaroslavl': izd-vo FGBOU VPO "Yaroslavskaya GSKHA". 72 s.
- Vasina L.V., Vlasov T.D., Petrishchev N.N. 2017. Functional heterogeneity of endothelium (review) // *Arterial'nayagipertenziya*. T. 23. № 2. S. 88–102.

## THE STRUCTURAL FEATURES OF BLOOD VESSELS OF THE MESONEPHROS POLYPTERUS SENEGALUS

E. A. Flerova<sup>1,2</sup>, E. G. Evdokimov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yaroslavl Scientific Research Institute of Livestock and Forage Production,  
150517, Yaroslavl region, Mikhailovsky, ul. Lenin, 1

<sup>2</sup>Yaroslavl state University. P.G. Demidov,  
150003, Yaroslavl, ul. Sovetskaya, 14, e-mail: katarinum@mail.ru

Studying the architectonics and structure of blood vessels is of great importance for understanding the processes of blood supply and performing function. In this work, the architectonics of the bloodstream of the mesonephros *Polypterus senegalus*, as well as the ultrastructure of the cells that make up the walls of the vessels, are disclosed. It was shown that two vascular columns were formed in the cranial part of the kidney, which form a single large main vessel to the caudal part of the mesonephros. From the vascular columns in the medial part of the mesonephros a large number of branches of the vessels of the second order, which supply blood to the interstitium and form the glomerulus of the renal corpuscles. The vascular system of mesonephros is represented by one type of vessel, which, according to the classification developed for higher vertebrates, is classified as a vessel with continuous endothelium. They are divided into three types, which differ both in the ultrathin structure of their wall and in physical parameters: mass transfer and supported pressure. A change in the structure of the vessel in the direction of decreasing the parameters that contribute to effective mass transfer through diffusion leads to an increase in the share of active transport in the mass transfer between the lumen of the vessel and mesonephros interstitium, with a concomitant increase in the number of mitochondria. The bloodstream of the multi-septate has an advantage over amniotic vessels in terms of mass transfer, yielding in the magnitude of the pressure inside the vascular system of the organ.

**Keywords:** mesonephros, bony fish, polypterus, blood vessels, architectonics of the bloodstream, pericytes

Научное издание

*В. В. Крылов, Е. А. Флёрова, М. И. Малин, А. С. Ключников, А. А. Паюта, А. А. Богданова, М. И. Андреева, А. Е. Жохов, М. Н. Пугачева, А. С. Фомина, Д. А. Гульдина, Д. В. Микряков, А. О. Ревякин, Г. И. Пронина, А. С. Соколова, В. Р. Микряков, А. Б. Петрушин, Т. А. Суворова, Н. И. Силкина, Вл. К. Чугунов, Е. Г. Евдокимов*

**Труды ИБВВ РАН, 2019, вып. 87(90)**

*Рекомендуемый вариант цитирования статей:*  
... // Труды ИБВВ РАН. 2019. Вып. 87(90). С. ...

*Recommended option for citing articles:*  
... // Transactions of IBIW RAS. 2019. Is. 87(90). P. ...

Подписано в печать 20.09.2019. Формат 60×90 1/8.  
Усл. печ. л. 10,62. Заказ № 19131. Тираж 150 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ООО «Филигрань»  
150049, г. Ярославль, ул. Свободы, 91, [pechataet@bk.ru](mailto:pechataet@bk.ru)