

Новосибирский государственный
аграрный университет
Новосибирский филиал ФГБОУ
«Всероссийский научно-
исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии»
(ЗапсибВНИРО)

VIII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«СОВРЕМЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ
БИОРЕСУРСОВ И
АКВАКУЛЬТУРЫ»

Материалы
(06-07 ноября 2024 г.,
г. Новосибирск)

УДК 556.1115:591+639.1
ББК 28.082

Современное состояние водных биоресурсов и аквакультуры: материалы научно-практической VII международной конференции, г. Новосибирск, 06-07 ноября 2024 г. / под ред. Е. В. Пищенко, И. В. Морузи. – Новосибирск: НГАУ. – 2024. – 222 с.

Сборник содержит материалы, отражающие результаты научных исследований, представленных на VIII Международной конференции «Современное состояние водных биоресурсов и аквакультуры» (6–7 ноября 2024 г., г. Новосибирск). В работах освещены вопросы биоразнообразия, структуры и динамики популяций и сообществ гидробионтов, состояния запасов, воспроизводства, ихтиопатологическое состояние водоёмов и объектов аквакультуры.

Издание представляет интерес для гидробиологов, ихтиологов, ихтиопатологов, работников рыбного хозяйства, специалистов-экологов, а также преподавателям вузов, аспирантам и студентам

Статьи печатаются в авторской редакции

The collection contains materials reflecting the results of scientific research presented at the VIII International Conference "Current State of Aquatic Bioresources and Aquaculture" (November 6-7, 2024, Novosibirsk). The works cover issues of biodiversity, the structure and dynamics of populations and communities of aquatic organisms, the state of stocks, reproduction, and the ichthyopathological state of reservoirs and aquaculture facilities.

The publication is of interest to hydrobiologists, ichthyologists, ichthyopathologists, fisheries workers, environmental specialists, as well as university teachers, graduate students and students.

МАКРОЗОБЕНТОС ОЗ. ШАТАЛОВСКОЕ (ЗАПРУДА НА Р. МАЛЫЙ УЧУГ) В АВГУСТЕ 2024 Г.

С.И. Андреева¹, А.В. Каримов², Ю.Н.Хмельницкий¹

¹Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, Россия,

siandreeva@yandex.ru

²Омский НИИ природно-очаговых инфекций, г. Омск, Россия, stelmachotius@gmail.com

Аннотация. Обследован модельный водоем подтаежной зоны, в котором в 2011–2017 гг. отмечалось высокое видовое богатство и обилие водных моллюсков. Выявлено, что в центральной его части в августе 2024 г. вследствие развивающихся заморных явлений зообентос практически отсутствует, за исключением пелагобентических Chaoboridae. В прибрежных районах, зообентос достаточно разнообразен. По дночерпательным сборам среди моллюсков доминируют Valvatidae. В грунте обильны личинки хирономид. Bithyniidae – доминанты прибрежных биоценозов прошлых лет – представлены единично молодыми особями, что обусловлено, вероятно, аномальными климатическими условиями последних лет.

Ключевые слова: лесная зона, Западная Сибирь, Bivalvia, Gastropoda, Bithyniidae.

MACROZOBENTHOS LAKE. SHATALOVSKOYE (DAM ON THE MALY UCHUG RIVER) IN AUGUST 2024

S.I. Andreeva, A.V. Karimov, Yu.N. Khmelitsky

Summary. A model reservoir of the subtaiga zone was examined, in which a high species richness and abundance of aquatic mollusks were noted in 2011–2017. It was revealed that in its central part in August 2024, due to developing overseas phenomena, zoobenthos was practically absent, with the exception of pelagobenthic Chaoboridae. In coastal areas, zoobenthos is quite diverse. According to bottom-scooping collections, Valvatidae dominate among mollusks. Chironomid larvae are abundant in the soil. Bithyniidae – the dominant coastal biocenoses of the past years – are represented by isolated young individuals, which is probably due to the abnormal climatic conditions of recent years.

Keywords: forest zone, Western Siberia, Bivalvia, Gastropoda, Bithyniidae.

Река Учуг (Малый Учуг) левобережный приток р. Уй берёт своё начало в болотистой местности и имеет многочисленные притоки в виде ручьев, длина реки составляет 11 км [5]. В настоящее время река примерно в 1200 метрах от устья перегорожена плотиной (искусственной насыпью), возведенной, со слов местного населения, в середине 1980-х гг. и образует крупную запруду. Местное название запруды – озеро Шаталовское. Максимальная длина водоема составляет приблизительно 1600 м, максимальная ширина – 150 м. Глубина водоёма в русловой зоне составляет более 5. Севернее плотины вдоль левого берега, от одного из заливов, отходит канал, через который избыток воды через систему труб сбрасывается в пойму реки Уй. Незначительный отток воды происходит и через дренажную систему плотины в районе русла, в результате чего по другую сторону плотины вдоль обсохшего, заросшего русла цепочкой сформировались бочаги, поверхность которых затянута ряской. Берега водоема окаймлены узкой полосой тростника, за которой в массе произрастают погруженные макрофиты (преимущественно уруть колосистая). На поверхности воды в небольших количествах видна ряска. Вдоль левого берега видны отдельные куртины кубышки желтой.

Запруда на р. Малый Учуг, получившая у местного населения название оз. Шаталовское для сотрудников Музея водных моллюсков Сибири при Омском государственном педагогическом университете являлась модельным водоемом при изучении видового разнообразия и динамики численности водных моллюсков водоемов лесной зоны (подзоны осиново-берёзовых лесов) Западной Сибири. Многолетние сборы (2011–2017 гг.) показывали высокое видовое богатство и обилие как брюхоногих, так и двустворчатых моллюсков. Аномально высокая летняя температура последних лет и ускоренное, антропогенное эвтрофирование водоемов явились причиной изменения условий обитания водных моллюсков, следствием чего явилось резкое снижение их численности и видового разнообразия в водоемах г. Омска и его окрестностей в лесостепной зоне Западной Сибири, обнаруженное при изучении эколого-фаунистических особенностей отдельных видов *Bithyniidae* как вероятных первых промежуточных хозяев возбудителя описторхоза.

Целью данной работы явилось исследование состояния водных моллюсков и зообентоса в целом в оз. Шаталовское (лесная зона) в летний период 2024 г. в измененных условиях обитания, а также сбор моллюсков семейства *Bithyniidae* для изучения эколого-фаунистических особенностей отдельных видов как вероятных первых промежуточных хозяев возбудителя описторхоза.

Материал и методы

Материалом для данного сообщения послужили многолетние качественные сборы моллюсков из оз. Шаталовское (2011–2017, 2022–2024 гг.) и количественные дночерпательные пробы (площадь захвата дночерпателя 1/40 м²), собранные в августе 2024 г. на стандартном разрезе из трех станций в самом широком месте водоема.

Проба на станции 1 была взята у левого берега водоема на глубине 2 м; грунт в месте взятия пробы – ил с большим количеством детрита среди погруженных макрофитов. Проба в центре водоема на станции 2 взята на глубине 3,5 м, грунт – тонкодетритный черный ил с запахом сероводорода переходящий в сапропель. В русле на глубинах более 5 м, пробу взять не удалось. Проба у правого берега (станция 3) взята на глубине 3,5 м, грунт черный ил в зарослях, погруженных макрофитов, среди которых преобладала уруть колосистая.

Качественные пробы моллюсков отобраны драгой непосредственно с берега, образованного дамбой. Обловлены заросли макрофитов (с преобладанием урути колосистой), грунт в местах сбора – черный ил с большой примесью детрита и запахом сероводорода.

Сбор и камеральная обработка материала проведена по стандартной методике [2, 3]. Идентификация таксонов выполнена по определителям беспозвоночных пресных вод [4, 6, 7].

Результаты и их обсуждение

Зообентос в оз. Шаталовское в местах сбора представлен обычными для водоемов Западной Сибири группами организмов: двустворчатыми и брюхоногими моллюсками, личинками насекомых из семейств *Chironomidae* и *Chaoboridae*, отрядов *Trichoptera* и *Ephemeroptera*, пиявками. Единично отмечены *Nematomorpha* и *Hydracarina*. Наличие *Nematomorpha*, личинок *Trichoptera* и *Ephemeroptera* служит показателем чистоты вод водоема. Таксономическое разнообразие достаточно велико (табл. 1), наиболее разнообразно представлены моллюски.

Таксономический состав, численность и биомасса зообентоса колебались в значительных пределах в зависимости от биотопа. У левого берега в бентосе преобладали фитофильные брюхоногие моллюски из сем. *Valvatidae* и личинки хирономид (*Chironomus plumosus*), у правого берега – личинки хирономид (*Chironomus plumosus*, *Criptochironomus* sp.) и хаборид, а также пелофильные двустворчатые моллюски. В центральной зоне, дно которой заполнено тонкодетритными черными илами с запахом сероводорода, близкими к

сапропелям, бентос представлен чрезвычайно слабо. Встречены пелагобентические личинки Chaoboridae при невысокой численности и биомассе. Обращает на себя внимание тот факт, что в центральной части водоема, в том числе и русловой зоне, зообентос практически отсутствовал из-за развития на дне заморной зоны. Ближе к берегам в зоне распространения гидрофитов как полностью погруженных в воду (уруть), так и с плавающими на поверхности воды листьями (кубышка желтая, ряски) зообентос обилен, доминируют фитофильные моллюски, в том числе и двустворчатые, всползающие на растения (Жадин, 1952; Андреев и др., 2016). Интересным фактом является отсутствие в дночерпательных пробах олигохет, которые являются обычным компонентом зообентоса как проточных, так и стоячих водоемов.

Таблица 1. Численность (экз./м²) и биомасса (г/м²) зообентоса оз. Шаталовское (запруда на р. М. Учуг), август 2024 г.

Таксон	Левый берег	Центр	Правый берег
Mollusca	520\3,68		360\7,32
Mollusca, Bivalvia:			80\4,28
<i>P. inflatum</i> (Muehlfeld in Porro, 1838)			40\0,08
<i>Sphaerium levinodis</i> Westerlund, 1876			40\4,20
Mollusca, Gastropoda:	520\3,68		
<i>Valvata sibirica</i> Middendorff, 1851	160\0,96		
<i>V. frigida</i> Westerlund, 1873	240\1,12		160\1,52
<i>V. korotnevi</i> Lindholm, 1909	80\1,28		
Valvatidae juv.			40\0,20
Bithyniidae juv.	40\0,32		40\0,12
<i>Physa</i> sp.			40\1,2
Nematomorpha	40\0,08		
Hirudinea	40\2,96		40\0,08
Hydracarina			40\0,32
Insecta, larvae			
Chironomidae:	240\2,72		1320\8,92
<i>Criptochironomus</i> sp.			1000\1,60
<i>Cr. defectus</i> (Киффер, 1913)			40\1,00
<i>Chironomus plumosus</i> Linne, 1758	240\2,72		280\6,32
Chaoboridae		560\0,80	960\1,76
Trichoptera	560\0,56		160\0,32
Ephemeroptera	200\0,08		
Итого	1600\10,08	560\0,80	2880\18,72

В качественных сборах для изучения эколого-фаунистических особенностей отдельных видов Bithyniidae как вероятных первых промежуточных хозяев возбудителя описторхоза при драгировках на расстоянии 5–7 м от берега в зоне гидрофитов встречены брюхоногие и двустворчатые моллюски (табл. 2). Сбор материала проводился с берега на стандартной станции, где в 2011–2017 гг. моллюски встречались в очень больших количествах одним и тем орудием лова. Достаточный для исследований объем материала обычно отбирался за 2 – 5 драгировок. В августе 2024 г. было проведено более 50 забросов драги и отловлено живыми только 82 экз. молоди *Boreoelona*, *Bithynia* и *Digyracidum* с длиной раковины в основном до 6 мм.

Таблица 2. Видовой состав моллюсков прибрежной зоны оз. Шаталовское (запруда на р. М. Учуг), август 2024 г.

Вид	Живые моллюски, экз.	Ракуша
1. <i>Amesoda falsinucleus</i> Novikov in Starobogatov et Korniushev, 1986 [1987]	—	+
2. <i>Parasphaerium nitida</i> (Clessin in Westerlund, 1876)	4	—
3. <i>Sphaerium levinodis</i> Westerlund, 1876	15	+
4. <i>Sph. westerlundii</i> Clessin in Westerlund, 1873	2	+
5. <i>Valvata aliena</i> Westerlund, 1877	2	+
6. <i>V. confusa</i> Westerlund, 1897	2	+
7. <i>V. korotnevi</i> Lindholm, 1909	10	+
8. <i>V. frigida</i> Westerlund, 1873	5	+
9. <i>Bithynia decipiens</i> (Millet, 1843)	4	—
10. <i>B. tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	4	—
11. <i>B. producta</i> (Moquin-Tandon, 1855)	3	—
12. <i>Boreoelona contortrix</i> (Lindholm 1909)	29	—
13. <i>B. sibirica</i> (Westerlund 1886)	7	—
14. <i>Boreoelona</i> sp.	13	—
15. <i>Boreoelona</i> juv.	9	—
16. <i>Digyracidum bourguignati</i> (Paladilhe, 1869)	1	—
17. <i>D. starobogatovi</i> Andreeva et Lazutkina in Lazutkina, Andreeva et Andreev, 2014	12	—
18. <i>Lymnaea auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	—	+
19. <i>L. balthica</i> (Linnaeus, 1758)	—	+

Заключение

Таким образом, обследование водоема показало, что в центральной его части вследствие развивающихся заморных явлений зообентос практически отсутствует, за исключением пелагобентических Chaoboridae; в прибрежных районах, где, вероятно, газовый режим более благоприятен и в массе развиваются гидробионты, зообентос богат и разнообразен. В клубах макрофитов обитают как брюхоногие, так и двусторчатые моллюски. По дночерпательным сборам среди моллюсков у левого берега доминируют *Valvata frigida* и *V. korotnevi*, у правого – *V. frigida*. Bithyniidae представлены единично молодыми особями. В грунте обильны личинки хирономид.

Одной из целей нашего исследования был сбор моллюсков семейства Bithyniidae для молекулярно-генетического анализа на зараженность паразитами *Opisthorchis felinus*. И, если в 26 водных объектах лесостепной зоны Омской области летом 2024 г. Bithyniidae были встречены в небольших количествах только в 2, причем при повторных сборах в августе 2024 г. в старице Иртыша эти моллюски в живом состоянии найдены не были, то в оз. Шаталовское встречена молодь 8 видов Bithyniidae. Особи старших возрастных групп этих видов найдены только в виде раковин. Отсутствие живых особей старших возрастных групп указывает на имевшую место стрессовую ситуацию, повлекшую их гибель, так как обычно в этот период времени в водоеме в массе встречались особи разных возрастных групп. По нашему мнению, это может быть связано с аномальными климатическими условиями последних лет, повлекшими за собой изменения гидролого-гидрохимического режима водоема неблагоприятные для моллюсков этого семейства. В последующем при летней температуре воздуха и воды в пределах средней многолетней возможно восстановление фауны моллюсков и зообентоса в целом.

Список литературы

1. Андреев, Н.И. Фауна и распределение двустворчатых моллюсков (Bivalvia) в бассейне р. Малый Юган (Среднее Приобье) / Н.И. Андреев, С.И. Андреева, Е.С. Бабушкин // *Ruthenica: Русский малакологический журнал*. – 2016. – Т. 26. – № 3-4. – С. 191–201.
2. Жадин, В.И. Методы гидробиологического исследования. / В.И. Жадин. – М.: Высшая школа, 1960. – 190 с.
3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / под ред. Г.Г. Винберга и Г.М. Лаврентьева. – Л.: ГосНИОРХ, 1983. – 51 с.
4. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР / под ред. Л.А. Кутиковой и Я.И. Старобогатова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 511 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. В 20 т. Т. 15. Вып. 3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь / под ред. В.Е. Водограевского. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 424 с.
6. Старобогатов, Я.И. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. В 6 т. Т. 6. Моллюски / Я.И. Старобогатов, Л.А. Прозорова, В.В. Богатов и др. – СПб.: Наука, 2004. – 528 с.
7. Цалолихин, С.Я. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. В 2 т. Т. 2. Зообентос / С.Я. Цалолихин, А.А. Пржиборо, П.В. Кияшко. — М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – 456 с.

УДК 581.526.325.2:502.51(571.13)

ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ФИТОПЛАНКТОНЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ВОДОЕМОВ ООПТ «СТАРОЗАГОРОДНЫЙ» (Г. ОМСК)

О.П. Баженова¹, М.А. Костенко²

^{1,2}Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Россия

olga52@bk.ru, ma.kostenko2101@omgau.org

Аннотация. Летом 2024 г. проведены первые исследования фитопланктона водоемов ООПТ «Старозагородный» (г. Омск), определены видовой состав, таксономическая структура, численность и биомасса фитопланктона, класс качества вод. К настоящему времени в фитопланктоне водоемов найдено 68 видовых и внутривидовых таксонов (ВВТ) водорослей, включая таксономический ранг вида, относящихся к 6 отделам, 8 классам, 22 порядкам, 33 семействам. Фитопланктон водоемов имеет диатомово-хлорофитный характер. Видовой состав фитопланктона водоемов имеет низкий уровень сходства, что объясняется существенными различиями гидрологических характеристик и уровня антропогенной нагрузки. Обилие фитопланктона в водоемах достаточно высокое. Общая численность фитопланктона существенно возрастает от июня к июлю, варьируя в пределах 0,70–3,93 млн кл./л, основная доля численности формируется за счет мелкоклеточных видов цианопрокариот и зеленых водорослей. В формирование биомассы фитопланктона основной вклад вносят зеленые и криптофитовые водоросли, ее динамика в водоемах имеет специфические отличия, обусловленные доминированием различных по размерам клеток видов, и колеблется в пределах 0,33–1,83 г/м³. В сравнении с другими пресными водоемами и озерами, расположенными на территории г. Омска, водоемы ООПТ «Старозагородный» характеризуются небогатым видовым составом фитопланктона, но отличаются более высоким качеством вод, который варьируется от 2 класса вод «чистая» до 3 класса «удовлетворительной чистоты».

Ключевые слова: фитопланктон; видовой состав, таксономическая структура, экологическое состояние, водоемы, ООПТ «Старозагородный», г. Омск.

FIRST INFORMATION ABOUT PHYTOPLANKTON AND THE ECOLOGICAL STATE OF WATER BODIES OF THE PROTECTED AREA «STAROZAGORODNY» (OMSK)

O.P. Bazhenova, M.A. Kostenko

Summary. In the summer of 2024, the first studies of phytoplankton in the water bodies of the «Starozagorodny» protected area (Omsk) were conducted, the species composition, taxonomic structure, abundance and biomass of phytoplankton, and water quality class were determined. To date, 68 species and intraspecific taxa (SIT) of algae have been found in the phytoplankton of the water bodies, including the taxonomic rank of the species, belonging to 6 divisions, 8 classes, 22 orders, and 33 families. The phytoplankton of the water bodies is of a diatom-chlorophyte nature. The species composition of the phytoplankton of the reservoirs has a low level of similarity, which is explained by significant differences in hydrological characteristics and the level of anthropogenic load. The abundance of phytoplankton in the water bodies is quite high. The total number of phytoplankton increases significantly from June to July, varying within 0,70–3,93 million cells/l, the main share of the number is formed by small-celled species of cyanoprokaryotes and green algae. Green and cryptophyte algae make the main contribution to the formation of phytoplankton biomass, its dynamics in water bodies has specific differences due to the dominance of species of different cell sizes, and fluctuates within 0,33–1,83 g/m³. In comparison with other fresh water bodies and lakes located on the territory of Omsk, the water bodies of the «Starozagorodny» protected area are characterized by a poor species composition of phytoplankton, but are distinguished by higher water quality, which varies from water class 2 «clean» to class 3 «satisfactory purity».

Keywords: phytoplankton; species composition, taxonomic structure, ecological state, water bodies, protected area «Starozagorodny», Omsk.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) – объекты многофункционального назначения, их роль в формировании комфортной городской среды очень высока и проявляется в различных сферах городской среды – архитектурно-градостроительной, экономической, социальной и, конечно, экологической. Изучение экологического состояния городских ООПТ способствует повышению их значения в формировании комфортной среды в современных условиях стремительной урбанизации [8].

Среди разнообразных городских ООПТ наибольшее значение для формирования комфортной среды имеют те, что включают водные объекты, значительной частью их биоценозов является фитопланктон [4]. За счет своей чувствительности к изменениям окружающей среды фитопланктон служит хорошим индикатором качества воды и экологического состояния водных объектов [1].

Природный рекреационный комплекс регионального значения «Старозагородный» был образован в 2021 г. по решению Правительства Омской области. Он находится в центре города Омска в окружении урбанизированных территорий с различной степенью застройки. Комплекс активно посещается жителями города и, в связи с этим, испытывает значительную антропогенную нагрузку. На территории комплекса расположено два водоема, отличающихся друг от друга по ряду гидролого-морфологических характеристик, в первую очередь – размерами. Площадь первого (далее – большого) водоема около 1 гектара, второго (далее – малого) – 0,3 гектара. Исследование фитопланктона водоемов ООПТ «Старозагородный» ранее не проводилось.

Цель исследования – провести оценку экологического состояния водоемов ООПТ «Старозагородный» по показателям развития фитопланктона.

Материалы и методы

Материалами для исследования послужили результаты обработки 20 количественных и 4 качественных проб фитопланктона, отобранные 7 июня и 8 июля 2024 г. Пробы фитопланктона отбирали зачерпыванием из поверхностного слоя воды (0–20 см), фиксировали формалином с добавлением раствора Люголя, концентрацию проводили осадочным методом. Обработка проб велась общепринятыми гидробиологическими методами [1; 9]. Подсчет клеток водорослей проводили в двух повторностях в счетной камере Горяева на световом микроскопе Euler Professor 770T. Объем клеток определяли методом геометрического подобия, приравнивая форму клетки к соответствующим геометрическим фигурам [6]. Для сравнения видового состава фитопланктона водоемов использовали индекс флористического сходства Чекановского-Серенсена [10]. Таксономический список водорослей составлен с учетом современных систематических преобразований [11].

Результаты

К настоящему времени в составе фитопланктона водоемов ООПТ «Старозагородный» идентифицировано 68 видовых и внутривидовых таксонов (BBT) водорослей рангом ниже рода, из 6 отделов, в том числе: Cyanoprokaryota – 8 (11,8 %), Euglenophyta – 7 (10,3 %), Cryptophyta – 3 (4,4 %), Bacillariophyta – 14 (20,6 %), Chlorophyta – 31 (45,6 %), Charophyta – 5 BBT (7,4 %).

Наибольшее видовое богатство демонстрирует отдел Chlorophyta зеленых водорослей (Chlorophyta), среди них наиболее разнообразно представлены семейства Selenastraceae (6 BBT) и Scenedesmaceae (5 BBT). Заметную долю в видовое богатство вносят и диатомовые водоросли, относящиеся к 11 семействам, но представленные менее разнообразно, поскольку семейства включают, в основном, по 1 BBT. Остальные отделы водорослей характеризуются невысоким видовым богатством. По таксономической структуре фитопланктон водоемов ООПТ «Старозагородный» имеет диатомово-хлорофитный характер.

Необходимо отметить, что городские водоемы часто служат источником редких видов водорослей, например, в фитопланктоне большого водоема был найден новый для региона вид десмидиевых водорослей *Cosmarium subarctum* (Lagerh.) Racib.

Индекс Чекановского-Серенсена между видовым составом фитопланктона водоемов составляет 0,49, что свидетельствует о низком уровне сходства. Сложившаяся ситуация объясняется существенными различиями гидрологических характеристик водоемов – размеров, глубины, формы и пр. Кроме того, на водоемы оказывается антропогенная нагрузка разной степени. Малый водоем более доступен для посещения и в нем обитают водоплавающие птицы, которых часто подкармливают посетители. Напротив, верхний большой водоем окружен значительными зарослями высшей водной растительности, представленными, в основном, тростником (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) и рогозом (*Typha latifolia* L.), а летом его акватория покрыта ряской (*Lemna* L. sp.).

Обилие фитопланктона в водоемах достаточно высокое. Общая численность фитопланктона существенно возрастает от июня к июлю в обоих водоемах, а динамика биомассы в малом водоеме имеет специфические отличия из-за доминирования в разные сроки отбора различных по размерам криптофитовых водорослей (табл. 1, 2).

В большом водоеме основная доля численности фитопланктона формируется за счет мелкоклеточных видов цианопрокариот (*Aphanocapsa holsatica* (Lemm.) Cronb. et Komarek, *Anabaena* Bory ex Born. et Flah. sp.) и зеленых водорослей (виды родов *Monoraphidium* Kom. Legn., *Schroederia* Lemm., *Coenocystis* Korsh. и др.). Биомассу фитопланктона здесь в значительной образуют криптомонады (отдел Cryptophyta), доля которых составляет 30,99–66,17 % общей биомассы. По показателю биомассы фитопланктона в июне вода в большом водоеме относится к чистым водам, в июле – водам удовлетворительной чистоты.

Таблица 1. Численность и биомасса фитопланктона большого водоема ООПТ «Старозагородный», июнь–июль 2024 г.

Номер станции	Общая численность, млн кл./л		Общая биомасса, г/м ³	
	июнь	июль	июнь	июль
1	0,84	10,50	0,09	2,15
2	0,20	1,44	0,15	1,29
3	0,82	3,93	0,49	3,55
4	1,32	1,74	0,24	0,83
5	0,34	2,03	0,68	1,33
В среднем по водоему	0,70±0,38	3,93±2,63	0,33±0,21	1,83±0,82

Таблица 2. Численность и биомасса фитопланктона малого водоема ООПТ «Старозагородный», июнь–июль 2024 г.

Номер станции	Общая численность, млн кл./л		Общая биомасса, г/м ³	
	июнь	июль	июнь	июль
1	0,75	2,17	1,23	0,20
2	0,37	1,72	0,44	0,95
3	0,90	2,30	0,96	0,80
4	1,02	4,31	0,51	0,39
5	1,12	4,17	3,41	0,97
В среднем по водоему	0,83±0,22	2,93±1,04	1,31±0,84	0,66±0,29

В формировании численности фитопланктона малого водоема основную роль играют зеленые водоросли (*Monoraphidium komarkovae* Nyg., *Scenedesmus grahneisii* (Heyn.) Fott). Основная часть биомассы фитопланктона в июне формировалась также за счет зеленых водорослей и крупноклеточных криптофитовых (*Cryptomonas marssonii* Skuja) водорослей, немалую долю вносили и диатомовые водоросли (на отдельных станциях до 44,17 %). В июле значительный вклад в формирование биомассы вносили также криптофитовые водоросли (на отдельных станциях до 51,53 % общей биомассы), но доминирующая в это время криптомонада *Comma caudata* (Geitler) Hill имеет более мелкие клетки, чем *C. marssonii*, поэтому биомасса фитопланктона снизилась по сравнению с июнем. По показателю биомассы фитопланктона вода в малом водоеме в июне относится к водам удовлетворительной чистоты, в июле – к чистым водам.

Обсуждение

Фитопланктон городских водоемов Омска, в том числе, расположенных на территории ООПТ, регулярно изучался в течение последних лет XXI века [2–5; 7]. По сравнению с другими пресными водоемами и озерами г. Омска фитопланктон водоемов ООПТ «Старозагородный» отличается более бедным видовым составом. Например, в составе фитопланктона водоема ООПТ «Птичья гавань» найдено 384 ВВТ [4], несколько ниже видовое богатство фитопланктона озер Чередового (216 ВВТ), Мохового (168 ВВТ) и водоема ПКиО им. 30-летия ВЛКСМ (129 ВВТ) [7].

Таксономическая структура фитопланктона водоемов ООПТ «Старозагородный» отличается от фитопланктона других пресных городских водоемов Омска [2–5; 7] меньшим участием в его формировании цианопрокариот.

Хотя класс качества вод исследованных водоемов довольно высокий, следует отметить, что значительное обилие в составе фитопланктона криптомонад, являющихся,

как и прочие фитофлагелляты, индикаторами повышенного загрязнения водных объектов органическими веществами [4], свидетельствует о нарастании в водоемах этого опасного вида загрязнения.

По сравнению с другими пресными озерами г. Омска водоемы ООПТ «Старозагородный» отличаются более высоким качеством вод. Так по данным последних исследований вода в озерах Чередовом и Круглом относится к 4 классу «загрязненная», разряду «сильно загрязненная» [5].

Заключение

К настоящему времени в составе фитопланктона водоемов ООПТ «Старозагородный» найдено 68 ВВТ водорослей, включая таксономический ранг вида, относящихся к 6 отделам, 8 классам, 22 порядкам, 33 семействам. Фитопланктон водоемов имеет диатомово-хлорофитный характер. Таксономическая структура фитопланктона отличается от таковой других озер и водоемов г. Омска меньшим участием в ее формировании цианопрокариот.

Видовой состав фитопланктона обследованных водоемов имеет низкий уровень сходства, что объясняется существенными различиями гидрологических характеристик и уровня антропогенной нагрузки.

В сравнении с другими пресными озерами и водоемами, расположенными на территории г. Омска, водоемы ООПТ «Старозагородный» характеризуются небогатым видовым составом, но отличаются более высоким качеством вод – от чистой до удовлетворительно чистой воды.

Дальнейшие исследования этих водоемов уточнят их экологическое состояние и качество вод, а также могут расширить список идентифицированных в нем видов водорослей, включая находки новых для региона ВВТ.

Список литературы

1. Абакумов, В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / В.А. Абакумов. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 317 с.
2. Баженова, О.П. Летний фитопланктон водоемов территории г. Омска / О.П. Баженова, О.А. Коновалова // Актуальные проблемы экологии, защиты растений и экологического земледелия: материалы междунаро. науч.-практ. конф. – Саратов: ИЦ «Наука», 2009. – С. 35–37.
3. Баженова, О.П. Качество воды и сапробность притоков среднего Иртыша и озер г. Омска / О.П. Баженова, Н.Н. Барсукова, О.А. Коновалова // Омский научный вестник. – 2010. – № 1. – С. 219–222.
4. Баженова, О.П. Фитопланктон и экологическое состояние водоема природного парка «Птичья гавань» (г. Омск) / О.П. Баженова, И.Ю. Игошкина. – Омск: Изд-во «Вариант-Омск», 2014. – 160 с.
5. Гених, П.А. Экологическое состояние некоторых озер города Омска / П.А. Гених, М.А. Костенко, О.П. Баженова // Университетская наука в решении задач национальной безопасности и технологического суверенитета, посв. 100-лет. со дня рождения С.И. Манякина: материалы регион. (межвуз.) студенч. науч.-практ. конф. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2023. – С. 15–20.
6. Кольцова, Т.И. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона / Т.И. Кольцова // Научные доклады высшей школы. Серия Биологические науки. – 1970. – № 6. – С. 114–119.
7. Коновалова, О.А. Фитопланктон как индикатор состояния водных экосистем городских ландшафтов (на примере г. Омска): 03.02.08 Экология: автореф. дис. ... канд. биол. наук // О.А. Коновалова; Омский гос. пед. ун-т. – Омск, 2011. – 18 с.

8. Морозова, Г.Ю. Роль особо охраняемых природных территорий в формировании комфортной городской среды / Г.Ю. Морозова, И.Д. Дебелая // Юг России: экология, развитие. – 2022. – № 17(1). – С. 99–108. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-1-99-108>
9. Федоров, В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности / В.Д. Федоров. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 168 с.
10. Шмидт, В.М. Статистические методы в сравнительной флористике / В.М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1980. – 176 с.
11. Guiry, M.D. AlgaeBase / M.D. Guiry, G.M. Guiry // World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. – URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения 20.10.2024).

УДК 502.51-044.3(282.256.16)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ РОССИЙСКОГО УЧАСТКА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ИРТЫШ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

О.П. Баженова, В.В. Костерова

Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, Омск,
Россия,

olga52@bk.ru, vv.kosterova@omgau.org

Аннотация. Проведена оценка содержания и объемов экосистемных услуг российского участка трансграничной реки Иртыш. Установлено, что река оказывает четыре категории экосистемных услуг по классификации ООН: ресурсообеспечивающие, регулирующие, поддерживающие и культурные. Большой потенциал развития из числа ресурсообеспечивающих услуг имеют добыча рыбы, осуществление грузоперевозок и генетические ресурсы, обеспечивающие поддержание биоразнообразия экосистемы реки. Значительный вклад в общую экологическую ценность водных ресурсов реки вносят регулирующие и поддерживающие экосистемные услуги, наиболее полно обосновывающие экологический подход в природопользовании. Как источник культурных экосистемных услуг Иртыш также имеет высокий потенциал развития, который может быть значительно расширен. К настоящему времени на российском участке трансграничной реки Иртыш сложилась совокупность негативных экологических проблем – сохраняющееся состояние антропогенного экологического напряжения его экосистемы, истощение потенциала в использовании некоторых ресурсообеспечивающих экосистемных услуг, снижение водности реки в районе г. Омска. С учетом вышесказанного постановка вопроса о переброске части стока Иртыша в центральноазиатские регионы, вновь возникшая в последнее время, противоречит экосистемному подходу и концепции устойчивого развития в целом. Предполагаемая переброска негативным образом отразится на выполнении таких важнейших экосистемных услуг Иртыша, как регулирующие и поддерживающие, которые не учитываются в водопользовании, но имеют огромную экологическую и экономическую ценность.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экосистемные услуги, экологическое состояние, река Иртыш, российский участок.

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE AND ECOSYSTEM SERVICES OF THE RUSSIAN SECTION OF THE TRANSBOUNDARY RIVER IRTYSH IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

O.P. Bazhenova, V.V. Kosterova

Summary. The content and volumes of ecosystem services of the Russian section of the transboundary Irtysh River have been assessed. It has been established that the river provides four categories of ecosystem services according to the UN classification: resource-providing, regulating, supporting and cultural. Among the resource-providing services, fishing, cargo transportation and genetic resources that ensure the maintenance of the biodiversity of the river ecosystem have great development potential. Regulating and supporting ecosystem services make a significant contribution to the overall ecological value of the river's water resources, which most fully justify the ecological approach to nature management. As a source of cultural ecosystem services, the Irtysh also has high development potential, which can be significantly expanded. To date, a set of negative environmental problems has developed on the Russian section of the transboundary Irtysh River - the persistent state of anthropogenic environmental stress on its ecosystem, the depletion of the potential for the use of some resource-providing ecosystem services, and a decrease in the river's water content in the Omsk area. In view of the above, the question of transferring part of the Irtysh flow to the Central Asian regions, which has recently arisen again, contradicts the ecosystem approach and the concept of sustainable development as a whole. The proposed transfer will have a negative impact on the performance of such important ecosystem services of the Irtysh as regulating and supporting ones, which are not taken into account in water use, but have enormous ecological and economic value.

Keywords: sustainable development, ecosystem services, ecological state, Irtysh River, Russian section.

Трансграничная река Иртыш – самый крупный приток Оби, в бассейне которого расположены три государства – Китай, Казахстан и Россия. Река является важным водным ресурсом для обеспечения населения питьевой водой и имеет наибольшее значение в социальной, экономической, промышленной, энергетической и ирригационной деятельности этих стран [27]. Российская часть бассейна Иртыша является крупным индустриально-аграрным комплексом с высоким уровнем освоенности, развитыми отраслями материального производства, научно-техническим потенциалом, наличием материально-сырьевой базы. Экологическая обстановка в бассейнах рек Обь и Иртыш характеризуется как крайне напряженная [23, 24]. Российский участок Иртыша охватывает его среднее и нижнее течение и является замыкающим, именно здесь наиболее полно проявляются все антропогенные воздействия, оказываемые на экосистему реки.

По оценкам ведущих специалистов в области водных ресурсов мировая ситуация дефицита пресной воды близка к кризису [12, 13]. Определяющим положением доклада «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» было отчетливое предупреждение: «Человеческая деятельность оказывает такую нагрузку на природные функции Земли, что способность экосистем планеты поддерживать будущие поколения не может более восприниматься как данность» [28]. В связи с этим, оценка экологического состояния, объема и качества экосистемных услуг, предоставляемых водными объектами, является весьма актуальной.

Вопрос оценки современного состояния и перспектив хозяйственного использования таких крупных водных объектов как река Иртыш, необходимо рассматривать с двух позиций.

Первая позиция – оценка экологического состояния реки. Здесь важно применить современные и общепризнанные критерии, используемые в гидроэкологии. Для оценки экологического состояния водных объектов в России применяют в основном показатели ПДК (предельно допустимых концентраций) различных загрязняющих веществ, констатируя в большинстве случаев кратность их превышения. Этот подход имеет существенные недостатки, давно и подробно освещенные в научной литературе. Как известно, система мониторинга загрязнения водоемов, основанная на ПДК, не дает научной основы для объективной оценки качества вод и экологического состояния

водных объектов в целом. Более адекватно этот вопрос решается с помощью различных методов биоиндикации, поэтому особую значимость приобретает необходимость проведения не только химического, но и системного биологического мониторинга реки Иртыш.

Биомониторинг, основанный на оценке состояния гидробиоценозов, слагающих экосистему водного объекта, дает наиболее объективное представление о его состоянии. Наиболее часто при этом используются показатели развития фитопланктона, являющегося основным продуцентом органического вещества и важным фактором формирования качества воды в крупных равнинных реках, таких как Иртыш. Являясь первым звеном трофической цепи водных экосистем, фитопланктон быстро реагирует на происходящие в них изменения, что позволяет оценить экологическое состояние водного объекта в целом [1]. В связи с интенсивным освоением Арктики, исследования фитопланктона Иртыша представляют в настоящее время особый интерес, а высокий уровень антропогенного воздействия в бассейне реки остро ставит вопрос об определении состояния ее экосистемы на всем протяжении российского участка.

Вторая позиция – оценка состава, содержания и объемов экосистемных услуг, оказываемых водным объектом. Экосистемные услуги – основа устойчивого развития, блага, которые люди получают от природы, они являются неотъемлемым механизмом достижения устойчивого развития [28]. Ощутимые блага включают в себя поставку различных ресурсов, в первую очередь – пресной воды. Менее явные, на первый взгляд, блага поддерживают экологическое равновесие биосферы и обогащают нашу культуру. Очевидно, что интенсивность и объемы различных услуг будут зависеть от типа экосистемы и степени антропогенного воздействия на нее. Однако все функциональные экосистемы включают эти существенные компоненты, которые могут быть восприняты как «природный капитал» или базовые активы, обеспечивающие «поток» экосистемных услуг. Если такие активы будут исчерпаны, способность экосистем предоставлять услуги также уменьшится. Экосистемные услуги лежат в основе нашего благосостояния, и поэтому их ценность чрезвычайно велика [25].

В рамках концепции устойчивого развития экосистемный подход в отношении управления водными ресурсами имеет особое значение. Концепция экосистемных услуг предлагает новое видение связи между социально-экономическими и природными экосистемами, предлагая комплексную основу для определения более широкого списка выгод, связанных с водными ресурсами [26].

Возрастающее воздействие деятельности человека и глобальные изменения климата привели к значительным колебаниям стока Иртыша с конца XX века, что представляет существенную угрозу для обеспечения водой населения и экономики стран-пользователей. Спрос на воду в бассейне Иртыша быстро растет, что приводит к проблемам в ее распределении между странами-пользователями, оказывает трансграничное воздействие на окружающую среду и поддержание экологической безопасности.

Цель исследования – оценить экологическое состояние и содержание экосистемных услуг российского участка трансграничной реки Иртыш в контексте устойчивого развития.

Материалы и методы

При написании статьи использовали данные из открытых интернет-источников [11, 14–16, 20–22] и рецензируемых журналов. Классификация экосистемных услуг приведена согласно Докладу ООН Millennium Ecosystem Assessment [28].

Результаты

Рассмотрим современное состояние экосистемы российского участка трансграничной реки Иртыш, основанное на показателях развития фитопланктона

Фитопланктон российского участка Иртыша, особенно его среднего течения, изучался нами систематически с конца XX века и по настоящее время. По результатам этих исследований был установлен эвтрофный статус среднего течения реки и антропогенное экологическое напряжение с элементами антропогенного эвтрофирования его экосистемы [3–6]. Фитопланктон нижнего течения Иртыша изучался нерегулярно, основные литературные сведения относятся ко второй половине XX века [10]. По результатам наших исследований фитопланктона нижнего Иртыша общее видовое богатство по сравнению с данными 1968–1970 гг. осталось на прежнем уровне, но в таксономической структуре отмечены значительные изменения, свидетельствующие о распространении процесса антропогенного эвтрофирования на нижнее течение реки и возрастании загрязнения его вод органическими веществами [7, 8].

Таким образом, экосистема российского участка трансграничной реки Иртыш находится в состоянии антропогенного экологического напряжения с элементами антропогенного эвтрофирования, что требует особого внимания при принятии хозяйственных решений.

Далее рассмотрим состав, содержание и объемы экосистемных услуг, предоставляемых рекой Иртыш на протяжении ее российского участка. Для их анализа были использованы 4 основные категории из классификации ООН: ресурсообеспечивающие, регулирующие, поддерживающие и культурные [28].

Река Иртыш предоставляет все указанные виды экосистемных услуг [9, 18]. Из числа ресурсообеспечивающих услуг Иртыш является источником технической и питьевой воды, рыбы, генетических ресурсов, речного песка и гравия, а также используется для осуществления грузоперевозок. В хозяйственном отношении приоритет имеют забор воды и добыча песка, объемы этих услуг постепенно растут. В 2022 г. водозабор из Иртыша в целом достиг 19% от общего забора воды из бассейна Карского моря [11, 14], Иртыш является единственным источником водоснабжения крупного промышленного центра г. Омска и обеспечивает водой более полумиллиона сельских жителей области. Фактический объем забора пресной воды из водных объектов в Омской области в 2022 г. составил 213,35 млн м³, в том числе из поверхностных вод (среди которых основным является р. Иртыш) – 206,17 млн м³. За пятилетний период (2018–2022 гг.) общий объем забора пресной воды из поверхностных водных объектов региона увеличился на 0,37 % за счет деятельности АО «ОмскВодоканал» [15]. Забор воды из Иртыша в Тюменской области в 2022 г. составил 48,19 млн м³/год и по сравнению с 2021 г. также увеличился на 1,48 млн м³/год [16].

Обсуждение

В результате сочетания возрастающей деятельности человека и глобальных изменений климата водность Иртыша в пределах Омской области в последние годы уменьшается, что вызвало угрозу истощения водных ресурсов и привело к ряду действий на государственном и региональном уровнях – строительство Красногорского гидроузла ниже г. Омска, введение оборотного водоснабжения на промышленных предприятиях и пр.

Запасы песка, как в среднем, так и в нижнем течении Иртыша весьма значительны, большая часть разведанных месторождений связана с современными аллювиальными отложениями русла Иртыша и его пойменной террасы. Объемы добычи песка постоянно растут, регулярно разведываются новые месторождения, их прирост превышает уровни годовой добычи. Особенно интенсивно идет добыча песка на территории Омской области, объемы добычи достигли 151 млн 769 тыс. м³, осваивается более 40% запасов песков. В Тюменской области объемы добычи песка значительно ниже (около 10 млн м³), но база строительного сырья также развивается опережающими темпами [15, 16].

Как известно, добыча песка в русловой части рек имеет ряд негативных последствий для водной экосистемы [2], вызывая, в том числе, падение уровня воды в реке, поэтому использовать данную экосистемную услугу следует весьма осторожно, применяя компенсационные мероприятия.

Учитывая установившиеся высокие объемы добычи песка из Иртыша и угрозу истощения его водных ресурсов, считаем, что потенциал этих ресурсообеспечивающих услуг к настоящему времени исчерпан.

Ресурсообеспечивающая услуга в части добычи рыбы из Иртыша имеет большой потенциал, но не используется в полном объеме. Организованный рыбный промысел на Иртыше слабо развит, им осваивается от 10 до 23% годовой продукции рыбы. Для решения этой проблемы необходимы дополнительные усилия по организации рыбного промысла, борьба с браконьерским ловом рыбы, проведение научных исследований современного состояния рыбных запасов Иртыша [15, 17].

Генетические ресурсы Иртыша весьма разнообразны и значительны. Флора и фауна Иртыша чрезвычайно богата, особенно высокое видовое богатство присуще планктонным водорослям. Генетические ресурсы обеспечивают поддержание биоразнообразия экосистемы реки и могут использоваться для селекции и сохранения редких видов рыб.

Важная ресурсообеспечивающая услуга Иртыша – осуществление грузоперевозок. Годовой грузооборот по реке в 2022 г. составил около 3 млн т и постоянно растет [19, 22]. Потенциал этой ресурсной услуги Иртыша очень высок, но в настоящее время недоиспользуется.

Регулирующие экосистемные услуги Иртыша заключаются в участии реки в регулировании глобального и регионального климата, высокой самоочищающей способности, сохранении биоразнообразия путем переноса биомассы вниз по течению в низкопродуктивные экосистемы высоких широт. Самоочищающая способность Иртыша очень высока, она обеспечивается всеми биоценозами его экосистемы, в особенности – фитопланктоном, являющимся основным продуцентом органического вещества и важным фактором формирования качества вод [9].

Не менее важный вид экосистемных услуг реки Иртыш – поддерживающие услуги. Сущность их заключается в том, что вода реки выступает как среда обитания гидробионтов и поддерживает жизнедеятельность видов, обитающих вблизи реки. На российском участке Иртыша обитает множество видов растений, животных и птиц, тесно связанных с рекой, часть которых внесена в Красные книги регионов.

Как источник культурных экосистемных услуг Иртыш представляет собой эстетическую ценность, место для рекреации и познавательного туризма, деятельности в области спорта и реабилитации здоровья. Этот вид услуг активно развивается, но уровень его использования явно недостаточен. Учитывая высокий потенциал реки в этом отношении и установку на развитие в стране внутреннего туризма, эта экосистемная услуга может быть значительно расширена.

Регулирующие, поддерживающие и культурные экосистемные услуги российского участка реки Иртыш, наиболее полно обосновывающие экологический подход в природопользовании, вносят значительный вклад в общую экологическую ценность водных ресурсов, не уступая, а иногда превосходя ресурсообеспечивающие услуги. Общая оценка уровня реализации потенциала всего комплекса экосистемных услуг российского участка трансграничной реки Иртыш, несомненно, будет способствовать повышению эффективности управления процессами регионального развития.

Заключение

На российском участке трансграничной реки Иртыш сложилась совокупность негативных экологических проблем – состояние антропогенного экологического напряжения его экосистемы, истощение потенциала в использовании таких ресурсообеспечивающих экосистемных услуг как забор воды и добыча песка, снижение водности реки в районе г. Омска. С учетом вышесказанного постановка вопроса о переброске части стока Иртыша в центральноазиатские регионы, вновь возникающая в последнее время, противоречит экосистемному подходу и концепции устойчивого развития в целом. Предполагаемая переброска, несомненно, негативным образом отразится на

выполнении таких важнейших экосистемных услуг Иртыша как регулирующие и поддерживающие, которые в целом не учитываются в водопользовании, но имеют огромную экологическую и экономическую ценность.

Список литературы

1. Абакумов, В.А. Экологические модификации и развитие биоценозов / В.А. Абакумов // Экологические модификации и критерии экологического нормирования: труды Междунар. симпозиума. Л., 1991. – С. 41–51.
2. Алдохин, А.С. Экологический риск разработки песчаного карьера в русле реки / А.С. Алдохин, А.А. Чемагин // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. – 2018. – №4. – С. 7–16. DOI: 10.24143/2073-5529-2018-4-7-16
3. Баженова, О.П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока / О.П. Баженова. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 248 с. ISBN 5-89764-193-75
4. Баженова, О.П. Оценка многолетних изменений экосистем верхнего и среднего Иртыша по показателям развития фитопланктона / О.П. Баженова // Сибирский экологический журнал. – 2006. – № 6. – С. 785–790.
5. Баженова, О.П. Многолетняя сукцессия фитопланктона среднего течения реки Иртыш (Омск, Россия) / О.П. Баженова, Я.И. Гульченко // Альгология. – 2017. – № 27(1). – С. 84–98.
6. Баженова, О.П. Летний фитопланктон реки Иртыш на участке г. Павлодар (Республика Казахстан) – г. Омск (Российская Федерация) / О.П. Баженова, Н.Н. Барсукова, Я.И. Гульченко // Вестник Омского государственного аграрного ун-та. – 2017. – № 3 (27). – С. 42–50.
7. Баженова, О.П. Современное состояние российского участка реки Иртыш по данным биомониторинга / О.П. Баженова, Н.Н. Барсукова // Экосистемные услуги и менеджмент природных ресурсов: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень: ВекторБук, 2020. – С. 25–28.
8. Баженова, О.П. К вопросу об оценке экологического состояния водных объектов на примере Обь-Иртышского бассейна / О.П. Баженова, Н.Н. Барсукова // Экология и управление природопользованием: сборник науч. тр. V Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Вып. 5. – Томск: Литературное бюро, 2022. – С. 10–12.
9. Баженова, О.П. Экосистемные услуги крупных сибирских рек (на примере р. Иртыш) / О.П. Баженова, В.В. Костерова // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2023. – № 2 (119). – С. 20–28. DOI:10.26110/ARCTIC.2023.119.2.002
10. Валеева, Э.И. Флора планктонных водорослей нижнего течения Иртыша: автореф. дис. ...канд. биол. наук // Э.И. Валеева. – Свердловск, 1975. – 18 с.
11. Вода России. Федеральный информационный портал. URL: <https://xn--90aafebcae8c0asf9d6d.xn--p1ai> (дата обращения: 25.09.2024)
12. Данилов-Данильян, В.И. Глобальная проблема дефицита пресной воды / В.И. Данилов-Данильян // Век глобализации. – 2008. – № 1. – С. 45–56.
13. Данилов-Данильян, В.И. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России / В.И. Данилов-Данильян. – М.: Типография ЛЕВКО, Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2009. – 88 с.
14. Доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2020 году». – М.: Росводресурсы, НИА-Природа, 2022. – 510 с.
15. Доклад об экологической ситуации в Омской области в 2022 году. URL: <https://admomsk.ru/web/guest/city/environment> (дата обращения 15.09.2024).
16. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2022 году. URL: https://admtyumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=12027277@cmsArticle (дата обращения 10.09.2024).

17.Зайцев, В.Ф. Оценка современного состояния запасов водных биоресурсов реки Иртыш на территории Омской области и перспективы их использования / В.Ф. Зайцев, А.А. Ростовцев, Л.А. Шиповалов, А.В. Цапенков, Л.С. Прусевич // Вестник рыбохозяйственной науки. – 2015. – Т. 2. – № 4 (8). – С. 22–33.

18.Костерова, В.В. Экосистемные услуги водных объектов Омской области / В.В. Костерова, О.П. Баженова, А.М. Адам // Экология и управление природопользованием: сборник науч. тр. VI Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Вып. 6. – Томск: Литературное бюро, 2023. – С. 60–62.

19.«Омский речной порт» с начала навигации-2022 перевез 13 тыс. тонн железобетонных конструкций в ХМАО. URL: <https://portnews.ru/news/332951> (дата обращения 15.09.2024).

20.Официальный портал Правительства Омской области. URL: <https://omskportal.ru> (дата обращения 15.09.2024).

21.Официальный портал органов государственной власти Тюменской области. URL: <https://admtymen.ru> (дата обращения 15.09.2024).

22.Официальный сайт ПАО «Обь-Иртышское речное пароходство». URL: <https://oirp.ru/uslugi/gruzovye-perevozki> (дата обращения 10.09.2024).

23.Пузанов, А.В. Современное состояние и экологические проблемы Обь-Иртышского бассейна / А.В. Пузанов, Д.М. Безматерных, Ю.И. Винокуров, А.Т. Зиновьев, В.В. Кириллов, Б.А. Краснаярова, И.Д. Рыбкина, А.В. Котовщиков, А.В. Дьяченко // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2017. – № 6. – С. 106–118. DOI: 10.35567/1999-4508-2017-6-9

24.Решетняк, О.С. Региональные особенности высокого уровня загрязненности рек Обь-Иртышского бассейна / О.С. Решетняк, В.А. Брызгалов, Л.С. Косменко // Вода: химия и экология. – 2013. – № 6. – С. 3–9.

25.Розенберг, А.Г. К вопросу определения экосистемных услуг и природного капитала / А.Г. Розенберг // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2016. – Т. 25. – № 4. – С. 195–198.

26.Чернова, О.А. Экосистемные услуги водных объектов в обеспечении устойчивого развития региона / О.А. Чернова // Регионология. – 2022. – Т. 30. – № 3. – С. 586–601. DOI: [10.15507/2413-1407.120.030.202203.586-601](https://doi.org/10.15507/2413-1407.120.030.202203.586-601)

27.Krasnoyaroova, B. International water development problems in the transboundary Irtysh River basin: «new» solutions to old problems / B. Krasnoyaroova, Y. Vinokurov, T. Antyufeeva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. – Vol. 381. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/381/1/012049>

28.Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/879ecosystems.pdf> (date of access 21.09.2024).

УДК 528.277:574.583(571.13)

ЭВГЛЕНОВЫЕ ВОДОРОСЛИ ИЗ ПЛАНКТОНА ЗАТОНОВ РЕКИ ИРТЫШ В РАЙОНЕ Г.ОМСКА

О.П. Баженова¹, О.О. Крениц², А.С. Первых³

Омский государственный аграрный университет
имени П.А. Столыпина, Омск, Россия

olga52@bk.ru; oo.krents@mail.ru; as.pervykh2001@omgau.org

Аннотация. Представлены результаты исследования видового состава и распространения эвгленовых водорослей в планктоне трех затонов реки Иртыш в районе г. Омска в 2010–2011 гг. и 2023 г. За время исследований найдено 77 видовых и внутривидовых таксонов (BBT) эвгленовых водорослей, включая таксономический ранг вида. Наибольшим видовым богатством отличается род *Trachelomonas* (50 BBT). Новыми для Омского Прииртышья являются 20 таксонов эвгленовых водорослей рангом ниже рода. По географической приуроченности большинство эвгленид из затонов р. Иртыш относятся к космополитам, по отношению к минерализации и pH водной среды преобладают индифференты. Наибольшее число индикаторных видов сапробности относятся к β -мезосапробам. При завершении строительства Красногорского гидроузла высокий уровень видового богатства и значительное число новых для региона таксонов эвгленовых водорослей, обитающих в затонах, будут способствовать повышению разнообразия фитопланктоценоза реки Иртыш и поддержанию процессов самоочищения его вод.

Ключевые слова: эвгленовые водоросли, видовой состав, затоны, Омск, река Иртыш.

EUGLENIC ALGAE FROM PLANKTON OF THE BACKWATERS OF THE IRTYSH RIVER IN THE OMSK REGION

O.P. Bazhenova, O.O. Krents, A.S. Pervykh

Summary. The article presents the results of the study of the species composition and distribution of euglenophytes in the plankton of three backwaters of the Irtysh River near Omsk in 2010–2011 and 2023. During the study, 77 species and intraspecific taxa (SIT) of euglenophytes were identified, including the taxonomic rank of the species. The genus *Trachelomonas* has the greatest species richness (50 SIT). 20 taxa of euglenophytes of a rank below the genus are new for the Omsk Irtysh region. In terms of geographical location, most euglenids from the backwaters of the Irtysh River belong to cosmopolitans; indifferent species prevail in relation to mineralization and pH of the aquatic environment. The largest number of indicator species of saprobity belong to β -mesosaprobites. Upon completion of the construction of the Krasnogorsk hydraulic unit, the high level of species richness and a significant number of new taxa of euglenophytes living in the backwaters of the region will contribute to an increase in the diversity of the phytoplankton community of the Irtysh River and the maintenance of self-purification processes in its waters.

Keywords: euglenophyta, species composition, backwaters, Omsk, Irtysh River.

Территория Омской области полностью находится в бассейне среднего течения трансграничной реки Иртыш – главной водной артерией региона. Из-за интенсивного хозяйственного использования водных ресурсов реки, она подвергается значительному антропогенному воздействию, из-за чего изменяются гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режимы и возникают неблагоприятные последствия: обмеление, снижение качества вод, дефицит водных ресурсов, угнетение гидробиоценозов.

В последние годы острота и напряженность дефицита водных ресурсов в регионе постоянно нарастает. Гидрологи отмечают стабильный тренд снижения основных параметров реки Иртыш и возникновение ряда негативных проблем, вызывающих сбои в водопользовании и напряженность в социальной сфере.

Для решения указанных проблем ниже г. Омска было начато строительство Красногорского водоподъемного гидроузла, необходимость которого обозначена в Водной Стратегии России, поскольку Омская область является регионом с дефицитом водных ресурсов [2].

Строительство Красногорского гидроузла вызовет изменения важнейших гидрологических показателей реки, прежде всего, повысит уровень воды в реке на 1,5–2 м, что несомненно окажет воздействие на состояние гидробиоценозов Иртыша в районе г. Омска. В результате повышения уровня воды в реке нынешние затоны и обитающие в них водоросли станут

источником формирования фитопланктона всей реки.

Эвгленовые водоросли широко распространены в различных водных объектах по всему миру и являются отличными индикаторами санитарного состояния водных объектов и признанными показателями таких явлений, как загрязнение вод нетоксическими органическими веществами и эвтрофирование. Это свойство эвгленовых водорослей широко используется для оценки качества поверхностных вод суши [4].

Цель исследования – изучение видового состава и распространения эвгленовых водорослей в затонах реки Иртыш в районе г. Омска.

Материалы и методы

Статья основана на результатах обработки качественных проб фитопланктона из затонов реки Иртыш в районе города Омска с октября 2010 по ноябрь 2011 гг. (26 проб) и с апреля по октябрь 2023 г. (21 проба). Отбор проб производили в трех затонах Иртыша в районе г. Омска: Лампочка (левый берег), у Телецентра и в парке Зеленый остров (правый берег). Пробы фитопланктона отбирали батометром или зачерпыванием из поверхностного слоя воды, фиксировали 40% формалином, концентрировали осадочным методом. Обработку проб проводили общепринятыми в гидробиологии методами [3] на световых микроскопах Микмед-1 и Euler Professor 770T с использованием современных отечественных и зарубежных определителей. Для уточнения таксономической принадлежности и актуальности видовых названий использовали базу данных интернет-ресурса AlgaeBase [6].

Результаты и их обсуждение

За время исследований в планктоне затонов Иртыша в районе г. Омска обнаружено 77 видовых и внутривидовых таксонов (BBT) эвгленовых водорослей, включая таксономический ранг вида, относящихся к классу Euglenophyceae, порядку Euglenales, семействам Euglenaceae и Phacaceae, и девяти родам: *Trachelomonas* Ehr. (50 BBT), *Euglena* Ehr. (14 BBT), *Strombomonas* Defl. (5 BBT), *Phacus* Duj. (2 BBT), *Lepocinclis* Perty (2 BBT), *Cryptoglana* Ehr. (1 BBT), *Euglenaformis* Bennett et Triemer (1 BBT), *Euglenaria* Karnkowska, Linton et Kwiatowski (1 BBT), *Discoplastis* Triemer (1 BBT).

Наибольшим видовым богатством отличается род *Trachelomonas*, представители которого встречаются во всех трех затонах Иртыша. Как указывает Т.А. Сафонова [4], этот род имеет наибольшее значение в эвгленовой флоре различных водоемов и водотоков Западной Сибири. Самым многочисленным и распространенным видом этого рода в р. Иртыш является *Trachelomonas volvocina* Ehr. [1]. Также в затонах часто встречаются другие представители этого рода – *T. intermedia* Dang., *T. oblonga* Lemm., *T. planctonica* Swir., а в затоне у Телецентра – *T. rotunda* Swir.

Второе место по видовому богатству эвгленид в затонах Иртыша занимает род *Euglena*, его представители также найдены во всех трех затонах. Из идентифицированных видов чаще всего встречаются *E. viridis* (O.F. Müll.) Ehr., несколько реже – *E. oblonga* Schmitz. Другие представители этого рода встречаются спорадически, наибольшее видовое богатство эвгленид этого рода характерно для затона парка Зеленый остров.

Представители рода *Strombomonas* наиболее часто встречаются и так же, как и виды рода *Euglena*, найдены во всех затонах, к ним относятся *S. fluviatilis* (Lemm.) Defl., *S. praeliaria* (Palmer) Defl., *S. schauinslandii* (Lemm.) Defl., обычные для эвгленовой флоры среднего течения Иртыша [1]. В затоне Лампочка в 2023 г. были найдены новые для Омского Прииртышья представители этого рода – *S. acuminata* var. *conspersa* Unknown authority и *S. asymmetrica* (Roll) Porova, встречающиеся единично.

Из рода *Phacus* в затонах изредка встречается обычный для эвгленовой флоры Иртыша *Ph. limnophilus* var. *swirenkoi* (Arnoldi) Jurán, а в затоне у Зеленого острова обнаружен новый для региона вид этого рода *Ph. quinquemarginatus* Jahn et Shawhan.

Два представителя рода *Lepocinclis* – *L. ovum* (Ehr.) Lemm. var. *ovum* и *L. fusiformis* var. *podolica* (Drezer.) Popova также были найдены только в затоне у Зеленого острова, причем последний является новым для региона.

Оставшиеся четыре рода эвгленид (*Cryptoglena*, *Euglenaformis*, *Euglenaria*, *Discoplastis*) содержат по одному виду, из них к новым для региона видам относится только *Cryptoglena skujae* Marin et Melkonian, найденный в 2023 г. в затоне Лампочка.

Всего в проведенных исследованиях было найдено 20 новых для Омского Прииртышья таксонов эвгленовых водорослей рангом ниже рода.

В состав эвгленовых водорослей, населяющих затоны Иртыша, входят представители различных экологических групп.

По географическому распространению большинство идентифицированных эвгленид (43% от числа таксонов с известным географическим распространением) относится к космополитам, встречающимся в водоемах и водотоках всех широт. Чуть меньше голарктических видов – 40% от числа таксонов с известным географическим распространением, поскольку вся территория России расположена в зоне голарктического царства. Остальные эвглениды относятся к обитателям циркумбореальной, бореальной, палеотропической и неотропической зон.

По отношению к рН водных масс большинство найденных видов эвгленид (80% от числа таксонов с известной ацидофильностью) являются индифферентами. Остальные таксоны с известной ацидофильностью представлены алкалифилами (13 %) и алкалибионтами (7 %).

По отношению к солености воды среди идентифицированных видов эвгленовых водорослей преобладают типичные обитатели пресных вод – индифференты (69% от числа ВВТ с известной галобностью). Также найдены представители мезогалобов (19%), олигогалобов (6%) и галофилов (6%).

Виды-индикаторы той или иной степени сапробности воды из состава эвгленовых водорослей затонов реки Иртыш относятся к обитателям различных зон. Большинство эвгленид (78% от числа таксонов с известной сапробностью) относятся к β-мезосапробам, то есть представителям зоны средней степени загрязненности органическими веществами.

Заключение

Преобладание в составе эвгленовых водорослей затонов реки Иртыш представителей определенных экологических групп – космополитов, индифферентов по отношению к минерализации и рН водной среды, β-мезосапробам – корректно отражает сложившиеся в них условия. Высокое видовое богатство эвгленовых водорослей в исследованных затонах обусловлено тем, что здесь сложились наиболее благоприятные условия для их вегетации, главное из которых – замедленное или полное отсутствие течения.

При завершении строительства Красногорского гидроузла высокий уровень видового богатства и значительное число новых для региона таксонов эвгленовых водорослей, обитающих в затонах, будут способствовать повышению разнообразия фитопланктоценоза реки Иртыш и поддержанию процессов самоочищения его вод.

Список литературы

1. Баженова, О.П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока / О.П. Баженова. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 248 с.
2. Портал Правительства Омской области: официальный сайт. – URL: <https://omskportal.ru/society/other/gidrouzel/celprog/obosnovanie> (дата обращения: 27.09.2024)
3. Садчиков, А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство / А.П. Садчиков. – Москва: Университет и школа, 2003. – 158 с.

4. Сафонова, Т. А. Эвгленовые водоросли Западной Сибири / Т.А. Сафонова. – Новосибирск: Наука, 1987. – 191 с.
5. Фитопланктон Омского Прииртышья / О.П. Баженова [и др.]; под общ. ред. О.П. Баженовой. – Омск, 2019. – 320 с.
6. Guiry, M.D. AlgaeBase / M.D. Guiry, G.M. Guiry // World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. – URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения 20.10.2024).

УДК 574.52

ТОКСИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ХРОМА НА МИКРОВОДОРОСЛИ В РЕЧНОЙ И ДЕХЛОРИРОВАННОЙ ВОДЕ

Е.Н. Бакаева., И.В. Коваленко

Гидрохимический институт, г. Ростов-на-Дону, Россия,
rotaria@mail.ru, igor.igor.kovalenko@gmail.com

Аннотация. Работа посвящена изучению токсического влияния хрома на микроводоросль *Chlorella vulgaris* Beijer в воде реки Дон и дехлорированной воде. Применён биотест по изменению оптической плотности культуры микроводоросли. Весной исследованы концентрации хрома кратные 5, 10, 25, 50, 100 и 200 ПДК, летом - 5, 10, 25 ПДК. По данным биотестирования токсичность хрома с тест-объектом *C. vulgaris* в дехлорированной и речной воде отличалась. В дехлорированной воде подтверждено угнетающее токсическое действие всех концентраций хрома на рост хлореллы. Проявлена обратная зависимость значений оптической плотности хлореллы от концентрации хрома. В речной воде токсическое действие хрома имело противоположную направленность - проявилось в виде стимулирующего действия на рост хлореллы. Токсичность хрома в донской воде выявлена во всех концентрациях, кроме самой низкой (5 ПДК). Четких сезонных отличий токсичности не отмечено. Такое необычное действие хрома может быть связано с его разной биодоступностью, зависящей от химического состава водного объекта, в частности, от pH среды. Слабощелочная вода реки Дон и его бассейна снижает токсичность хрома. В связи с этим подтверждается необходимость разработки региональных ПДК.

Ключевые слова: токсичность, биотестирование, хром, *Chlorella vulgaris*, река Дон, вода.

TOXIC EFFECT OF CHROMIUM ON MICROALGAE IN RIVER AND DECHLORINATED WATER

E.N. Bakaeva., I.V. Kovalenko

Summary. The work is devoted to the study of the toxic effect of chromium on the microalgae *Chlorella vulgaris* Beijer in the water of the Don River and dechlorinated water. A biotest was used to change the optical density of the microalgae culture. In the spring, chromium concentrations multiple of 5, 10, 25, 50, 100 and 200 MAC were studied, in the summer - 5, 10, 25 MAC. According to the biotesting data, the toxicity of chromium with the test object *C. vulgaris* in dechlorinated and river water differed. In dechlorinated water, the inhibitory toxic effect of all chromium concentrations on the growth of chlorella was confirmed. An inverse relationship between the optical density of chlorella and the concentration of chromium was demonstrated. In river water, the toxic effect of chromium had the opposite direction - it manifested itself as a stimulating effect on the growth of chlorella. Chromium toxicity in Don water was detected in all concentrations except the lowest (5 MAC). No clear seasonal differences in toxicity were noted. Such unusual action of chromium may be related to its different bioavailability, depending on the chemical composition of the water body, in particular, on the pH of the environment. Weakly

alkaline water of the Don River and its basin reduces the toxicity of chromium. In this regard, the need to develop regional MACs is confirmed.

Keywords: toxicity, biotesting, chromium, *Chlorella vulgaris*, Don River, water.

Загрязнение гидросферы тяжелыми металлами представляет глобальную экологическую угрозу, несущую вред как водным экосистемам, так и самому человеку. Основными источниками поступления поллютантов в водные объекты являются промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды. Тяжелые металлы, в том числе и хром, являются одними из самых распространенных и опасных токсикантов, негативно влияющих на живое. Важно отметить, что токсичность – это биологическая характеристика, которая определяется по живым объектам [1]. В экологическом мониторинге используется метод биотестирования – оценка качества воды по ответным реакциям водных организмов, являющихся тест-объектами.

Цель исследования: определить и сравнить токсическое влияние хрома на микроводоросль *Chlorella vulgaris* в речной и дехлорированной водопроводной воде в разные сезоны.

Хром обычно пребывает в органических и неорганических формах с различной биологической доступностью и скоростью поглощения. Среди неорганических источников наиболее распространёнными формами хрома являются металлическая форма (Cr^0), трёхвалентная форма (Cr^{3+}) и шестивалентная форма (Cr^{6+}) [11].

Шестивалентный хром в 100 раз более токсичен, чем трехвалентная форма хрома. Это связано с тем, что шестивалентный хром – сильный окислитель, способный высвобождать свободные радикалы, которые могут оказывать канцерогенное воздействие на живые клетки [10]. Поступление (Cr^{6+}) в окружающую среду осуществляется в результате промышленной деятельности человека: хромирование металлических изделий, дубление кожи, производство красителей для текстильной промышленности и т. д. [6].

Хром в большом количестве находится в гидросфере и мигрирует в речных водах со взвесями.

При повышенном содержании хрома в воде у рыб наблюдаются образование опухолей и язвенных болезней, а также деформация скелета и воспаление плавников. Токсическое действие тяжелого металла на зоопланктон проявляется в угнетении питания, нарушении эмбриогенеза и снижении плодовитости.

Важно также отметить влияние хрома на фитопланктон. Поллютант в низких концентрациях выступает как микроэлемент, усиливая процессы биосинтеза и усиливая метаболические реакции. Фитотоксичность хрома проявляется в хлоротичности, ослизнении тканей, задержке роста и других явлениях [2].

Химизм загрязняющих веществ зависит от гидрохимического состава водотоков. В связи с этим правомерным является сравнение токсичности тяжелых металлов в речной воде с дехлорированной водой. Токсичность хрома была изучена в двух видах воды: дехлорированной водопроводной и воде реки Дон.

Река Дон в пределах города Ростов-на-Дону имеет класс качества воды - 4, разряд – а (грязная) [4]. По химическому составу вода относится к гидрокарбонатному классу, группе натрия [9].

По данным [8], в 2022 г. к характерным загрязняющим веществам реки относились органические вещества (по БПК₅ и ХПК), нефтепродукты, сульфаты, к которым добавлялся нитритный азот на участке ниже г. Ростов-на-Дону. Превышений по хрому не было выявлено.

Материалы и методы

Оценку токсичности воды проводили методом биотестирования по изменению оптической плотности культуры микроводоросли *Chlorella vulgaris* Beijer. Метод основан

на определении изменений значений оптической плотности лабораторной культуры микроводоросли *Chlorella vulgaris* [7].

Влияние тестируемой воды (опытная серия) на рост культуры микроводоросли оценивали по отклонению от значений оптической плотности культуры микроводоросли, выращенной на воде, не содержащей токсичных веществ [7].

О степени токсического действия тестируемой воды на культуру микроводоросли судили по значениям отклонений изменений оптической плотности культуры в опытных сериях от контрольной. С этой целью рассчитывали среднее арифметическое значение оптической плотности культуры микроводоросли из четырёх повторностей \bar{D} каждой тестируемой пробы и контрольной серии.

Затем рассчитывали отклонение A , %, среднего значения оптической плотности каждой опытной серии по сравнению с контрольной по формуле

$$A = \frac{(\bar{D}_o - \bar{D}_k)}{\bar{D}_k} * 100 \quad (1)$$

где \bar{D}_o и \bar{D}_k – средние значения оптической плотности в опытной и контрольной сериях соответственно.

Критерием токсичности пробы является отклонение среднего значения оптической плотности опытной серии по сравнению с контрольной на минус 30 % и более (угнетение) в случае подавления роста культуры микроводоросли или ее повышение на 30 % и более – при стимуляции. Отклонение значений в сторону увеличения свидетельствует о наличии стимулирующего эффекта тестируемой воды на культуру микроводоросли, что может свидетельствовать о присутствии органических веществ или биогенных элементов в водном объекте [7].

Биотестирование проводили в специализированном многокуветном культиваторе КВМ-07 при оптимальной температуре $(25 \pm 1,0)^\circ\text{C}$ и непрерывном освещении с интенсивностью света 60 Вт/м^2 .

В качестве модельного токсиканта был использован бихромат калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Токсичность воды реки Дон оценивали в весенний (17 мая) и летний (6 июня, 1 июля) периоды. Для весеннего периода были взяты концентрации 5 ПДК, 10 ПДК, 25 ПДК, 50 ПДК, 100 ПДК, 200 ПДК, для летнего периода - 5 ПДК, 10 ПДК, 25 ПДК (табл. 1).

Таблица 1. Схема биотестовых экспериментов по хрому

Концентрация хрома кратное ПДК	Дехлорированная вода	Вода р. Дон	
		Весенний период	Летний период
5	+	+	+
10	+	+	+
25	+	+	+
50	+	+	-
100	+	+	-
200	+	+	-

Донская вода по водородному показателю (pH) была слабощелочной во все сезоны (8,48-8,53).

Результаты

В ходе исследования было выявлено, что с увеличением концентрации хрома в дехлорированной водопроводной воде абсолютные значения конечной оптической плотности уменьшаются.

В воде р. Дон в оба сезона отмечается противоположная направленность в сравнении с дехлорированной водой. Абсолютные значения оптической плотности увеличиваются с увеличением концентрации хрома. Более высокие значения отмечены весной, более низкие – летом (июнь) (рис 1).

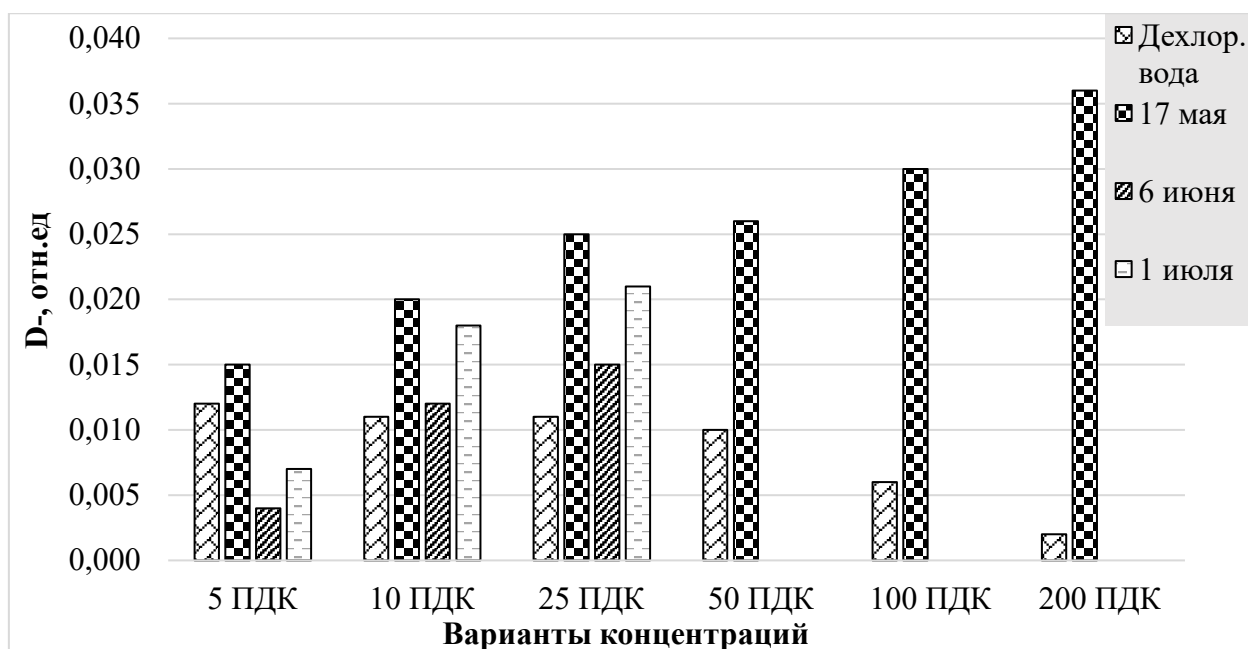


Рис.1. Абсолютные значения конечной оптической плотности *C. vulgaris* (D , отн.ед) в донской и дехлорированной водопроводной воде с разными концентрациями хрома

Сравнение опытных данных показало отличие направленности отклика хлореллы в дехлорированной и речной воде. В дехлорированной воде значение отклонения имели знак «минус». Во всех испытываемых концентрациях хрома выявлена токсичность, проявляющаяся в угнетении роста хлореллы.

В донской воде с увеличением концентрации хрома увеличиваются значения отклонения оптической плотности в опытных сериях от контрольной. Для весенней и летних проб наблюдается прямая зависимость от концентрации хрома. Наибольшие значения отклонения отмечаются при высоких концентрациях весной (100 ПДК, 200 ПДК). Токсическое действие было выявлено во всех концентрациях хрома, кроме варианта 5 ПДК. Значительный прирост хлореллы в донской воде может быть обусловлен высоким содержанием органических веществ, являющихся питанием для микроводорослей (рис 2).

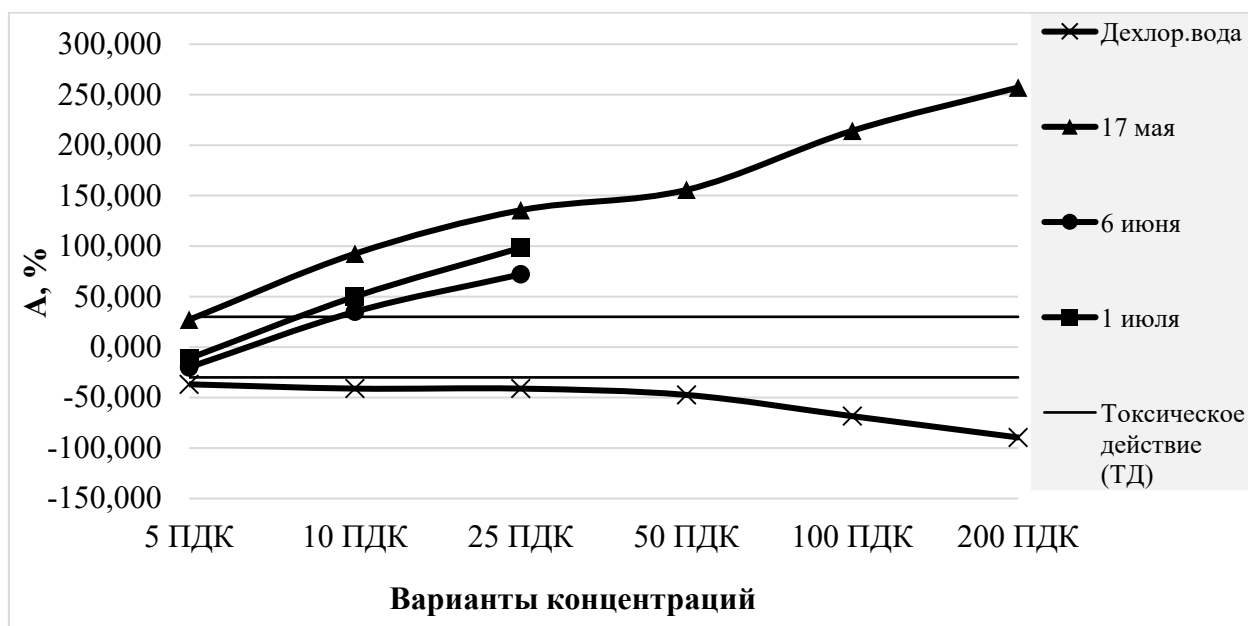


Рис.2. Отклонение значений оптической плотности (A , %) *C. vulgaris* в донской и дехлорированной водопроводной воде с разными концентрациями хрома

Результаты биотестирования по изменению оптической плотности культуры микроводоросли *Chlorella vulgaris* представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты биотестирования с разными концентрациями хрома по оптической плотности *C. vulgaris* (составлено автором)

Концентрация хрома кратное ПДК	Дехлорированная вода	Вода р. Дон		
		Весенний период	Летний период	
			6 июня	1 июля
5	ТД	НЕТ ТД	Нет ТД	Нет ТД
10	ТД	ТД	ТД	ТД
25	ТД	ТД	ТД	ТД
50	ТД	ТД	-	-
100	ТД	ТД	-	-
200	ТД	ТД	-	-
ТД – Токсическое действие		НЕТ ТД – Отсутствие токсического действия		

Обсуждение

Проблема оценки токсичности шестивалентного хрома поднимается во многих научных исследованиях. С своих работ авторы для биотестирования используют схожие с нашими концентрации тяжелого металла, при этом схемы экспериментов, тест-объекты и тест-показатели могут отличаться.

Направленность токсического воздействия хрома может иметь разный характер. В работе [3] при использовании схожих концентраций тяжелого металла (5, 50, 250 ПДК) с увеличением концентрации хрома происходит подавление роста культуры микроводоросли. При этом при использовании более низких концентраций (ниже ПДК) токсичность не проявляется. К сожалению, в работе не сказано какая вода использовалась для биотестирования. Это является очень важной деталью, ведь в разных водах токсиканты могут вести себя по-разному. В работе [5] приводится важное замечание о поведении хрома в воде. При нейтральных значениях pH (7-7,5) хром остается в растворенном состоянии, оказывая негативное воздействие на тест-объекты. А при pH близком 9 наблюдается значительное снижение токсичности, свидетельствующее о том, что остаточные растворимые загрязняющие вещества оказывают слабое токсичное воздействие на биотест. Данное заключение может объяснить поведение хрома в воде реки Дон по результатам нашего исследования. При возрастании концентраций наблюдается токсическое действие тяжелого металла со стимулирующим действием на микроводоросль. Связано это с тем, что в исследуемой донской слабощелочной воде (pH 8,43-8,58) хром снижает токсичность. Это приводит к стимуляции роста хлореллы наряду с наличием в речной воде органических веществ. В дехлорированной воде водородный показатель имеет нейтральное значение.

Выводы

Токсичность хрома по данным биотестирования с тест-объектом *C. vulgaris* в дехлорированной и речной воде отличалась.

В дехлорированной воде подтверждено угнетающее токсическое действие всех концентраций хрома на рост хлореллы. Проявлена обратная зависимость значений оптической плотности хлореллы от концентрации хрома.

В речной воде токсическое действие хрома имело противоположную направленность - проявилось в виде стимулирующего действия на рост хлореллы. Токсичность хрома выявлена при всех концентрациях в донской воде, кроме самой низкой (5 ПДК). Четких сезонных отличий токсичности не отмечено.

Такое необычное действие хрома может быть связано с его разной биодоступностью, зависящей от химического состава водного объекта, в частности, от pH среды. Слабощелочная вода реки Дон и его бассейна снижает токсичность хрома. В связи с этим подтверждается необходимость разработки региональных ПДК.

Список литературы

1. Бакаева, Е.Н. Экоотоксичность воды при натурном моделировании загрязнения кадмием / Е.Н. Бакаева, И.В. Коваленко // Инновационные научные исследования в современном мире: теория, методология, практика / Сборник статей по материалам X Международной научно-практической конференции. – 2023. – С. 235 – 244.
2. Ерназарова, Г.И. Поглощение хрома моно- и смешанными культурами микроводорослей / Г.И. Ерназарова, С.К. Турашева, А.А. Сартаева // Международный журнал биологии и химии – 2018. – С. 119 – 126.
3. Ипатова, В. И. Концентрация или доза токсиканта в биотестировании с использованием микроводорослей / В.И. Ипатова, А.М. Лазарева // Бюллетень МОИП. Отдел биологический – 2022. – №5. – С. 54 – 65.
4. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Информация о наиболее загрязненных водных объектах Российской Федерации (приложение к Ежегоднику за 2022 г.)
5. Кравчук, Д. А. Оценка уровня токсичности никельсодержащих сточных вод ОАО "Электросоединитель" / Д.А. Кравчук, Н.С. Гвоздева, М.Р. Замалетдинов [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21, № 2. – С. 191– 194.
6. Печищева, Н.В. Удаление экотоксикантов из водных растворов с помощью механоактивированного анатаза под действием освещения / Н.В. Печищева, Л.Г. Бурдина, П.В. Зайцева, С.Х. Эстемирова, К.Ю. Шуняев // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. – 2023. – Т. 14, № 2. – С. 208 – 212.
7. РД 52.24.905-2020 Оценка токсичности воды и водных вытяжек донных отложений поверхностных водных объектов методом биотестирования по изменению оптической плотности культуры микроводоросли *Chlorella vulgaris*. утв. 16.12.2020. - Ростов-на-Дону: Росгидромет ГУ ГХИ, 2020. – С. 29.
8. Трофимчук, М.М. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник 2022 // Ростов-на-Дону, 2023. – С. 612.
9. Химический состав реки Дон // Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы) – URL: <https://voda.gov.ru/favr/structure/bvu/department/subject/6941> (дата обращения: 25.10.2024)
10. Фрунзе, О. В. Сорбционная способность декоративных травянистых растений в условиях загрязнения почвы ионами хрома // Экосистемы. – 2023. – №33. – С. 152 – 159.
11. Шошина, О. В. Роль хрома в пищеварении у полигастричных животных (обзор) / О. В. Шошина, С. В. Лебедев, М. М. Поберухин // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – №3. – С. 82 – 93.

УДК 574.587

МАКРОЗООБЕНТОС ВОДОТОКОВ И МАЛЫХ ВОДОЕМОВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

С.А.Валькова

Институт проблем промышленной экологии Севера - обособленное подразделение
ФГБУН Кольский научный центр РАН, Апатиты, Россия, s.valkova@ksc.ru

Аннотация. Оценено современное состояние макрозообентоса водоемов и водотоков, находящихся в зоне непосредственного воздействия предприятий по переработке медно-никелевых руд (Мончегорская площадка и Печенгская площадка АО «Кольская ГМК»). Показано, что сообщества зообентоса, развивающиеся в условиях экстремального загрязнения, характеризуются обедненным видовым составом и численными показателями. Основу сообществ формируют виды устойчивые к закислению и высоким содержаниям тяжелых металлов в воде. Наибольшим таксономическим разнообразием характеризуется сем. Chironomidae, преобладают в сообществах виды родов Psectrocladius, Procladius, Cricotopus.

Ключевые слова: макрозообентос, тяжелые металлы, малые озера, водотоки.

MACROZOOBENTHOS OF STREAMS AND SMALL WATER BODIES IN THE ZONE OF INFLUENCE OF NON-FERROUS METALLURGY ENTERPRISES

S.A. Valkova

Summary. The current state of macrozoobenthos of water bodies and watercourses located in the zone of impact of copper-nickel ore processing enterprises (Monchegorsk site and Pechenga site of Kola MMC) is assessed. It is shown that zoobenthos developing under conditions of extreme pollution are characterised by low species diversity and abundance. The basis of communities is formed by species resistant to acidification and high content of heavy metals in water. The greatest taxonomic diversity is characterised by the family Chironomidae. Larvae of genera Psectrocladius, Procladius, Cricotopus prevail in communities.

Keywords: zoobenthos, copper-nickel production, small lakes, streams.

К категории наиболее опасных для состояния окружающей природной среды производств относится цветная металлургия. Для водных экосистем, находящихся в зоне их воздействия тяжелые металлы являются приоритетными загрязнителями из-за их высокой токсичности, что приводит к изменениям в составе и структуресообществ гидробионтов, в том числе макрозообентоса [14; 10; 2; 4]. В зоне влияния производственных площадок АО «Кольская ГМК» расположен ряд малых озер и разнотипных водотоков, подверженных как непосредственному загрязнению стоками медно-никелевого производства, так и интенсивному аэротехногенному загрязнению. Экосистемы этих водных объектов развиваются в условиях долговременной экстремальной техногенной нагрузки, сочетающей высокие концентрации загрязнителей в воде и донных отложениях, выпадение кислотообразующих соединений с атмосферными осадками, и значительную деградацию почвенного покрова и растительности на водосборах [12; 3].

Цель работы – оценить современное состояние макрозообентоса малых водоемов и водотоков в зоне воздействия медно-никелевых комбинатов АО «Кольская ГМК» – «Североникель» и «Печенганикель».

Материалы и методы

Отбор и анализ проб бентоса проводили с использованием рекомендованных стандартных методик [8] в летний период в 2016-2022 гг. Объектами исследований были водотоки – р. Колосйоки р. Быстрая р. Хаукилампийоки, руч. Кумужий. руч. Травяной, и водоемы – оз. Нюд, оз. Кумужье, оз. Сопчъявр, оз. Арвалдемломполо, оз. Хаукилампийоки.

Пробы на водотоках отбирали с помощью гидробиологического сачка-скребка с рабочими размерами металлической рамки 0,25x0,25 м. На водоемах отбор зообентоса проводили с помощью дночерпателя Экмана-Берджа с площадью захвата грунта 0,289 м², затем пробы промывали через газ с ячейей 250 мкм.

Определение беспозвоночных проводилось по Определителю зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России [5], Определителю пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий под редакцией С.Я. Цалолихина [6; 7] и An introduction the aquatic insects of North America [13]. Для фиксирования проб использовали 4%-й формалин или 70-80%-й спирт.

Для характеристики показателей развития зообентоса рассчитывали среднюю численность (экз./м²) и биомассу (г/м²) гидробионтов, относительные величины численности и биомассы (%), встречаемость (%) групп в пробах. Для оценки видового разнообразия сообществ использовали индекс Шеннона-Уивера (H), рассчитанный с учетом численности видов. Для оценки экологического состояния водных объектов использовали индекс сапротоксности (ST) В.А. Яковлева [11] и "хирономидный" индекс Е.В. Балускиной [1].

Результаты и их обсуждение

В составе зообентоса исследованных водных объектов обнаружено 34 таксона видового и надвидового рангов, в целом для отдельного водоема/водотока таксономическое разнообразие было невысоко - от 2 до 14 таксонов. Зооценозы были сформированы преимущественно амфибиотическими насекомыми из отрядов Diptera, Coleoptera, Trichoptera, Ephemeroptera и Plecoptera, единично отмечены вислкрылки, амфиподы, олигохеты, нематоды и водные клещи. Наибольшее таксономическое разнообразие выявлено для отряда Двукрылые (Diptera), на долю которого приходилось 56% видового состава. Отмечены представители семейств Chironomidae, Tipulidae, Simuliidae, Tabanidae, Ceratopogonidae, наиболее распространенной и многочисленной группой среди них были хирономиды (15 видов и форм).

Зооценозы водоемов характеризовались обедненным таксономическим составом и крайне низкими показателями численности и биомассы фауны. В структуре зообентоса водоемов преобладали хирономиды родов *Psectrocladius*, *Procladius*, *Cricotopus* и *Orthocladius*, остальные группы отмечены единично.

В составе зообентоса водотоков доминирующий комплекс формировали реофильные хирономиды, в отдельных водотоках его дополняли ручейники, личинки комаров-звонцов и комаров-долгоножек.

Ручейники, обнаруженные в наиболее загрязненных водотоках, принадлежали к семействам Polycentropodidae и Rhyacophilidae. Из нимф поденок в загрязненных ручьях обнаружен только один вид – *Baetis rhodani* Pictet, 1843, из веснянок только представители рода *Nemoura*. В составе хирономидных комплексов наиболее многочисленны были личинки *Cricotopus*, *Psectrocladius*, *Macropelopia* – виды, широко распространенные в водоемах и водотоках региона, в том числе загрязненных [2; 9; 14] (табл. 1).

Таблица 1. Частота встречаемости (% проб) наиболее распространенных видов и их доля (%) в общей численности зообентоса исследованных водных объектов

Таксон	Встречаемость (%)	Численность (%)
Водоемы		
<i>Procladius choreus</i> gr.	62,5	33,2
<i>Psectrocladius</i> sp.	37,5	19,2
<i>Chironomus</i> sp.	37,5	27,4
<i>Sigara</i> sp.	37,5	1,4
<i>Cricotopus</i> sp.	25,0	2,1
Водотоки		
<i>Cricotopus</i> sp.	38,5	15,6
<i>Macropelopia</i> sp.	30,8	50,0

Tipulidae	30,1	5,2
Ceratopogonidae gen. sp.	29,3	7,1
Psectrocladius sp.	23,1	24,5
Elmis aenea Müller, 1806	23,1	6,1
Simulidae	15,4	8,0

Из всех систематических групп в воде с высокими концентрациями Ni и Cu обнаруживались хирономиды, типулиды, комары-мокрецы, ручейники *Rhyacophila nubila* Zett., 1840, и полужесткокрылые (*Sigara* sp.). Максимальные концентрации Ni и Cu в водных объектах, где были обнаружены таксоны в зообентосе, представлены в таблице 2. Полученные данные в целом сопоставимы с результатами более ранних исследований, за исключением бокоплава *Gammarus lacustris* Sars, 1863, который ранее был отмечен лишь при незначительном содержании Ni и Cu в воде [10].

Таблица 2. Максимальные концентрации Ni (мкг/л) и Cu (мкг/л) в водных объектах, где были обнаружены таксоны в зообентосе

Таксон	2016-2022 гг.		1991-1992 гг. по [10; 11]	
	Ni	Cu	Ni	Cu
Cricotopus sp.	445	50	485	55
Macropelopia sp.	445	50	-	-
Tipulidae	445	50	-	-
Ceratopogonidae gen. sp.	445	50	-	-
Tabanidae	445	50	-	-
Rhyacophila nubila	445	50	485	10
Chironomus sp.	384	13	402	15
Brilla longifurca	262	14	-	-
Procladius choreus gr.	260	167	485	55
Corixidae (Sigara sp.)	260	41	485	60
Psectrocladius sp.	260	41	485	125
Nematoda	260	15	-	-
Diamesa sp.	147	9,6	-	-
Elmis aenea	147	9,6	-	-
Baetis rhodani	147	9,6	116	33
Nemoura sp.	147	9,6	321	14
Hidracarina	147	9,6	-	-
Polycentropusf lavomaculatus	143	19	485	50
Glyptotendipes sp.	139	41	-	-
Limnochironomus sp.	109	6	-	-
Diptera (l.)	94	44	-	-
Anatopina sp.	73	15	-	-
Hydrobaenus sp.	73	15	-	-
Sialis sp.	73	15	485	31
Tanytarsus sp.	73	15	83	15
Hydropilidae	73	15	-	-
Gammarus lacustris	48	22	7	<5
Molanna sp.	48	22	-	-
Simulidae	36	7	-	-

В условиях интенсивного загрязнения водоемов и водотоков предприятиями цветной металлургии применение ряда общепринятых методов оценки качества вод по показателям зообентоса ограничено, вследствие низкого биоразнообразия и численности бентосной фауны. С учетом того, что в составе зообентоса исследованных водных объектов хирономиды были наиболее распространенной и разнообразной группой, по сравнению с другими донными организмами, для оценки качества вод были использованы индекс Е.В. Балушкиной [1], основанный на учете соотношения численности личинок хирономид из отдельных подсемейств и индекс сапротоксности В.А. Яковлева [11], учитывающий комплексное загрязнение вод. Результаты апробирования представлены в таблице 3.

Таблица 3. Средние значения гидробиологических показателей и индексов качества вод исследованных озер и водотоков

Водный объект	Н	N	В	"Хирономидный" индекс		Сапротоксность	
	бит/э кз	экз./ м ²	г/м ²	К	класс качества вод	ST	Зона спротоксности
р. Колосйоки	1,56	640	13, 4	0,52	чистая	1,6	β-мезо
р. Быстрая	0,87	210	1,2	0,28	чистая	1,8	β-мезо
р. Хаукилампиёки	1,71	1314	4,2	1,70	умеренно загряз.	1,4	олиго
руч. Кумужий	-	80	0,1	0,63	чистая	5,1	поли
руч.Травяной	-	224	0,1	1,08	умеренно загрязн.	2,3	β-мезо
оз. Нюд	0.67	812	1,1	0,32	чистая	2,8	α-мезо
оз. Кумужье	0,98	154	1,2	11,1 8	грязная	1,5	олиго
оз. Сопчъявр	-	102	0,1	-	-	2,0	β-мезо
оз. Арвалдемломполо	0,65	3050	15, 7	2,73	умерено загрязн.	2,9	α-мезо
оз. Хаукилампиёки	0,35	220	0,4	2,38	умеренно загрязн.	1,8	β-мезо

Значения индекса Е.В. Балушкиной находились в диапазоне, характеризующем исследованные водные объекты в основном как "чистые" или "умеренно-загрязненные", что не соответствует действительности. Полученные результаты обусловлены составом хирономид, среди которых преобладали эврибионтные, устойчивые к действию тяжелых металлов личинки *Psectrocladius* и *Cricotopus*. Как отмечено ранее [11], приращение личинкам *Orthocladinae* роли индикатора "чистых" вод является ограничением для использования индекса в регионе, так как эти группы включают в себя как обычных обитателей загрязненных озер, так и стенобионтные виды, обнаруживаемые лишь в ультраолиготрофных горных озерах и ручьях.

Значения индекса сапротоксности В.А. Яковлева варьировали в диапазоне от 1,4 до 5,1, что характеризует исследованные водные объекты как олиго/мезосапротоксбные,

и, в целом, соответствует данным гидрохимического анализа поверхностных вод и результатам, полученным для других групп гидробионтов [4]. Однако следует отметить, что, для ряда водных объектов получены заниженные значения индекса ST, что обусловлено низким количеством особей и числом видов-индикаторов в пробах.

Заключение

Зооценозы, развивающиеся в условиях экстремального загрязнения, характеризовались обедненным таксономическим составом макрозообентоса, относительно низкими количественными показателями, основу сообществ формировали виды устойчивые к высоким содержаниям тяжелых металлов в воде, доминировали в сообществах хирономиды.

Работа выполнена в рамках темы НИР FMEZ-2022-0008

Список литературы

1. Балущкина, Е.В. Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах / Е.В. Балущкина. – Ленинград: Наука: Ленингр. отд-ние, 1987. – 179с.
2. Барышев, И.А. Формирование зообентоса пороговых участков рек северо-запада Мурманской области в зоне повышенных концентраций тяжелых металлов / И.А. Барышев // Труды Карельского научного центра РАН. – 2010. – №1. – С. 105–112.
3. Даувальтер, В.А. Аккумуляция и миграция химических элементов в арктических наземных и водных экосистемах в зоне влияния выбросов комбината "Печенганикель" / В.А. Даувальтер, Н.А. Кашулин // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2018. – №3. – С. 31–42. DOI: 10.17076/lim744
4. Денисов, Д.Б. Экологическая характеристика малых озер в зоне деятельности Мончегорской площадки АО "Кольская ГМК" / Д.Б. Денисов, С.А. Валькова, П.М. Терентьев, А.А. Черепанов, А.В. Разумовская // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2018. – №9. – С.65– 76. DOI: 10.17076/lim845
5. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т.2. Зообентос / Под ред. В.Р. Алексеева и С.Я. Цалолихина. – М.; СПб.: КМК, 2016. – 457 с.
6. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т.4. Высшие насекомые. Двукрылые / Под общ. ред. С.Я.Цалолихина. – СПб.: Наука, 1999. – 1000 с.
7. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т.5. Высшие насекомые / Под общ. ред. С. Я. Цалолихина. – СПб.: Наука, 2001. – 825 с.
8. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. – С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1992. – 320 с.
9. Яковлев, В.А. Воздействие тяжелых металлов на пресноводный зообентос: 2. Последствия для сообществ / В.А. Яковлев // Экологическая химия. – 2002. – №2 (11). – С. 117-132.
10. Яковлев, В.А. Пресноводный зообентос северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Ч.1. / В.А. Яковлев. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. – 161с.
11. Яковлев, В.А. Пресноводный зообентос северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Ч.2. / В.А. Яковлев. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. – 145с.
12. Lukin, A.A. Assesment of copper-nikel industry inapct on a subarctic lake ecosystem / A.A. Lukin, V.A. Dauvalter, N.A. Kashulin, V.A. Yakovlev, A.N. Sharov, O.I. Vandysh // The Science of the Total Environment. – 2003. – V. 306. – p. 73-83

13. Merritt, R.W. An introduction the aquatic insects of North America / R.W. Merritt, K.W. Cummins, M.B. Berg – Fourth Edition. Kendall/Hunt Publishing Company, 2008. – 1158 p.

14. Mousavi, S.K. Diversity and structure of Chironomidae (Diptera) communities along a gradient of heavy metal contamination in a subarctic watercourse / S.K. Mousavi, P. Primicerio, P.-A. Amundsen // The Sci. of the Total Environ. – 2003. – V.307. – P. 93–110.

УДК 574.622

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ РЕКИ ОБЬ

Л.С. Визер¹, А.А. Мухина^{1,2}, Ю.В. Шаруха¹

¹Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ЗапСибНИРО»), г. Новосибирск, Россия

²Новосибирский ГАУ, г. Новосибирск, Россия,

mukhina.alyena@yandex.ru

Аннотация. Приведены результаты гидробиологического исследования сезонной динамики зоопланктона Верхней Оби в черте г. Новосибирска в зоне строительства 4-го моста. Были рассмотрены качественные и количественные характеристики зоопланктонного сообщества, а также рассчитан индекс сапробности. Видовой состав представлен 33 видами из трех систематических групп, 17 из которых – коловратки (Rotifera); 9 – ветвистоусые ракообразные (Cladocera); 7 – веслоногие ракообразные (Copepoda). Наибольшее число таксонов отмечено летом – 25, наименьшее весной – 6. Количественные показатели зоопланктона имели характерную сезонную динамику: весной наблюдалась наименьшая численность и биомасса, летом – наибольшие. Весной средняя численность зоопланктона весьма незначительна и составила 360 экз./м³, биомасса – 9,260 мг/м³. Основу сообщества формировали веслоногие ракообразные, их доля в численности достигала 89,7%, в биомассе – 68,3%. Средняя численность зоопланктона в летний период достигала 8870 экз./м³, биомасса – 140,177 мг/м³. Основная доля, также, как и весной, принадлежала веслоногим ракообразным: 73,0% и в численности, и в биомассе. Осенью численность зоопланктона составляла 1233 экз./м³, биомасса – 133,560 мг/м³. Доминировали в этот период ветвистоусые ракообразные, с удельным весом в численности 59,3%, в биомассе – 52,3%. Величина индекса сапробности в весеннее время составила 1,6, летом и осенью – 1,8, что свидетельствует об умеренной степени загрязненности воды и соответствует β-мезосапробной зоне.

Ключевые слова: зоопланктон, численность, биомасса, сезонная динамика, индекс сапробности, видовой состав, река Обь.

SEASONAL DYNAMICS OF ZOOPLANKTON COMMUNITIES OF THE OB RIVER

L.S. Vizer, A.A. Mukhina, Y.V. Sharukha

Summary. The results of a hydrobiological study of the seasonal dynamics of zooplankton of the Upper Ob River in Novosibirsk in the construction zone of the 4th bridge are presented. The qualitative and quantitative characteristics of the zooplankton community were considered, and the saprobity index was calculated. The species composition is represented by 33 species from three systematic groups, 17 of which are rotifers (Rotifera); 9 are branched crustaceans (Cladocera); 7 are copepods (Copepoda). The largest number of taxa was observed in summer – 25, the smallest in spring – 6. Quantitative indicators of zooplankton had a characteristic seasonal dynamic: in spring, the lowest abundance and biomass were observed, in summer – the largest. In

spring, the average number of zooplankton is very insignificant and amounted to 360 specimens/m³, biomass – 9.260 mg/m³. The basis of the community was formed by oar-footed crustaceans, their share in the population reached 89.7%, in the biomass - 68.3%. The average number of zooplankton in the summer period reached 8870 copies/m³, biomass - 140.177 mg/m³. The main share, as well as in the spring, belonged to oar-footed crustaceans: 73.0% in both numbers and biomass. In autumn, the number of zooplankton was 1,233 specimens/m³, biomass – 133,560 mg/m³. Branchous crustaceans dominated during this period, with a specific gravity of 59.3% in the population, 52.3% in the biomass. The value of the saprobity index in spring was 1.6, in summer and autumn – 1.8, which indicates a moderate degree of water pollution and corresponds to the β -mesosaprobic zone.

Keywords: zooplankton, abundance, biomass, seasonal dynamics, saprobity index, river Ob.

Река Обь – одна из крупнейших рек мира. Она образуется при слиянии рек Бия и Катунь, бассейны которых расположены в горах Алтая, и впадает в Обскую губу Карского моря. Длина реки 3680 км, площадь водосбора 2,9 млн. км² [1]. Около 85% бассейна находится на Западно-Сибирской равнине, юго-восточная – в горах Южной Сибири [2].

По берегам реки в верхнем ее течении расположен третий по численности (1,6 млн. человек) населения город России – Новосибирск. В городе работает более 215 средних и крупных промышленных предприятий [3]. В последние несколько лет через р. Обь в городской черте ведется строительство крупного автомобильного моста. Такие обстоятельства требуют проведения тщательных исследований, включающих оценку современного состояния отдельных элементов биоты реки.

Цель исследования – оценка экологического состояния р. Обь в черте г. Новосибирска по зоопланктону.

Материалы и методы

Отбор гидробиологического материала проводился в течение вегетационного периода (с конца марта по конец октября) 2022 года на трех поперечных разрезах русла реки Оби в зоне строительства автомобильного моста в г. Новосибирске (рис. 1). Глубина реки в русловой части составляет 4,4-7,1 м.

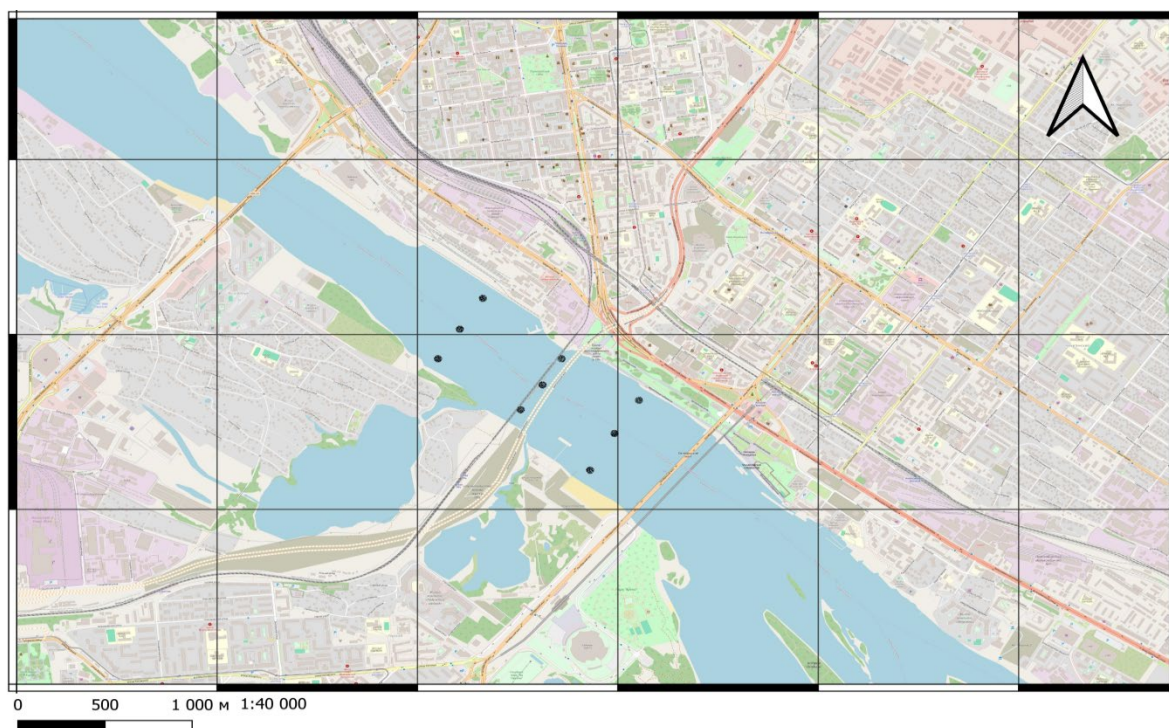


Рис. 1. Карта-схема участка р. Обь с обозначением гидробиологических станций

Для сбора зоопланктона использовали сеть Апштейна с размером ячеек 76 мкм, через которую процеживали 50 л воды. Всего было собрано и проанализировано 33 зоопланктонных пробы. Последующую фиксацию проб и камеральную обработку проводили по общепринятой стандартной методике [4;6]. Индекс сапробности рассчитывалась по методике Пантле и Бука в модификации Сладечека [5;7]. Карты созданы с помощью пакета программ QGIS 3.34.0.

Результаты и их обсуждение

Всего в зоопланктонном сообществе р. Оби в вегетационный период обнаружено 33 вида: 17 – коловратки (Rotifera); 9 – ветвистоусые ракообразные (Cladocera); 7 – веслоногие ракообразные (Copepoda).

Наибольшее видовое разнообразие отмечено летом – 25, наименьшее весной – 6. Общими для всех сезонов были *Daphnia longispina* Müller, *Diaptomus* sp, *Cyclops strenuus* Ficher, *Megacyclops viridis* Jurine, *Mesocyclops leuckarti* Claus.

Зоопланктонное сообщество в большей степени состояло из о, о-β- мезосапробов. Их доля соответствовала 59,3%. Остальную часть составляли β-о, β-α, β- мезосапробы (таблица 1).

Таблица 1. Видовой состав и степень сапробности зоопланктонного сообщества в р. Обь в районе 4-го моста (г. Новосибирск) в 2022 г.

Вид зоопланктона	Весна	Лето	Осень	Степень сапробности
Коловратки (17)				
<i>Filinia longiseta</i> Ehrenberg	-	+	-	β-α
<i>F. terminalis</i> Plate	-	-	+	о-β
<i>Lecane luna</i> Müller	-	+	-	о-β
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehtenberg	-	+	-	о-β
<i>E. lyra lyra</i> Huds	-	+	-	
<i>E. deflexa</i> Gosse	-	-	+	
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas	-	+	-	β-о
<i>Br. diversicornis</i> Daday	-	+	-	В
<i>Br. variabilis</i> Hempel	-	+	-	В
<i>Br. urseus</i> Linnaeus	-	+	-	В
<i>Keratella quadrata</i> Müller	-	+	-	о-β
<i>K. cochlearis</i> Gosse	-	-	+	β-о
<i>Ascomorpha ovalis</i> Bergendal	-	+	+	
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	-	+	-	о-β
<i>A. herricki</i> Guerne	-	-	+	
<i>Polyarthra remata</i> Skorikov	+	+	-	о-β
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehtenberg	-	+	-	о-β
Всего	1	13	5	
Ветвистоусые ракообразные (9)				
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Lievin	-	+	-	о-β

<i>Daphnia longispina</i> Müller	+	+	+	β
<i>Scapholeberis mucronata</i> Müller	-	+	-	
<i>Macrothrix laticornis</i> Jurine	-	-	+	β
<i>Bosmina longirostris</i> Müller	-	+	+	o
<i>Alona intermedia</i> Sars	-	+	-	
<i>A.affinis</i> Leydig	-	-	+	
<i>Camptocercus rectirostris</i> Sars	-	-	+	
<i>Chydorus sphaericus</i> Müller	-	+	-	o-β
Всего	<u>1</u>	<u>6</u>	<u>5</u>	
Веслоногие ракообразные (7)				
<i>Diaptomus</i> sp.	+	+	+	
<i>Acanthodiaptomus denticornis</i> Wierzejski	-	+	-	
<i>Hemidiaptomus ignatovi</i> Sars	-	-	+	
<i>Cyclops strenuus</i> Ficher	+	+	+	β-α
<i>Megacyclops viridis</i> Jurine	+	+	+	
<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus	+	+	+	o
<i>Harpacticidae</i> sp.	-	+	-	
Всего	<u>4</u>	<u>6</u>	<u>5</u>	
Итого	<u>6</u>	<u>25</u>	<u>15</u>	

Количественные показатели зоопланктона имели характерную сезонную динамику: весной наблюдалась наименьшая численность (рис. 2) и биомасса (рис. 3), летом - наибольшие.

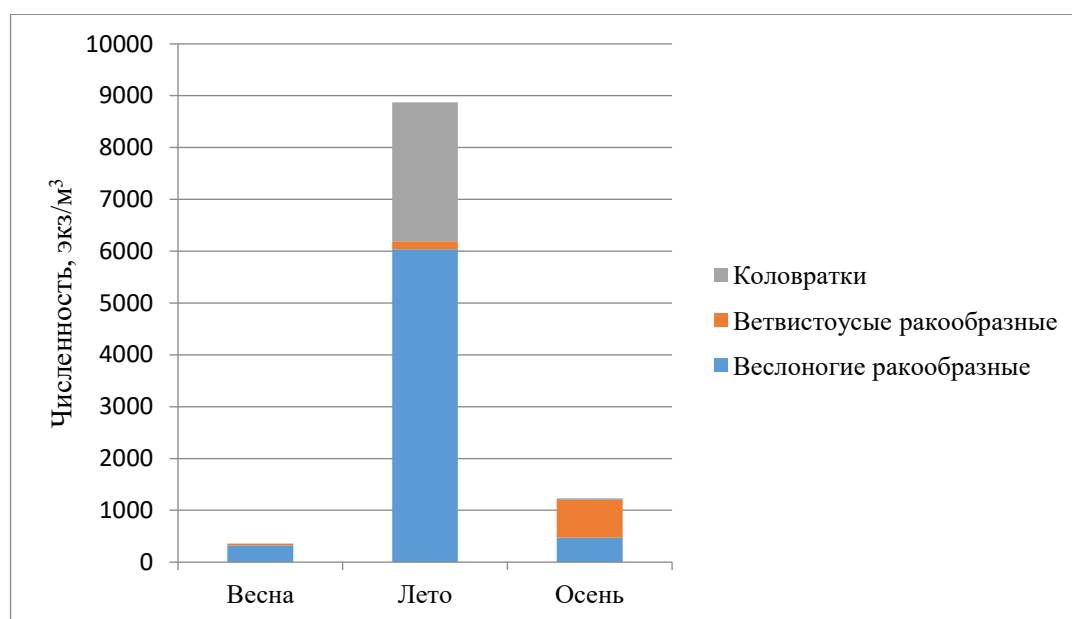


Рис. 2. Численность зоопланктонного сообщества в р. Обь в районе 4-го моста (г. Новосибирск) в 2022 г.

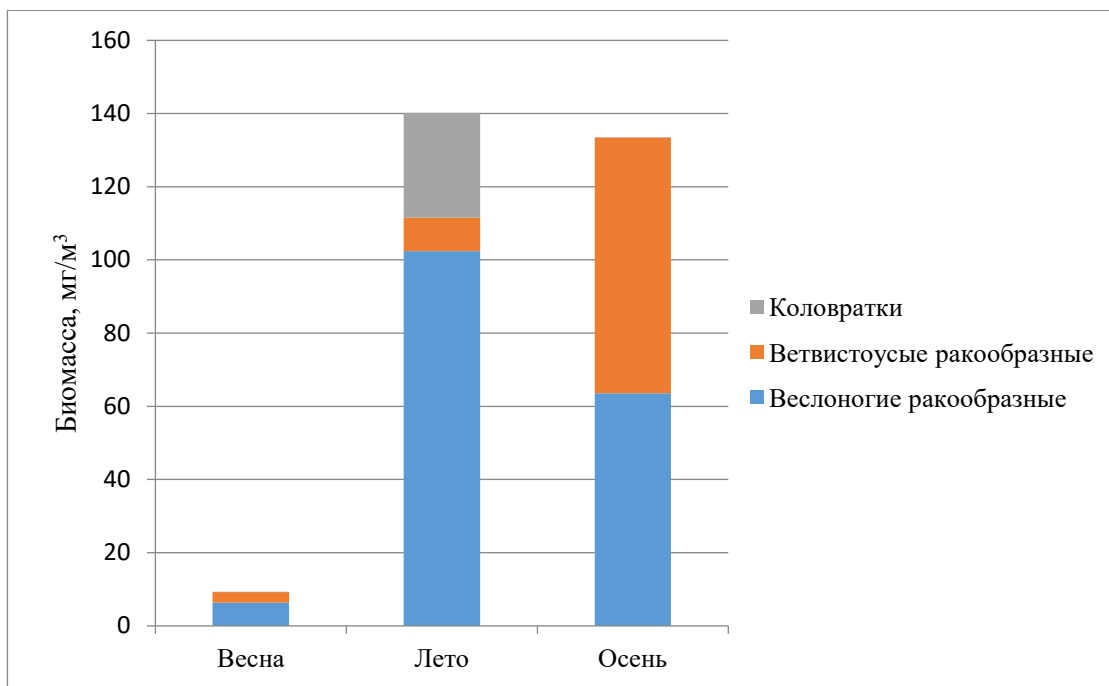


Рис. 2. Биомасса зоопланктонного сообщества в р. Обь в районе 4-го моста (г. Новосибирск) в 2022 г.

Весной средняя численность зоопланктона составила 360 экз./м³, биомасса – 9,260 мг/м³. Основу сообщества формировали веслоногие ракообразные, их доля в численности достигала 89,7%, в биомассе - 68,3%. Доминировали *M. leuckarti* Claus и *C. strenuus* Ficher. В планктоне наблюдались коловратки *Poliarthra remata* Skorikov и ветвистоусые рачки *D. longispina* Müller.

Средняя численность зоопланктона в летний период достигала 8870 экз./м³, биомасса - 140,177 мг/м³. Основная доля, также, как и весной, принадлежала веслоногим ракообразным: 73,0% и в численности, и в биомассе. Доминировал *M. leuckarti* с численностью, превышающей 5 тыс. экз./м³. В группе веслоногих ракообразных наблюдались также *C. strenuus* и *Harpacticidae* sp. Субдоминантная группа – коловратки. В середине лета руководящая роль в этой группе принадлежала *Asplanchna priodonta* Gosse. Ее численность в середине русла превышала 10 тыс. экз./м³. В конце лета основную роль играли *Lecane luna* Müller, *Keratella quadrata* Müller и *P. remata*. Немногочисленные ветвистоусые ракообразные были представлены *D. longispina*, *Diaphanosoma brachyurum* Lievin, *Chydorus sphaericus* Müller, *Bosmina longirostris* Müller, *Alona intermedia* Sars., *Scapholeberis mucronata* Müller.

Осенью численность зоопланктона весьма незначительна и составляла 1233 экз./м³, биомасса – 133,560 мг/м³. Доминировали в этот период ветвистоусые ракообразные, с удельным весом в численности 59,3%, в биомассе - 52,3%. Основную роль играли *D. longispina* и *A. affinis* Leidig. Субдоминантная группа – веслоногие ракообразные. Доминировал *Hemidiaptomus ignatovi* Sars.

Средняя численность зоопланктона в целом за вегетационный период 3488 экз./м³, средняя биомасса – 94,332 мг/м³.

Выводы

1. В зоопланктоне р. Оби в зоне строительства в вегетационный период 2022 г. обнаружено 33 вида из трех систематических групп: 17 – коловратки (Rotifera); 9 – ветвистоусые ракообразные (Cladocera); 7 – веслоногие ракообразные (Copepoda).

2. Количественные показатели зоопланктона имели характерную сезонную динамику: весной наблюдалась наименьшая численность и биомасса, летом – наибольшие.

Средняя численность зоопланктона в целом за вегетационный период 3488 экз./м³, средняя биомасса – 94,332 мг/м³.

3. Величина индекса сапробности в весеннее время составила 1,6, летом и осенью – 1,8, что соответствует β -мезосапробной зоне и свидетельствует об умеренной степени загрязненности воды.

Список литературы

1. Бурмистрова, О. С. Сезонная динамика зоопланктона притоков Верхней Оби / О. С. Бурмистрова // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием, Барнаул, 29 августа – 03. 2022 года. Том 2. – Барнаул: ООО "Пять плюс". – 2022. – С. 199-204.
2. Визер, Л. С. Сезонная динамика зообентоса Верхней Оби / Л. С. Визер, Т. А. Балацкая, М. А. Дорогин // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2024. – Т. 18, № 2(217). – С. 76-86. DOI 10.33920/sel-09-2402-01.
3. Визер, Л.С. Особенности формирования зоопланктона Верхней Оби в условиях влияния мегаполиса / Л. С. Визер, А. М. Визер, Ю. В. Цыганкова, А. В. Цапенков // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2021. – № 8(187). – С. 21-31. DOI 10.33920/sel-09-2108-02.
4. Морузи, И.В. Практикум по гидробиологии / И. В. Морузи, Е.В. Пищенко, Л.В. Веснина. – Н.: Новосиб.гос. аграр. ун-т, 2008. – 148 с.
5. Макрушин, А.В. Биологический анализ качества вод / А.В. Макрушин. – Л.: Зоол. ин-т АН СССР, 1974. – 59с.
6. Тевяшова, О.Е. Сбор и обработка зоопланктона в рыбоводных водоемах / О.Е.Тевяшова. – Ростов-на-Дону: ФГУП «АзНИИРХ», 2009. – 84 с.
7. Sladecsek, V. System of water quality from the biological point of view. / V. Sladecsek // Arch. Hydrobiol. Ergeb. Limnol. – 1973. – №3. – P. 1-218.

УДК 574.583+556.55(571.150)

БИОЛОГИЯ РАЧКА АРТЕМИИ ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМОВ КУЛУНДИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА КУЛУНДИНСКОЕ)

^{1,2} Л. В. Веснина, ¹Ю. А. Веснин, ¹М. В. Лассый

¹ Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,
Россия, artemia.vesnina@mail.ru

² Новосибирский Государственный Аграрный Университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. Приведены результаты исследований морфометрических и репродуктивных параметров рачка рода *Artemia* Leach, 1819 в озере Кулундинское в регрессивный (2006 – 2013 гг.) и трансгрессивный (2017 – 2022 гг.) периоды водности. Проведён анализ влияния на них абиотических и биотических факторов.

Ключевые слова: артемия, морфометрический анализ, трансгрессивная, регрессивная фазы водности.

BIOLOGY OF THE BRINE SHRIMP OF HYPERGALINE RESERVOIRS OF THE KULUNDINSKY LOWLAND (ON THE EXAMPLE OF LAKE KULUNDINSKOYE)

L. V. Vesnina, Y. A. Vesnin, M. V. Lassyi

Summary. The results of studies of the morphometric and reproductive parameters of the crustacean of the genus *Artemia* Leach, 1819 in Lake Kulundinskoye during the regressive (2006 – 2013) and transgressive (2017 – 2022) periods of water content are presented. An analysis of the influence of abiotic and biotic factors on them was carried out.

Keywords: artemia, morphometric analysis, transgressive, regressive phases of water content.

На территории Алтайского края находится самый крупный в Западной Сибири фонд гипергалинных озер, зоопланктон которых, в большинстве случаев, представлен монокультурой жаброногого рачка рода *Artemia* Leach, 1819. Научный интерес к этим организмам вызван их исключительной осморегулирующей способностью, разнообразием физиологических, биохимических и морфологических свойств отдельных популяций, существованием полиплоидии. Практическая ценность артемии связана с перспективой использования ее диапаузирующих яиц в качестве стартового корма. Корма из цист артемии, благодаря своим морфометрическим и биохимическим свойствам, занимают лидирующее место в аквакультуре многих стран [2; 3]

Для наиболее полного описания популяции артемии необходимо использовать мультидисциплинарный подход с использованием биометрии, морфометрических и морфологических характеристик, и молекулярно-генетических исследований [11].

Цель исследования: выявить особенности морфометрических признаков жаброногого рачка артемии озера Кулундинское в разные фазы водности.

Материалы и методы

Материал зоопланктона был собран в рамках мониторинговых исследований в период с апреля по октябрь 2006–2013 гг. и 2017–2022 гг. на озере Кулундинское. Озеро располагается в Благовещенском районе Алтайского края, 52°55' северной широты, 79°50' восточной долготы, на 99 м над уровнем моря. Отбор проб, измерения факторов среды и визуальные наблюдения за распределением рачка по акватории озера проводились по стандартной методике [4; 6; 7] на постоянно выделенных станциях наблюдения, расположенных в разных частях озера. Пробы фиксировались 4%-м раствором формалина.

Для морфометрических исследований рачка использовался фиксированный материал. В период исследований были промерены особи обоих полов трех – четырех генераций рачка. Анализ проводили по 13 морфологическим признакам (11 пластических и 2 меристических): длина тела (*tl*), длина абдомена (*al*), ширина абдомена (*aw*), длина овисака (*lw*), ширина овисака (*ow*), расстояние между глазами (*de*), диаметр глаза (*ed*), длина правой и левой фуркальных ветвей (*fl-r*, *fl-l*), длина первой антенны (*la*), ширина головы (*hw*), отношение длины цефалоторакса к длине абдомена (*cl/al*), число щетинок (*sf-r*, *sf-l*) на правой и левой фуркальных ветвях.

Отбор рапы для замера температуры и минерализации осуществлялся с помощью батометра. Общая минерализация определялась с помощью оптического прибора – рефрактометра (ATAGO Hand refractometer, Kernco Instruments Co., inc. 420 Kenazo Ave., E 1 Paso TX 79928 USA). Гидрохимические пробы отбирались путём зачерпывания рапы, объёмом 1,0–1,5 л.

Статистическую обработку материала проводили с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel и STATISTICA. Вычисляли максимальное и минимальное значения (x_{\max} , x_{\min}), среднеарифметическое значение ($x_{\text{ср.}}$), стандартную ошибку (S_x), стандартное отклонение (σ), коэффициент вариации (CV), коэффициент корреляции (r) при 5% и 1% уровнях значимости ($P < 0,05$, $P < 0,01$). Разницу средних величин оценивали по критерию Стьюдента при 5% уровне значимости [5; 8].

Результаты и их обсуждение

Для рачков артемии характерны колебания морфометрических показателей, зависящих от условий окружающей среды. Также для обоеполых популяций характерен половой диморфизм [1; 13]. По данным многих авторов к основным морфометрическим признакам, определяющим половой диморфизм относятся длина тела, ширина головы, расстояние между глазами, диаметр глаза, длина антенны, длина фурки [9; 10].

При описании внешних признаков половозрелых особей рачков озера Кулундинское наблюдаются характерные для партеногенетических популяций параметры. У самцов фронтальные бугорки на хватательных антеннах имеют сферическую форму [12]. На овисаках самок имеются небольшие выросты. Однако, для определения филогенетических связей данного вида с другими необходимо проведение молекулярно-генетических исследований.

В период исследований морфометрический анализ проводился на разновозрастных особях жаброногого рачка артемии. Достоверных различий между показателями разных генераций не отмечено, как в течение одного вегетационного сезона, так и смежных.

Длина тела (tl). В трансгрессивную фазу по длине тела (tl) у самок выявлено двухмодальное распределение, в регрессивную – распределение одномодальное, однако присутствует правосторонняя асимметрия (коэффициент асимметрии (As) является достоверным и равен 0,53). В регрессивную фазу наблюдалось общее укорочение вариационного ряда: размах между минимальным и максимальным значением в засушливую фазу составлял – 5,7 мм, в полноводную – 7,5. Сокращение интервала в регрессивную фазу произошло, в большей мере, за счёт укорочения «слева» (отсутствие особей, имеющих наименьшую длину тела). В трансгрессивную фазу вариационный ряд самок условно делился на 10 классов с шагом 0,8 мм (в регрессивную – на 9, с шагом 0,7). 22% всех исследованных в трансгрессивную фазу особей принадлежали к модальному классу 10,3-11,1, наиболее часто встречаемое значение (мода) данного класса составляла 10,6 мм (это Mo_1). 21,7% самок трансгрессивной фазы принадлежали ко второму модальному классу: 8,7-9,5 ($Mo_2 = 9,2$ мм); середина вариационного ряда (медиана, Me) пришлась на значение 10,0 мм (что совпадает с математическим ожиданием), таким и большим значением длины тела обладали 52,7% исследованных самок. Открытым остаётся вопрос: поддерживалась ли такая картина на всём протяжении трансгрессивной фазы или в отдельные периоды происходила перегруппировка. В регрессивную фазу к модальному классу 9,8-10,5 ($Mo=Me= 10,2$ мм) было приурочено 27,6% исследованных особей; длину тела равную или больше модальной имели 55,9% особей (для сравнения: в трансгрессивную длиной тела 10,2 мм и более имели только 46,0% самок).

Таким образом, на фоне общего снижения вариабельности в регрессивную фазу происходит элиминация наиболее «короткотелых» самок; в популяции преобладают особи с длиной тела 10,2 мм и более, что можно рассматривать как тенденцию к увеличению длины тела самок в регрессивную фазу.

Длина цефалоторакса (cl). По длине цефалоторакса (cl) среди самок из оз. Кулундинское в трансгрессивную фазу наблюдается распределение, близкое к нормальному, однако присутствует пониженная скорость падения частот справа от средней и тенденция к правосторонней асимметрии. Вариационный ряд условно поделен на 10 классов с шириной шага 0,4 (размах – 4,0 мм). Модальным являлось значение 4,2 мм (лишь 28,7% половозрелых самок имели меньшую длину головогруды). В пределах модального класса (4,1-4,5) и двух, следующих за ним справа (4,5-4,9 и 4,9-5,3) находились 74,4% из всех исследованных в трансгрессию самок. В регрессивную фазу водности вариационный ряд был условно поделён на 11 классов (ширина шага 0,4 мм, интервал – 4,1). Мода 4,3 мм (меньшей длиной головогруды обладали лишь 27,6% самок, что обусловило правостороннюю асимметрию графика). В пределах модального и двух следующих справа за ним классов находилось 72,1% исследованных самок. Скорость снижения частот в

правой стороне графика равномерна. Длину головогруды от 6,0 мм и более имели 4,0% самок (для сравнения: в трансгрессивную фазу – всего 0,8%).

Таким образом, в регрессивную фазу среди самок не наблюдалось снижения границ вариабельности длины цефалоторакса, однако произошла некоторая перегруппировка в сторону увеличения числа особей, имеющих наибольшее значение данного признака, что, в целом, можно рассматривать как тенденцию к увеличению длины.

Длина abdomena (*al*). В обе фазы водности длина abdomena (*al*) имела распределение, близкое к нормальному, вариационный ряд условно делился на 11 классов с шагом 0,5 мм. В трансгрессию размах между крайними вариантами составлял 5,2 мм, в регрессию – 5,0 (сокращение размаха произошло исключительно за счёт элиминации крайних левых вариантов, при этом вариационный ряд несколько «прирос» справа). Модальной величиной для трансгрессивной фазы являлось значение 6,0 мм (меньшей длиной abdomena обладали 65,8% самок, большей – только 28,7 – этим обусловлена тенденция к левосторонней асимметрии). В регрессивную фазу значения располагались более симметрично относительно моды (которая составляла 5,8 мм), причём правее значения 6,0 мм в регрессию располагалось 32,0% вариантов. К двум наиболее многочисленным классам трансгрессивной фазы (5,8-6,3 и 5,3-5,8 мм) принадлежали 43,3% всех исследованных самок, два наиболее многочисленных класса регрессивной фазы (5,5-6,0 и 6,0-6,5 мм) содержали в себе 48,1% самок.

Таким образом, из данных, приведённых в обобщённом вариационном ряду сложно говорить о том, в какую фазу самки имели более длинный абдомен. Возможно, этот признак не изменяется под влиянием фазы водности.

Отношение длины цефалоторакса к длине abdomena (*cl/al*). В обе фазы водности распределение самок по соотношению длины цефалоторакса и abdomena (*cl/al*) характеризовалось пикообразным эксцессом и явной правосторонней асимметрией, причём в регрессивную фазу эти особенности носили ещё более выраженный характер. Так, коэффициент эксцесса (*Ex*) для вариационного ряда трансгрессивной фазы равен 2,54 (что достаточно много), для регрессивной – 4,08; коэффициент асимметрии в трансгрессию был равен 1,25 (что классически рассматривается как «крайне асимметричное» распределение), в регрессию он равен 1,85. Наблюдалось общее увеличение границ вариабельности признака в регрессивную фазу: размах составлял 1,40 (против 0,85 – в трансгрессивную), вариационный ряд удлинился как слева, так и справа. Стоит отметить многочисленность класса 1,44-1,55 мм в регрессивную фазу водности: к нему относилось 4,7% особей (для сравнения: в трансгрессию величину *cl/al* больше 1,44 имели всего две самки за всю фазу, что составляет примерно 0,5% исследованных особей). Мода трансгрессивной фазы 0,77; регрессивной – 0,79. В полноводный период 69,7% самок принадлежали к трём классам: модальному (0,77-0,85) и лежащим слева (0,69-0,77) и справа (0,85-0,93) от него. В засушливый период абсолютное большинство (78,1%) особей относились к двум классам: 0,71-0,85 (модальному) и следующему за ним справа (0,85-0,99). Величину соотношения больше 1 в регрессивную фазу имели 14,1% исследованных самок, в трансгрессивную – 10,2%.

Таким образом, в регрессивную фазу водности у самок артемии из оз. Кулундинское проявилась тенденция к увеличению соотношения *cl/al*, отмечающаяся на фоне выделения слабо варьирующего ядра и повышенной вариабельности в правом «хвосте» графика. Можно предполагать, что значение *cl/al* выросло не за счёт сокращения длины abdomena, а за счёт увеличения длины цефалоторакса (и в общем по озеру, и у некоторой небольшой группы самок – в особенности). Открытым остаётся вопрос: самки с величиной *cl/al* > 1 постоянно присутствуют в популяции в небольшом количестве, или же они появляются эпизодически? Этот вопрос разрешается при рассмотрении более коротких временных промежутков (отдельных месяцев) внутри каждой фазы водности.

Ширина abdomena (*aw*). В трансгрессивную фазу водности по признаку ширины abdomena (*aw*) самки артемии из оз. Кулундинское были распределены мультимодально. В

выборке наблюдалось 4 моды: две наиболее многочисленны, и две имеющие второстепенное значение. $Mo_1 = 0,60$ мм (29,5% особей в модальном классе 0,58-0,62 мм); $Mo_2 = 0,50$ мм (26,4% особей в классе 0,50-0,54 мм); $Mo_3 = 0,70$ мм (7,3% особей в соответствующем классе: 0,70-0,74 мм); $Mo_4 = 0,40$ мм (5,0% особей в её классе: 0,38-0,42). Особняком стоял «средний класс» (0,54-0,58 мм), мода которого (0,55 мм) одновременно является и медианой (Me) для всего вариационного ряда. Левей медианы лежало 37,9, правей – 46,5% всех исследованных особей. Таким образом, 62,1% самок в трансгрессивную фазу имели ширину abdomena от 0,55 мм и выше.

В регрессивную фазу тип распределения по данному признаку кардинально отличался – это было одномодальное островершинное распределение, мода которого ($Mo = 0,60$ мм) совпадает с медианой ($Me = 0,60$ мм) и практически совпадает с математическим ожиданием ($\bar{x} = 0,58$ мм). Однако от нормального распределения данную выборку отличает выраженный эксцесс ($Ex = 1,25$) и крайняя малочисленность двух последних классов (как в левой, так и в правой стороне графика). По сравнению с трансгрессивной фазой, в регрессию увеличился размах вариационного ряда (в большей степени ряд прирос справа), однако, как говорилось выше, добавившиеся классы были крайне малочисленны. К модальному классу (0,58-0,63 мм) относились 50,1% самок, а если рассматривать модальный класс с двумя боковыми, то можно говорить о том, что эти три класса содержали в себе абсолютное большинство – 83,2% вариант; правый «хвост» графика содержал в себе 11,8% вариант, левый – 5,1% (в чём некоторая тенденция к правосторонней асимметрии). В регрессивную фазу 58,9% самок имели ширину abdomena равную или больше модальной (0,60 мм), в трансгрессию шириной abdomena от 0,60 и выше обладали 46,2% особей.

Таким образом, в регрессивную фазу водности самки характеризовались единообразием по признаку aw , в популяции выделялось многочисленное слабоварьирующее «ядро» с шириной abdomena 0,58-0,63 мм. В полноводную фазу, напротив, достаточно чётко выделялись отдельные группировки с разным показателем aw , большая часть самок имела ширину abdomena от 0,55 мм и выше (в регрессивную фазу большая часть самок имела значение $aw \geq 0,60$ мм) (рис. 1.).

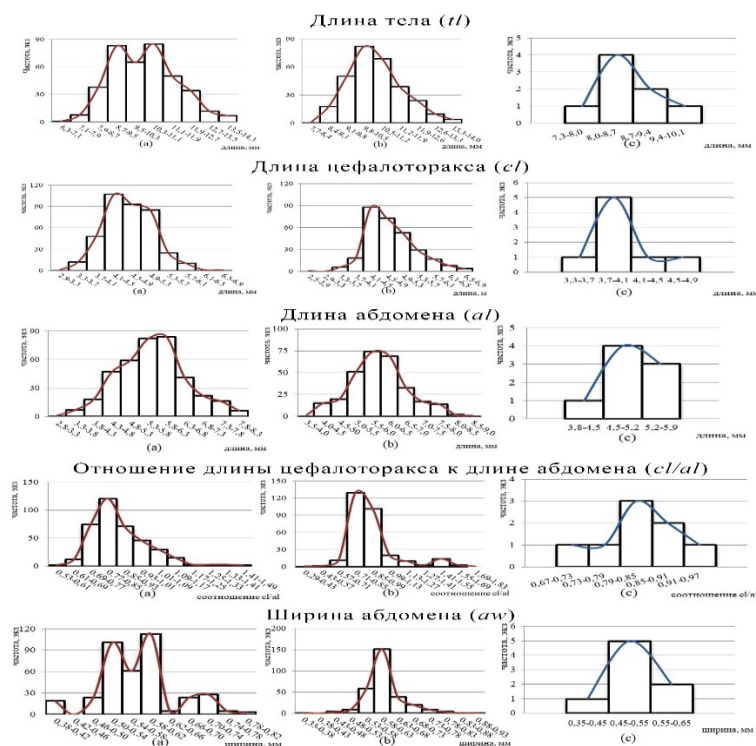


Рис. 1. Гистограммы распределения половозрелых самок и самцов артемии по морфометрическим признакам тела в трансгрессивную (а, с) и регрессивную (б) фазы водности.

Ширина овисака (ow). В обе фазы водности распределение самок по ширине овисака было близким к нормальному. В трансгрессию вариационный ряд был значительно длиннее (размах 3,14 мм) и условно делился на 11 классов с шириной шага 0,30 мм. В регрессию размах сократился до 1,90 мм (ушли в основном крайние левые варианты, но и справа ряд тоже укоротился), условных классов стало меньше. Моды вариационных рядов были равны и составляли 1,60 мм, однако стоит отметить, что в регрессивную фазу модальный класс (1,60-1,90 мм) был более многочисленным (40,4% особей), чем модальный класс (1,40-1,70 мм) трансгрессивной фазы (33,4% особей). Правее моды в регрессию располагалось 62,6% самок ($ow \geq 1,60$ мм), в регрессию – только 40,2 % самок.

Таким образом, в регрессивную фазу водности наблюдалась тенденция к увеличению ширины овисака, со снижением вариабельности по данному признаку.

Длина овисака (lw). Распределение по признаку длины овисака (lw) было нормальным в обе фазы водности. Однако в трансгрессивную фазу наблюдался слабый эксцесс ($Ex = 0,14$), а в регрессивную – тенденция к левосторонней асимметрии. Величина размаха в регрессивную фазу значительно снизилась (с 2,32 до 1,60 мм), в большей степени ушли нижние варианты. Число классов осталось прежним (10), сократилась ширина шага. Мода трансгрессивной фазы совпадала с медианой ($Mo = Me = 1,50$ мм) и практически совпадала со средне арифметической ($\bar{x} = 1,49$ мм). К модальному классу (1,44-1,70 мм) принадлежало 28,5% особей; длину овисака $\geq 1,50$ мм имели 55,6% из всех исследованных самок.

В регрессивную фазу мода выборки составляла 1,80 мм, к модальному классу (1,69-1,87 мм) принадлежали 27,9% особей. Длину овисака больше либо равную модальной имели 31,6% исследованных самок, длина овисака меньше модальной была характерна для 68,4% особей (в чём некоторая тенденция к левосторонней асимметрии). Однако, если сравнивать с трансгрессивной фазой, $lw \geq 1,50$ мм имели 74,1% особей.

Таким образом, в регрессивную фазу наблюдалась тенденция к увеличению длины овисака, на фоне сокращения границ варьирования данного признака.

Ширина головы (hw). В трансгрессивную фазу распределение самок по ширине головы (hw) было мультимодальным, центральная (самая многочисленная) мода (Mo_1) совпадала с медианой вариационного ряда и была равна 0,60 мм. Длина ряда составляла 0,53 мм, ширина шага 0,05, число условных классов – 11. К первому модальному классу (0,58-0,63 мм) относились 25,6% особей, ко второму модальному классу (0,68-0,73 мм, $Mo_2 = 0,70$) – 24,0% и к третьему (0,48-0,53 мм, $Mo_3 = 0,50$) – 20,9% от всех исследованных самок. Ширину головы большую либо равную медианной ($\geq 0,60$ мм) имели 65,3% особей.

В регрессивную фазу выделялась одна мода, которая совпадала с медианой и была равна 0,60 мм. К модальному классу (0,55-0,65 мм) принадлежало 49,2% особей ($Ex = 1,51$). Шириной головы $\geq 0,60$ мм характеризовались 79,1% исследованных самок. Стоит отметить, что в регрессивную фазу вариационный ряд прирос справа ($As = 0,93$), однако особи, имевшие максимальную длину головы, были единичны.

Таким образом, в регрессивную фазу проявляется тенденция к увеличению ширины головы и установление единообразия по данному признаку, по сравнению с полноводной.

Расстояние между глазами (de). По признаку расстояния между глазами (de) в трансгрессивную фазу выборка имела распределение близкое к нормальному, однако просматривалась некая тенденция к правосторонней асимметрии и даже к двухмодальности. Размах вариационного ряда составлял 1,10 мм, выделялось 12 условных классов с шириной шага 0,1 мм. Мода выборки – 1,30 мм, медиана – 1,40. Большая часть особей (58,2%) имела $de \geq 1,40$.

В регрессивную фазу распределение было близким к нормальному, однако просматривалась тенденция к левосторонней асимметрии. Вариационный ряд делился на 9 условных классов с шагом 0,1 мм (укорочение ряда произошло на два класса справа и на один слева). Мода была равна 1,50 мм, медиана – 1,45. Величину de , большую либо равную

модальной, имели 45,1% особей (в чём тенденция к левосторонней асимметрии). Основная масса исследованных самок (57,9%) принадлежала к двум центральным классам: 1,35-1,45 и 1,45-1,55 (в трансгрессивную фазу к аналогичным классам принадлежали только 33,9% исследованных особей, большая часть самок находилась левей этих двух классов). Если сравнить две фазы между собой, ориентируясь на моду регрессивной фазы (1,50 мм), то получается, что в трансгрессию такое и большее расстояние между глазами имели 43,1% особей (а в регрессию, как уже говорилось, 45,1%).

Таким образом, сложно окончательно сказать, имелась ли в регрессивную фазу тенденция к увеличению расстояния между глазами, однако с уверенностью можно говорить о том, что в засушливую фазу сократились границы вариабельности, и самки имели большее единообразие по данному признаку.

Диаметр глаза (*ed*). В обе фазы водности по признаку диаметр глаза (*ed*) выборки характеризовались мультимодальным распределением: выделялось как минимум четыре моды, однако соотношение между ними в разные фазы было не одинаково. Наиболее многочисленной, как в полноводную, так и в засушливую фазу была модальная величина 0,25 мм (в трансгрессию ей характеризовались 31,6% самок, в регрессию – 31,7%). Величину $de \geq 0,25$ в трансгрессивную фазу имели 54,3% из всех исследованных особей, в регрессивную – 87,2%. Следует отметить левостороннее укорочение вариационного ряда в регрессивную фазу (отсутствовали особи с диаметром глаза 0,18 и 0,19 мм). В обе фазы обращает на себя внимание крайняя малочисленность особей с диаметром глаза 0,21, 0,22, 0,24 и 0,29 мм.

Таким образом, в регрессивную фазу присутствует тенденция к увеличению диаметра глаза, сопровождающаяся общим снижением вариабельности по данному признаку.

Длина антенны (*la*). В обе фазы водности распределение по признаку длины антенны (*la*) среди самок было близким к нормальному. В трансгрессивную фазу длина ряда составляла 0,90 мм, выделялось 9 условных классов с шагом 0,10 мм. Медиана совпадала с модой и составляла 0,90 мм. Длину антенны, большую либо равную модальной ($la \geq 0,90$ мм), имели 62,7% исследованных самок.

В регрессивную фазу вариационный ряд удлинился за счёт добавления крайних левых вариантов (размах 1,10 мм), однако добавившиеся классы были невелики по численности. Мода, также, как и в трансгрессивную фазу, составляла 0,90 мм. Длину антенны, большую либо равную модальной, имели 46,5% особей. Основная масса самок (53,5%) имели длину антенны меньше модальной. Абсолютное большинство особей (60,6%) в регрессивную фазу принадлежали к двум классам: 0,80-0,90 и 0,90-1,00 мм ($Ex = 2,02$).

Таким образом, в регрессивную фазу просматривалась тенденция к уменьшению длины антенны, выделялось значительное по численности более-менее однородное «ядро», в пределах которого вариация была невелика (рис. 2.).

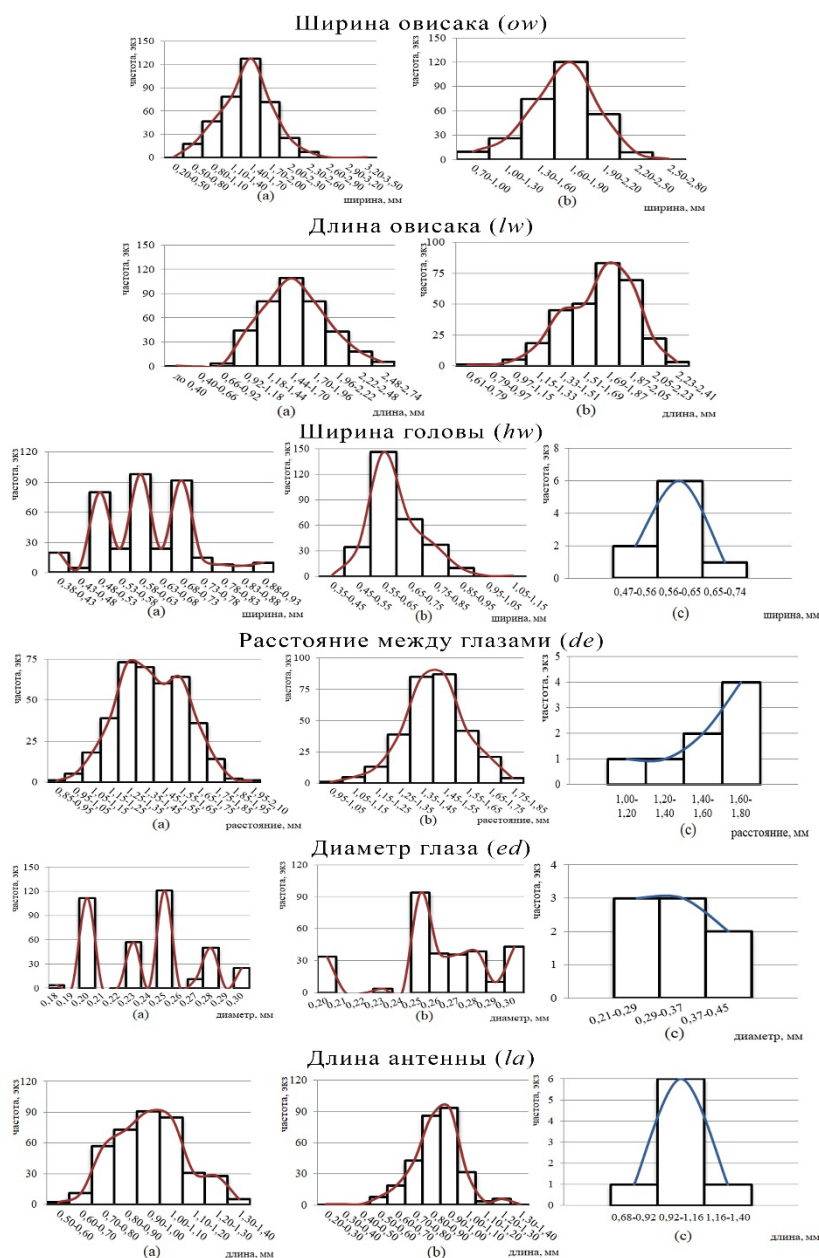


Рис. 2. Гистограммы распределения половозрелых самок и самцов артемии по морфометрическим признакам овисака и головы в трансгрессивную (а, с) и регрессивную (b) фазы водности.

Длина левой лопасти фурки ($fl-l$). В трансгрессивную фазу по признаку длины левой лопасти фурки ($fl-l$) распределение носило бимодальный характер, длина вариационного ряда составляла 0,483 мм, было выделено 5 классов с шагом 0,100 мм. Главная мода (Mo_1) составляла 0,250 мм, вторая мода (Mo_2) была равна 0,042 мм. Крайний левый класс, к которому относилась вторая мода, содержал в себе значения от 0,010 до 0,100 и отличался от остального вариационного ряда, во-первых: порядком исчисления (три знака после запятой), во-вторых – высокой внутренней вариабельностью. С учётом того, что коэффициент эксцесса имеет критически низкое значение ($Ex = -0,95$), можно говорить о том, что крайний левый класс сформирован особями, не принадлежащими данному вариационному ряду и составляющими собственное распределение. При рассмотрении более коротких периодов внутри полноводной фазы становится ясно, что особи, с $fl-l < 0,100$ мм встречались только в 2002 году (более того, весь экспериментальный материал 2002 года

был представлен исключительно такими особями), далее до самого конца трансгрессии они отсутствовали в пробах.

Самки с длиной левой лопасти фурки $<0,100$ мм практически полностью отсутствовали и в пробах, отобранных в регрессивную фазу (лишь 5 особей этого класса встретились в 2007 году). Единственная мода вариационного ряда составляла 0,250 мм, распределение было близко к нормальному. Если сравнивать вариационные ряды двух фаз по этой моде (отбросив крайний левый класс), то можно отметить следующее: в трансгрессию величину $fl-l$ больше модальной имели 41,3% исследованных особей, в регрессию – 32,0%. В трансгрессивную фазу абсолютное большинство (61,1%) исследованных самок имели длину левой лопасти фурки $\geq 0,250$ мм, в регрессивную наоборот: 68,1% особей имели $fl-l \leq 0,250$ мм.

Таким образом, с наступлением регрессивной фазы проявилась тенденция к укорочению левой лопасти фурки у «длиннофурковых» особей. «Короткофурковые» особи в регрессивную фазу практически отсутствовали, а в трансгрессивную присутствовали не на всём протяжении фазы.

Длина правой лопасти фурки ($fl-r$). В трансгрессивную фазу по признаку длины правой лопасти фурки ($fl-r$) распределение носило бимодальный характер, длина вариационного ряда составляла 0,480 мм, выделялось 5 классов с шагом 0,100 мм. Главная мода (Mo_1) составляла 0,250 мм, вторая мода (Mo_2) была равна 0,042 мм. Крайний левый класс, к которому относилась вторая мода, содержал в себе значения от 0,010 до 0,100 и отличался от остального вариационного ряда, во-первых: порядком исчисления (три знака после запятой), во-вторых – высокой внутренней вариабельностью. С учётом того, что коэффициент эксцесса имеет критически низкое значение ($Ex = -1,02$), можно говорить о том, что крайний левый класс сформирован особями, не принадлежащими данному вариационному ряду и составляющими собственное распределение. При рассмотрении более коротких периодов внутри полноводной фазы становится ясно, что особи, с $fl-l < 0,100$ мм встречались только в 2002 году (более того, весь экспериментальный материал 2002 года был представлен исключительно такими особями), далее до самого конца трансгрессии они отсутствовали в пробах.

Самки с длиной правой лопасти фурки $<0,100$ мм практически полностью отсутствовали и в пробах, отобранных в регрессивную фазу (лишь 5 особей этого класса встретились в 2007 году). Единственная мода составляла 0,200 мм, распределение было близко к нормальному. Если сравнивать вариационные ряды двух фаз по наибольшей моде трансгрессивной фазы (0,250 мм), отбросив крайний левый класс, то можно отметить следующее: в трансгрессию величину $fl-r$ больше модальной имели 42,8% исследованных особей, в регрессию – 32,5%. В трансгрессивную фазу абсолютное большинство (60,5%) исследованных самок имели длину правой лопасти фурки $\geq 0,250$ мм, в регрессивную наоборот: 67,5% особей имели $fl-r \leq 0,250$ мм.

Таким образом, с наступлением регрессивной фазы проявилась тенденция к укорочению правой лопасти фурки у «длиннофурковых» особей. «Короткофурковые» особи в регрессивную фазу практически отсутствовали, а в трансгрессивную присутствовали не на всём протяжении фазы.

Длина правой лопасти фурки ($fl-r$) на сравнении с длиной левой лопасти ($fl-l$). Абсолютное большинство «короткофурковых» самок, населявших оз. Кулундинское в 2002 году (трансгрессивная фаза) имели одинаковую длину левой и правой лопастей фурки. «Длиннофурковые» особи, населявшие оз. Кулундинское в ходе большей части трансгрессии и на всём протяжении регрессивной фазы, отличались специфическим соотношением: у 60% из них правая лопасть была одинаковой длины с левой ($fl-r = fl-l$), у 20% – правая лопасть была длиннее левой ($fl-r > fl-l$) и у 20% правая лопасть была короче левой ($fl-r < fl-l$). Однако при детальном рассмотрении выборки выяснилось, что среди «длиннофурковых» особей, как в трансгрессивную, так и в регрессивную фазу имеются специфические особенности в соотношении длины лопастей фурки. Особи с длиной левой

фурки от 0,100 до 0,300 мм имели свои особенности длины правой лопасти, а у особей с длиной левой лопасти фурки от 0,300 (включительно) до 0,500 правая лопасть варьировала по-своему. В трансгрессию особи, имевшие $fl-l$ от 0,100 до 0,300 мм, составляли 74% всех «длиннофурковых» особей; 50% из этой подгруппы имели равную длину лопастей, у 30% правая лопасть была длиннее левой, у 20% – левая длиннее правой. Среди особей с $fl-l$ от 0,300 до 0,500 мм преобладало большее единообразие: 80% имели равную длину лопастей, у 15% левая лопасть была длиннее правой и только у 5% из этой группы правая лопасть была длиннее левой. В регрессивную фазу подгруппа с $fl-l$ от 0,100 до 0,300 мм составляла 77% от всей «длиннофурковой» группировки, 60% самок из этой подгруппы имели равную длину лопастей, у 20% правая лопасть была длиннее левой, и ещё у 20% правая лопасть была короче левой. Среди подгруппы с $fl-l$ от 0,300 до 0,500 мм в регрессивную фазу 70% особей имели равную длину лопастей, у 20% правая лопасть была короче левой, и у 10% правая лопасть была длиннее левой.

Таким образом, «короткофурковые» самки имеют равную длину лопастей. Среди «длиннофурковых» самок, в свою очередь, выделяется две подгруппы: «первая» – с длиной левой лопасти от 0,100 до 0,300 мм и «вторая» – от 0,300 (включительно) до 0,500 мм. В трансгрессивную фазу по соотношению длин лопастей большее единообразие наблюдается во «второй» подгруппе, в регрессивную – в «первой». Говоря грубо: в трансгрессивную фазу симметричными чаще были самые длинные фурки, в регрессивную – короткие.

Количество щетинок на левой лопасти фурки ($sf-l$). В обе фазы водности по количеству щетинок на левой лопасти фурки ($sf-l$) распределение характеризовалось сильным положительным эксцессом ($Ex_t = 1,18$, $Ex_p = 2,12$) и значительной правосторонней асимметрией ($As_t = 0,99$, $As_p = 1,40$), при чём с наступлением регрессивной фазы эти особенности стали более выраженными. В регрессию вариационный ряд удлинился как слева, так и справа: добавились варианты от 14 до 17 шт, появился новый класс – «ноль».

Наиболее часто встречающимся значением в трансгрессивную фазу было 3 шт. (такое количество щетинок на левой лопасти фурки имели 21,7% самок). Больше половины исследованных особей (58,7%) имели от 3 до 5 щетинок, меньшее количество щетинок (1-2 шт.) имели 19,6% особей, большее (от 6 до 13 шт.) – 21,7%.

В регрессивную фазу модальным являлось значение 2 – столько щетинок на левой лопасти имели 22,2% особей. Основная масса исследованных самок (61,3%) имела от 2 до 5 щетинок. От 6 до 17 щетинок имели 26,6% особей. Меньше двух щетинок (0-1 шт.) имели 11,8% самок. На класс «ноль» приходился 1% из всех исследованных особей. Стоит отметить увеличение численности в классах от 10 до 13: если в трансгрессию на них приходилось 8% выборки, то в регрессию – уже 17%.

Таким образом, в регрессивную фазу модальное значение признака снизилось и образовывало достаточно плотное ядро. Границы вариационного ряда расширились и в его длинной правой части увеличилась вариабельность.

Количество щетинок на правой лопасти фурки ($sf-r$). В обе фазы водности по количеству щетинок на правой лопасти фурки ($sf-r$) распределение характеризовалось сильным положительным эксцессом ($Ex_t = 1,78$, $Ex_p = 2,01$) и значительной правосторонней асимметрией ($As_t = 1,12$, $As_p = 1,40$), при чём с наступлением регрессивной фазы эти особенности стали более выраженными. В регрессию вариационный ряд удлинился как слева, так и справа: добавились варианты от 14 до 16 шт., появился новый класс – «ноль».

Наиболее часто встречающимся значением в трансгрессивную фазу было 3 шт. (такое количество щетинок на правой лопасти фурки имели 27,4% самок). Больше половины исследованных особей (59,8%) имели от 3 до 5 щетинок, меньшее количество щетинок (0-2 шт.) имели 17,0% особей, большее (от 6 до 13 шт.) – 23,2%.

В регрессивную фазу модальным являлось значение 3 – столько щетинок на правой лопасти имели 22,6% особей. Основная масса исследованных самок (73,4%) имела от 1 до 5 щетинок. От 6 до 16 щетинок имели 25,3% особей. Не имели щетинок на правой лопасти 1,3% исследованных самок. Стоит отметить увеличение численности в классах со

значениями от 9 до 13: если в трансгрессию на них приходилось 3,9% выборки, то в регрессию – уже 9,8%.

Таким образом, в регрессивную фазу модальное значение признака снизилось. Границы вариационного ряда расширились и в его длинной правой части увеличилась вариабельность.

Количество щетинок на правой лопасти фурки ($sf-r$) на сравнении с количеством щетинок на левой лопасти ($sf-l$). В целом по трансгрессивной фазе распределение выглядело следующим образом:

$$sf-r = sf-l - 30\% \text{ особей}$$

$$sf-r > sf-l - 40\% \text{ особей}$$

$$sf-r < sf-l - 30\% \text{ особей}$$

Этому распределению полностью соответствовали особи, имеющие на левой лопасти фурки от 1 до 9 (включительно) щетинок. У особей, имевших от 10 до 13 щетинок (таковых было 2,1%) соотношение выглядело по-другому:

$$sf-r = sf-l - 40\% \text{ особей}$$

$$sf-r > sf-l - 60\% \text{ особей}$$

$$sf-r < sf-l - 0\% \text{ особей}$$

В целом по регрессивной фазе распределение выглядело следующим образом:

$$sf-r = sf-l - 50\% \text{ особей}$$

$$sf-r > sf-l - 20\% \text{ особей}$$

$$sf-r < sf-l - 30\% \text{ особей}$$

Этому распределению полностью соответствовали особи, имеющие на левой лопасти фурки от 0 до 13 (включительно) щетинок. У особей, имевших от 14 до 17 щетинок (таковых было 1,3%) соотношение выглядело по-другому:

$$sf-r = sf-l - 50\% \text{ особей}$$

$$sf-r > sf-l - 0\% \text{ особей}$$

$$sf-r < sf-l - 50\% \text{ особей}$$

Таким образом, по количеству щетинок в регрессивную фазу лопасти фурки более симметричны, чем в трансгрессивную. В обе фазы водности у особей, имеющих максимальное количество щетинок на левой лопасти фурки, количество щетинок на правой лопасти менее вариабельно (по сравнению с малощетинковыми особями) (рис. 3.).

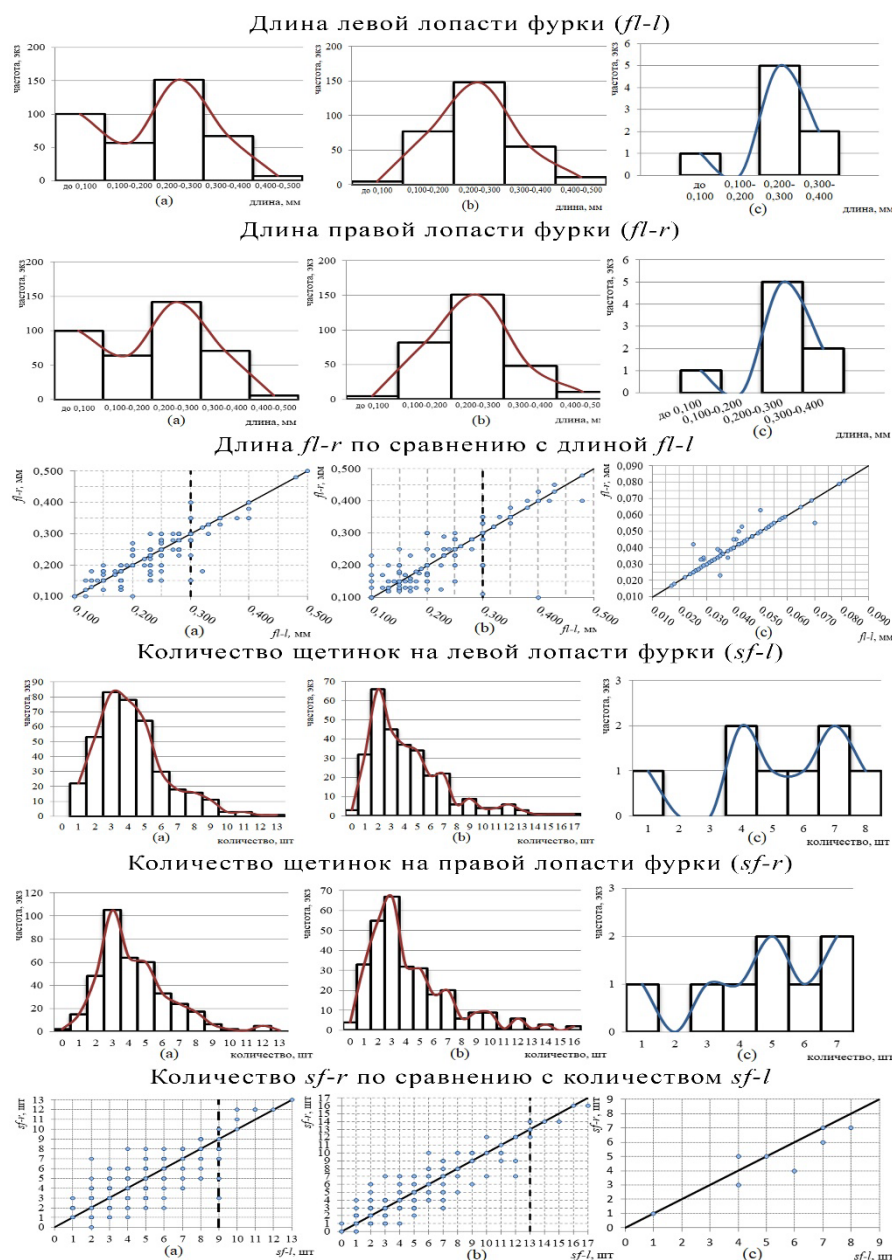


Рис. 3. Гистограммы распределения половозрелых самок и самцов артемии по морфометрическим признакам фурок в трансгрессивную (а, с) и регрессивную (b) фазы водности.

Отличия между морфометрическими параметрами самцов и самок артемии из оз. Кулундинское в трансгрессивную фазу водности:

- Длина тела (tl) самок больше на 15% ($P = 0,999$);
- Масса тела (m) самок больше на 57% ($P = 0,999$);
- Длина абдомена (al) самок больше на 31% ($P = 0,999$);
- Ширина абдомена (al) самок больше на 13% ($P = 0,999$);
- Диаметр глаза (ed) самцов больше на 25% ($P = 0,99$).

В регрессивную фазу водности у половозрелых самок артемии происходят следующие достоверные изменения:

- Длина левой лопасти фурки увеличивается на 26,3% ($P = 0,999$);
- Длина правой лопасти фурки увеличивается на 26,3% ($P = 0,999$);
- Масса тела увеличивается на 15,0% ($P = 0,99$);
- Ширина овисака увеличивается на 11,7% ($P = 0,999$);

- Длина овисака увеличивается на 8,7% ($P = 0,999$);
- Диаметр глаза увеличивается на 12% ($P = 0,999$);
- Расстояние между глазами увеличивается на 2,1% ($P = 0,95$);
- Длина антенны уменьшается на 7,6% ($P = 0,999$).

Итого 8 морфометрических признаков (из 16 изученных) достоверно изменились в регрессивный период водности, причём 7 увеличили свою среднюю величину, а 1 уменьшил.

Выявлена корреляция, имеющаяся между морфометрическими признаками в трансгрессивную фазу водности у половозрелых самок артемии в оз. Кулундинское (значимой считали величину корреляции выше $|0,3|$ (значения r от 0 до $\pm 0,3$ рассматривались как несущественные, и делался вывод об отсутствии корреляции). Число учтённых корреляционных пар – не менее 380 (при минимальном стандартном 117 для $P=0,999$):

- *длина тела* (tl) имеет достоверную связь с:
 - длиной цефалоторакса (cl), $r = 0,83$;
 - длиной абдомена (al), $r = 0,94$;
 - отношением длины цефалоторакса к длине абдомена (cl/al), $r = -0,36$;
 - шириной абдомена (aw), $r = 0,55$;
 - расстоянием между глазами (de), $r = 0,69$;
 - длиной антенны (la), $r = 0,55$;
 - диаметром глаза (ed), $r = 0,51$;
 - длиной левой / правой лопасти фурки ($fl-l / fl-r$), $r = 0,37 / 0,38$;
 - шириной овисака (ow), $r = 0,43$;
 - длиной овисака (lw), $r = 0,61$.

Таким образом, длина тела (tl) положительно коррелирует с десятью морфометрическими признаками и отрицательно – с одним.

- *длина цефалоторакса* (cl) имеет достоверную положительную связь с:
 - длиной тела (tl), $r = 0,83$;
 - длиной абдомена (al), $r = 0,59$;
 - шириной абдомена (aw), $r = 0,47$;
 - расстоянием между глазами (de), $r = 0,61$;
 - длиной антенны (la), $r = 0,50$;
 - диаметром глаза (ed), $r = 0,50$;
 - длиной левой / правой лопасти фурки ($fl-l / fl-r$), $r = 0,40 / 0,40$;
 - шириной овисака (ow), $r = 0,38$;
 - длиной овисака (lw), $r = 0,57$.

Таким образом, длина цефалоторакса (cl) положительно коррелирует с десятью морфометрическими признаками.

- *длина абдомена* (al) имеет достоверную связь с:
 - длиной тела (tl), $r = 0,94$;
 - длиной цефалоторакса (cl), $r = 0,59$;
 - шириной абдомена (aw), $r = 0,51$;
 - отношением длины цефалоторакса к длине абдомена (cl/al), $r = -0,64$;
 - расстоянием между глазами (de), $r = 0,63$;
 - длиной антенны (la), $r = 0,49$;
 - диаметром глаза (ed), $r = 0,43$;
 - шириной овисака (ow), $r = 0,40$;
 - длиной овисака (lw), $r = 0,55$.

Таким образом, длина абдомена (al) положительно коррелирует с восьмью морфометрическими признаками и отрицательно – с одним.

- *отношение длины цефалоторакса к длине абдомена* (cl/al) имеет достоверную отрицательную связь с:

- длиной тела (tl), $r = -0,36$;
- длиной абдомена (al), $r = -0,64$.

Таким образом, отношение длины цефалоторакса к длине абдомена (cl/al) отрицательно коррелирует с двумя морфометрическими признаками.

- *ширина абдомена (aw)* имеет достоверную положительную связь с:
 - длиной тела (tl), $r = 0,55$;
 - длиной абдомена (al), $r = 0,51$;
 - расстоянием между глазами (de), $r = 0,54$;
 - диаметром глаза (ed), $r = 0,42$;
 - длиной левой / правой лопасти фурки ($fl-l / fl-r$), $r = 0,31 / 0,31$;
 - шириной овисака (ow), $r = 0,46$;
 - длиной овисака (lw), $r = 0,51$.

Таким образом, ширина абдомена (aw) положительно коррелирует с восемью морфометрическими признаками.

- *расстояние между глазами (de)* имеет достоверную положительную связь с:
 - длиной тела (tl), $r = 0,69$;
 - длиной цефалоторакса (cl), $r = 0,61$;
 - длиной абдомена (al), $r = 0,63$;
 - шириной абдомена (aw), $r = 0,54$;
 - длиной антенны (la), $r = 0,53$;
 - диаметром глаза (ed), $r = 0,49$;
 - длиной левой / правой лопасти фурки ($fl-l / fl-r$), $r = 0,43 / 0,44$;
 - шириной овисака (ow), $r = 0,46$;
 - длиной овисака (lw), $r = 0,55$.

Таким образом, расстояние между глазами (de) положительно коррелирует с десятью морфометрическими признаками.

- *длина антенны (la)* имеет достоверную положительную связь с:
 - длиной тела (tl), $r = 0,55$;
 - длиной цефалоторакса (cl), $r = 0,50$;
 - длиной абдомена (al), $r = 0,49$;
 - диаметром глаза (ed), $r = 0,47$;
 - длиной левой / правой лопасти фурки ($fl-l / fl-r$), $r = 0,58 / 0,58$;
 - шириной овисака (ow), $r = 0,38$;
 - длиной овисака (lw), $r = 0,48$.

Таким образом, длина антенны (la) положительно коррелирует с восьмью морфометрическими признаками.

- *диаметр глаза (ed)* имеет достоверную положительную связь с:
 - длиной тела (tl), $r = 0,51$;
 - длиной цефалоторакса (cl), $r = 0,50$;
 - длиной абдомена (al), $r = 0,43$;
 - шириной абдомена (aw), $r = 0,42$;
 - расстоянием между глазами (de), $r = 0,49$;
 - длиной антенны (la), $r = 0,47$;
 - шириной овисака (ow), $r = 0,41$;
 - длиной овисака (lw), $r = 0,48$.

Таким образом, диаметр глаза (ed) положительно коррелирует с восьмью морфометрическими признаками.

- *длина левой лопасти фурки ($fl-l$)* имеет достоверную положительную связь с:
 - длиной тела (tl), $r = 0,37$;
 - длиной цефалоторакса (cl), $r = 0,40$;
 - шириной абдомена (aw), $r = 0,31$;
 - расстоянием между глазами (de), $r = 0,43$;

- длиной антенны (*la*), $r = 0,58$;
- диаметром глаза (*ed*), $r = 0,58$;
- длиной правой лопасти фурки (*fl-r*), $r = 0,97$
- шириной овисака (*ow*), $r = 0,33$;
- длиной овисака (*lw*), $r = 0,36$.

Таким образом, длина левой лопасти фурки (*fl-l*) положительно коррелирует с девятью морфометрическими признаками. Причём набор этих признаков и коэффициент корреляции с каждым из них такой же, как и для правой лопасти фурки (*fl-r*).

- *длина правой лопасти фурки (fl-r)* имеет достоверную положительную связь с:
 - длиной тела (*tl*), $r = 0,38$;
 - длиной цефалоторакса (*cl*), $r = 0,40$;
 - шириной абдомена (*aw*), $r = 0,31$;
 - расстоянием между глазами (*de*), $r = 0,44$;
 - длиной антенны (*la*), $r = 0,58$;
 - диаметром глаза (*ed*), $r = 0,57$;
 - длиной левой лопасти фурки (*fl-l*), $r = 0,97$
 - шириной овисака (*ow*), $r = 0,35$;
 - длиной овисака (*lw*), $r = 0,38$.

Таким образом, длина правой лопасти фурки (*fl-r*) положительно коррелирует с девятью морфометрическими признаками. Причём набор этих признаков и коэффициент корреляции с каждым из них такой же, как и для левой лопасти фурки (*fl-l*).

- *количество щетинок на левой лопасти фурки (sf-l)* положительно коррелирует только с количеством щетинок на правой лопасти фурки (*sf-r*), $r = 0,82$. Ни с одним другим морфометрическим признаком нет ни положительной, ни отрицательной корреляции.
- *количество щетинок на правой лопасти фурки (sf-r)* положительно коррелирует только с количеством щетинок на левой лопасти фурки (*sf-l*), $r = 0,82$. Ни с одним другим морфометрическим признаком нет ни положительной, ни отрицательной корреляции.
- *ширина овисака (ow)* имеет достоверную положительную связь с:
 - длиной тела (*tl*), $r = 0,43$;
 - длиной цефалоторакса (*cl*), $r = 0,38$;
 - длиной абдомена (*al*), $r = 0,40$;
 - шириной абдомена (*aw*), $r = 0,46$;
 - расстоянием между глазами (*de*), $r = 0,46$;
 - длиной антенны (*la*), $r = 0,38$;
 - диаметром глаза (*ed*), $r = 0,41$;
 - длиной левой / правой лопасти фурки (*fl-l*), $r = 0,33 / 0,35$;
 - длиной овисака (*lw*), $r = 0,79$.

Таким образом, ширина овисака (*ow*) положительно коррелирует с десятью морфометрическими признаками.

- *длина овисака (lw)* имеет достоверную положительную связь с:
 - длиной тела (*tl*), $r = 0,61$;
 - длиной цефалоторакса (*cl*), $r = 0,57$;
 - длиной абдомена (*al*), $r = 0,55$;
 - шириной абдомена (*aw*), $r = 0,51$;
 - расстоянием между глазами (*de*), $r = 0,55$;
 - длиной антенны (*la*), $r = 0,48$;
 - диаметром глаза (*ed*), $r = 0,48$;
 - длиной левой / правой лопасти фурки (*fl-l / fl-r*), $r = 0,36 / 0,38$;
 - шириной овисака (*ow*), $r = 0,79$.

Таким образом, длина овисака (lw) положительно коррелирует с десятью морфометрическими признаками.

Особенности корреляций между морфометрическими признаками в регрессивную фазу водности у половозрелых самок артемии оз. Кулундинское (по сравнению с трансгрессивной фазой); (Значимой считали величину корреляции выше $|0,3|$ (значения r от 0 до $\pm 0,3$ рассматривались как несущественные, и делался вывод об отсутствии корреляции). Число учтённых корреляционных пар – не менее 219 (при минимальном стандартном 117 для $P=0,999$). Здесь и в дальнейшем в скобках указано, как сильно величина корреляции в регрессивный период отличается от величины корреляции в трансгрессивный период между этими же признаками.)

В регрессивный период корреляция сохранилась:

- между длиной тела и длиной цефалоторакса, $r = 0,55$ (однако само значение коэффициента стало заметно ниже, чем в трансгрессивной фазе);
- между длиной тела и длиной абдомена, $r = 0,77$ (однако величина корреляции стала несколько ниже);
- между длиной тела и шириной абдомена, $r = 0,36$;
- между длиной тела и расстоянием между глазами, $r = 0,44$ (однако величина корреляции стала несколько ниже);
- между длиной тела и шириной овисака, $r = 0,40$;
- между длиной тела и длиной овисака, $r = 0,37$;
- между длиной абдомена и отношением cl/al , $r = -0,73$ (несколько возросла);
- между длиной абдомена и шириной между глазами, $r = 0,31$ (значение коэффициента корреляции стало ниже, чем в трансгрессивный период);
- между длиной абдомена и шириной овисака, $r = 0,47$;
- между длиной абдомена и длиной овисака, $r = 0,46$;
- между шириной абдомена и расстоянием между глазами, $r = 0,43$ (стала несколько ниже);
- между шириной абдомена и шириной овисака, $r = 0,40$ (стала несколько ниже);
- между шириной абдомена и длиной овисака, $r = 0,32$ (стала несколько ниже);
- между расстоянием между глазами и длиной антенны, $r = 0,66$ (несколько возросла);
- между расстоянием между глазами и диаметром глаза, $r = 0,42$;
- между расстоянием между глазами и шириной овисака, $r = 0,66$ (возросла);
- между расстоянием между глазами и длиной овисака, $r = 0,62$ (возросла);
- между длиной антенны и диаметром глаза, $r = 0,31$;
- между длиной антенны и шириной овисака, $r = 0,50$;
- между длиной антенны и длиной овисака, $r = 0,45$;
- между диаметром глаза и длиной овисака, $r = 0,34$ (стала несколько ниже);
- между длиной левой лопасти фурки и длиной правой лопасти фурки, $r = 0,97$ (осталась неизменной);
- между длиной левой лопасти фурки и шириной овисака, $r = 0,48$ (несколько возросла);
- между длиной левой лопасти фурки и длиной овисака, $r = 0,44$ (несколько возросла);
- между длиной правой лопасти фурки и шириной овисака, $r = 0,48$ (несколько возросла);
- между длиной правой лопасти фурки и длиной овисака, $r = 0,46$ (несколько возросла);
- между количеством щетинок на левой лопасти фурки и количеством щетинок на правой лопасти фурки, $r = 0,94$ (несколько возросла);
- между шириной овисака и длиной овисака, $r = 0,72$.

В регрессивный период корреляция появилась (в трансгрессивной фазе водности корреляции между этими признаками не было):

- между длиной цефалоторакса и отношением cl/al , $r = 0,73$;
- между длиной цефалоторакса и шириной головы, $r = 0,66$;
- между отношением cl/al и шириной головы, $r = 0,63$;
- между отношением cl/al и диаметром глаза, $r = 0,33$;
- между отношением cl/al и длиной левой лопасти фурки, $r = -0,38$;
- между отношением cl/al и длиной правой лопасти фурки, $r = -0,38$;
- между отношением cl/al и шириной овисака, $r = -0,33$;
- между отношением cl/al и длиной овисака, $r = -0,31$;
- между шириной абдомена и длиной антенны, $r = 0,33$;
- между шириной головы и диаметром глаза, $r = 0,35$;
- между длиной левой лопасти фурки и количеством щетинок на левой лопасти фурки, $r = 0,55$;
- между длиной левой лопасти фурки и количеством щетинок на правой лопасти фурки, $r = 0,55$;
- между длиной правой лопасти фурки и количеством щетинок на левой лопасти фурки, $r = 0,56$;
- между длиной правой лопасти фурки и количеством щетинок на правой лопасти фурки, $r = 0,58$.
- между длиной цефалоторакса и длиной левой фурки, $r = -0,39$ (сила корреляции осталась на том же уровне, как и в трансгрессивный период, но направление корреляции поменялось с прямого на обратное);
- между длиной цефалоторакса и длиной правой фурки, $r = -0,36$ (сила корреляции осталась на том же уровне, как и в трансгрессивный период, но направление корреляции поменялось с прямого на обратное).

В регрессивный период корреляция исчезла (под выражением «корреляция исчезла» понимается то, что корреляция снизилась до уровня, который можно считать несущественным, т.е. стала ниже, чем $|0,3|$):

- между длиной тела и отношением cl/al , $r = -0,14$;
- между длиной тела и длиной антенны, $r = 0,29$;
- между длиной тела и диаметром глаза, $r = 0,06$;
- между длиной тела и длиной левой лопасти фурки, $r = -0,11$;
- между длиной тела и длиной правой лопасти фурки, $r = -0,07$;
- между длиной цефалоторакса и длиной абдомена, $r = 0,11$;
- между длиной цефалоторакса и шириной абдомена, $r = 0,22$;
- между длиной цефалоторакса и расстоянием между глазами, $r = 0,29$;
- между длиной цефалоторакса и длиной антенны, $r = 0,22$;
- между длиной цефалоторакса и диаметром глаза, $r = 0,28$;
- между длиной цефалоторакса и шириной овисака, $r = 0,01$;
- между длиной цефалоторакса и длиной овисака, $r = -0,02$;
- между длиной абдомена и шириной абдомена, $r = 0,26$;
- между длиной абдомена и длиной антенны, $r = 0,18$;
- между длиной абдомена и диаметром глаза, $r = -0,15$;
- между шириной абдомена и диаметром глаза, $r = 0,28$;
- между шириной абдомена и длиной левой лопасти фурки, $r = 0,15$;
- между шириной абдомена и длиной правой лопасти фурки, $r = 0,17$;
- между расстоянием между глазами и длиной левой лопасти фурки, $r = 0,27$;
- между расстоянием между глазами и длиной правой лопасти фурки, $r = 0,29$;
- между длиной антенны и длиной левой лопасти фурки, $r = 0,21$;
- между длиной антенны и длиной правой лопасти фурки, $r = 0,24$;
- между диаметром глаза и длиной левой лопасти фурки, $r = 0,17$;

- между диаметром глаза и длиной правой лопасти фурки, $r = 0,16$;
- между диаметром глаза и шириной овисака, $r = 0,25$.

Выводы

1. В полноводную фазу достоверно ($P = 0,999$) выявлена 61 значимая корреляционная зависимость между морфометрическими признаками у половозрелых самок артемии из оз. Кулундинское (причём 59 корреляций являются прямыми и 2 – обратными).

2. Высокий уровень взаимосвязи ($r = 0,94$) прослеживается между длиной тела (tl) и длиной абдомена (al). Взаимосвязь длины тела с длиной цефалоторакса (cl) несколько ниже ($r = 0,83$). С учётом того, что длина абдомена имеет высокую ($r = -0,64$) отрицательную корреляцию с отношением cl/al , и длина тела также имеет отрицательную корреляцию ($r = -0,36$) с этим показателем, а длина цефалоторакса не влияет ($r = 0,21$) на величину соотношения cl/al – можно делать вывод о том, что в трансгрессивную фазу водности длина тела практически полностью детерминирована длиной абдомена. Возможно, это связано с более высоким уровнем вариабельности длины абдомена ($CV = 17,63\%$) по сравнению с вариабельностью длины цефалоторакса ($CV = 13,62\%$).

3. Высокое значение коэффициента корреляции между длиной левой и правой лопасти фурки ($r = 0,97$) свидетельствует о том, что тело артемии является двусторонне симметричным, что характерно для раков. Высокая корреляция между количеством щетинок на правой и левой лопасти фурки ($r = 0,82$) также может являться биологической особенностью рачка (при условии получения аналогичных результатов на других озёрах).

4. Высокая корреляция ($r = 0,79$) между длиной (lw) и шириной (ow) овисака говорит о том, что при изменении своих размеров, овисак сохраняет форму (пропорции).

5. В засушливую фазу достоверно ($P = 0,999$) присутствует 46 значимых корреляционных связей между морфометрическими признаками у половозрелых самок артемии из оз. Кулундинское (причём 39 корреляций являются прямыми и 7 – обратными).

Между тридцатью парами морфометрических признаков коэффициент корреляции остался примерно таким же, как и в период трансгрессии.

Шестнадцать пар признаков, не коррелировавших в полноводный период, стали коррелировать в засушливый.

Двадцать восемь пар признаков, коррелировавших в трансгрессивный период, перестали коррелировать в регрессивный.

6. Перестройки в корреляционных связях произошли как между признаками, достоверно изменившими свою среднюю величину под влиянием фазы водности, так и между признаками, не изменившимися в результате смены фазы. В регрессивную фазу водности вариабельность длины тела значительно снижается: коэффициент вариации (CV) равен 9,49% (в трансгрессивную фазу он был равен 14,36%).

Это происходит наряду с заметным снижением вариабельности длины абдомена ($CV = 14,62\%$ в регр. против $CV = 17,63$ в транс.) и умеренным снижением вариабельности длины цефалоторакса ($CV = 13,49\%$ в регр. против $CV = 13,62$ в транс.).

Столь заметная в трансгрессию корреляционная связь длины тела с длиной абдомена ($r = 0,94$) в регрессивной фазе несколько снижается ($r = 0,77$), а также менее очевидной в регрессию становится связь длины тела с длиной цефалоторакса ($r = 0,55$ в регр. против $r = 0,83$ в транс.). При этом между длиной цефалоторакса и длиной абдомена корреляция полностью утрачивается ($r = -0,11$ в регр. против $r = 0,59$ в транс.).

В засушливую фазу появляется высокая положительная связь между длиной цефалоторакса и отношением cl/al ($r = 0,73$), между длиной абдомена и отношением cl/al отрицательная связь сохраняется и возрастает ($r = -0,73$ в регр. против $r = -0,64$ в транс.). Однако полностью теряется взаимосвязь длины тела с отношением cl/al ($r = -0,14$ в регр. против $r = -0,36$ в транс.). При этом в регрессивную фазу водности увеличивается вариабельность самого соотношения cl/al ($CV = 24,3\%$ в регр. против $CV = 15,9$ в транс.).

7. Не смотря на достоверное увеличение длины левой и правой лопасти фурки, корреляция между фурками в регрессивный период остаётся стабильно высокой ($r = 0,97$), что свидетельствует о сохранении симметрии тела артемии.

8. Не смотря на достоверное увеличение ширины и длины овисака, коэффициент корреляции между этими признаками остался примерно таким же, как и был в трансгрессивной фазе ($r = 0,72$). Это свидетельствует о том, что, несмотря на увеличение в объёме (видимо, в результате наполнения цистами) овисак сохраняет свои пропорции.

Список литературы

1. Веснина, Л. В. Влияние факторов окружающей среды на динамику зоопланктона соленого озера Кулундинское (Западная Сибирь) / Л. В. Веснина, Д. М. Безматерных // Экология. – 2023. – № 3. – С. 235-242. – DOI 10.31857/S0367059723030095.
2. Веснина, Л. В. Продукционный потенциал жаброногого рачка артемии в гипергалинных озерах равнины алтайского края / Л. В. Веснина, Д. М. Безматерных, Ю. А. Веснин // Вестник НГАУ. — 2024. — № 2 (71). — С. 189–198. — DOI: 10.31677/2072-6724-2024-71-2-189-198.
3. Веснина, Л.В. Роль солоноватоводной фауны и состояние биоресурса экосистемы гипергалинного озера Кулундинское в фазе трансгрессии (Алтайский край) / Л. В. Веснина, Ю. А. Веснин, Н. С. Романова, И. В. Морузи // Рыбное хозяйство. – 2023. – № 2. – С. 65-72. – DOI 10.37663/0131-6184-2023-2-65-72.
4. Киселёв, И.А. Методы исследования планктона / И.А. Кислев. Жизнь пресных вод СССР. – т. IV, ч.1. – М. – Л.: 1956. – С. 183–265.
5. Лакин, Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей ВУЗов / Г. Ф. Лакин. – 4-е издание, переработанное и дополненное. – М: "Высшая Школа", 1990. – 352 с.
6. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. – Л.: ГосНИОРХ, 1983. – 51 с.
7. Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка ARTEMIA. - Тюмень., 2002. – 25 с.
8. Плохинский, А.Н. Биометрия/ Плохинский А.Н. – Новосибирск: СО АН СССР, 1961. – 364 с.
9. Asem, A. Morphological and biometric characterization of rare males and sexual dimorphism in Parthenogenetic *Artemia* (Crustacea: Anostraca) / A. Asem, B. Atashbar, N. Rastegar-Pouyani, N. Agh // Zoology in the Middle East – 2010. – №49. – P. 115 – 117.
10. Asem, A., Sexual dimorphism in *Artemia urmiana* Gunther, 1899 (Anostraca: Artemiidae) from the Urmia Lake, West Azerbaijan, Iran / A. Asem, N.P. Rastegar // Journal of Animal and Veterinary Advances. – 2007. – Vol. 6. – P. 1409 – 1415.
11. Mayer, R.J. Morphology and biometry of three populations of *Artemia* (Branchiopoda: Anostraca) from the Dominican Republic and Puerto Rico / R.J. Mayer // Hydrobiologia – 2002. – Vol. 486. – P. 29 – 38.
12. Mura, G. *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) from Lymington, England: frontal knob morphology by scanning electron microscopy / G. Mura // J. crust. Biol. – 1990. – Vol. 10. – P. 364 – 368.
13. Vesnina, L.V., Influence of Environmental Factors on the Dynamics of Zooplankton in Lake Kulunda (Western Siberia) / L.V. Vesnina, D.M. Bezmaternykh // Russian Journal of Ecology. 2023. Vol. 54, No. 3. P. 243–250. DOI: 10.1134/S1067413623030086

РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЫКНОВЕННОГО СУДАКА *SANDER LUCIOPERCA* НА РАЗНОТИПНЫХ УЧАСТКАХ ВЕРХНЕЙ ОБИ

М.А. Дорогин, Е.А. Интересова

Новосибирский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ЗапСибНИРО»), г. Новосибирск, Россия, interesova@zapsib.vniro.ru

Аннотация. Обыкновенный судак *Sander lucioperca* – ценный вид водных биологических ресурсов, интродуцированный в р. Обь, в настоящее время служит объектом промысла в Западной Сибири. Известно о значительной вариабельности показателей роста судака в географически удаленных водных объектах, а также в одном и том же водоеме в разные периоды наблюдений. В данной работе, на примере р. Обь в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС и Новосибирского водохранилища показано, что размерные характеристики разновозрастных особей судака статистически значимо различаются и на близко расположенных, но биотопически разнотипных участках одного водного объекта. Выявлено, что судак младших возрастных групп из р. Обь крупнее, чем из Новосибирского водохранилища, а рыбы старших возрастных групп – мельче, что может быть связано с лучшей обеспеченностью кормом мелкоразмерных особей судака в нижнем бьефе за счет оглушенной после прохождения через гидроагрегаты ГЭС молоди рыб и мелких непромысловых видов.

Ключевые слова: обыкновенный судак, *Sander lucioperca*, чужеродные виды, рост, Верхняя Обь.

LENGTH AND WEIGHT OF THE PIKE-PERCH *SANDER LUCIOPERCA* IN VARIOUS TYPES BIOTOPE OF THE UPPER OB

M. A. Dorogin, E. A. Interesova

Summary. The pike-perch *Sander lucioperca* is a valuable species of aquatic biological resources, introduced into the Ob River, currently is an object of commercial fishing in Western Siberia. Significant variability in pike-perch growth rates is known in geographically distant water bodies, as well as in the same water body during different observation periods. In this work, using the Ob River in the lower pool of the Novosibirsk Hydroelectric Power Station and the Novosibirsk Reservoir as an example, it is shown that the size characteristics of pike-perch individuals of different ages statistically significantly differ in closely located but biotopically different areas of the same water body. It was found that pike-perch of younger age groups from the Ob River are larger than those from the Novosibirsk Reservoir, and fish of older age groups are smaller, which may be due to a better food supply for small-sized pike-perch individuals in the lower pool due to the juvenile fish and small non-commercial species stunned after passing through the hydroelectric power station's hydraulic units.

Keywords: pike-perch, *Sander lucioperca*, non-native species, growth Ob.

Судак – ценный вид водных биологических ресурсов, был интродуцирован в Новосибирское водохранилище в 1959–1964 гг., где успешно натурализовался и стал одним из основных объектов промысла [8; 9; 13]. Вскоре он расселился вверх и вниз по течению Оби [5; 10], где в настоящее время также осваивается промыслом [1; 6; 11]. Показано, что судак отличается значительной вариабельностью показателей роста не только в географически удаленных друг от друга водных объектах, но даже в одном и том же

водоеме в отдельные годы [2–4; 7; 12], однако данных о различиях размерных характеристик вида на близко расположенных, но биотопически разнотипных участках одного водного объекта в доступной литературе нет.

Целью данной работы является анализ размерных характеристик разновозрастных особей обыкновенного судака *Sander lucioperca* на разных участках Верхней Оби – в Новосибирском водохранилище, а также в р. Обь в районе нижнего бьефа Новосибирской ГЭС.

Материал и методы

Материалом для данной работы стали данные, собранные в 2013–2022 гг. сотрудниками Новосибирского филиала ФГБНУ «ВНИРО» в ходе мониторинга состояния водных биологических ресурсов в Новосибирском водохранилище и на участке Оби в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС. Объем материала из Новосибирского водохранилища составил 1102 экз., а из р. Оби в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС – 1851 экз. Для анализа размерных характеристик обыкновенного судака использовали промысловую длину и массу рыб. Возраст определен по чешуе. Статистическую обработку данных проводили с помощью MS Excel 2016 и Past 4.03. Значимость различий оценивали с использованием U-критерия Манна-Уитни.

Результаты и их обсуждение

В результате анализа размерных характеристик разновозрастных особей обыкновенного судака наиболее массовых возрастных групп из Новосибирского водохранилища и р. Обь в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС выявлено, что средние за последние 10 лет показатели промысловой длины и массы рыб младших возрастных групп из р. Обь выше, чем из Новосибирского водохранилища, а рыб старших возрастных групп – ниже (рисунок). Статистической значимости различия достигают при сравнении рыб по промысловой длине в возрасте 3+, 4+, 7+, 8+ и 9+, а по массе – 3+, 4+, 5+, 7+, 8+ и 9+.

Вероятно, судак младших возрастных групп в р. Обь лучше обеспечен пищей за счет оглушенной после прохождения через гидроагрегаты ГЭС молоди рыб и мелких непромысловых видов, тогда как экземпляры более старшего возраста, ориентированные на относительно крупную добычу, способную избежать попадания в турбины электростанции, в большей степени обеспечены пищей в водохранилище.

Заключение

Размерные характеристики разновозрастных особей обыкновенного судака из р. Обь в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС и Новосибирского водохранилища статистически значимо различаются. Рыбы младших возрастных групп из р. Обь крупнее, чем из Новосибирского водохранилища, а старших возрастных групп – мельче, что может быть связано с лучшей обеспеченностью кормом мелкоразмерных особей судака в нижнем бьефе за счет оглушенной после прохождения через гидроагрегаты ГЭС молоди рыб и мелких непромысловых видов.

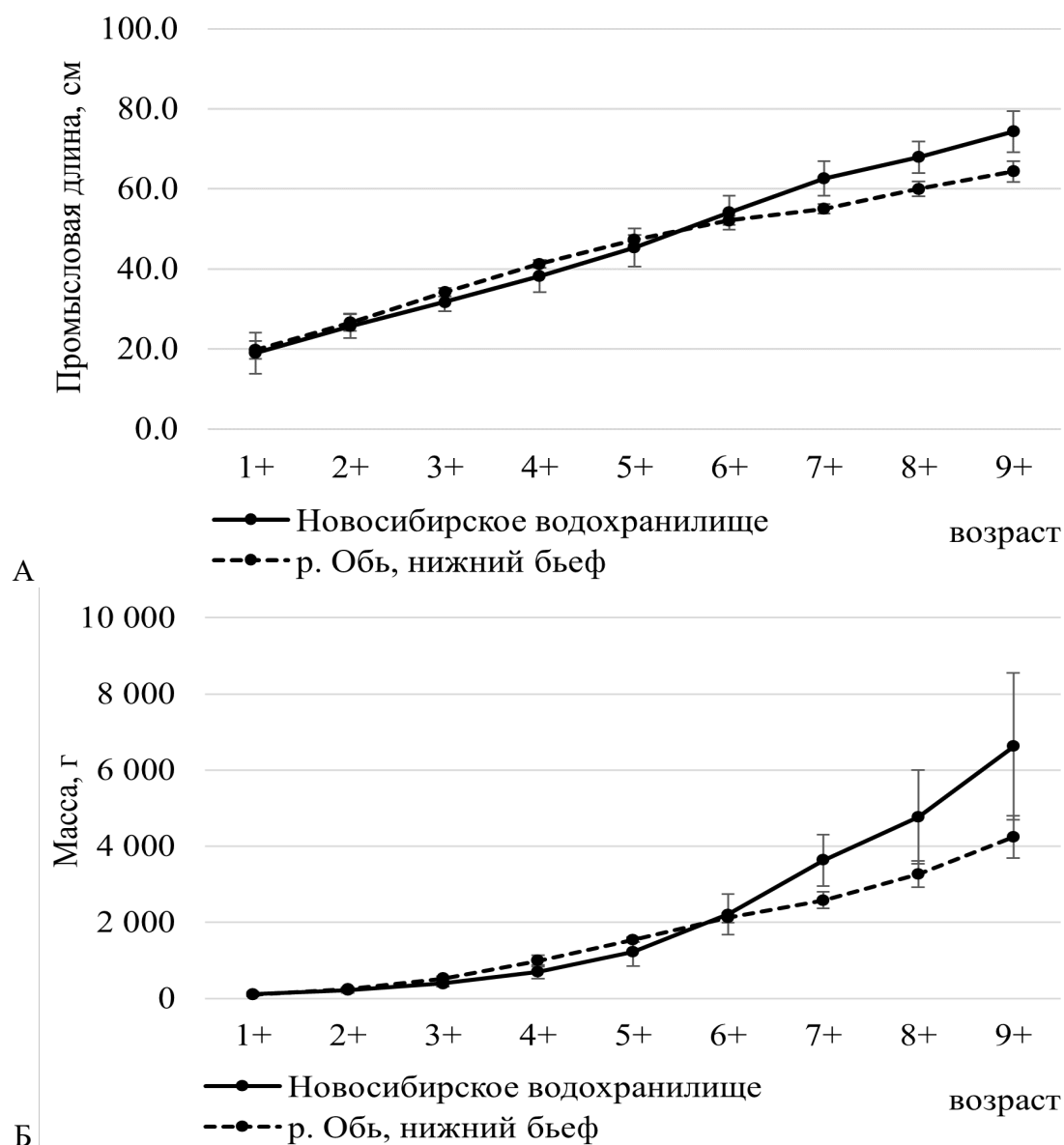


Рис. Размерные характеристики разновозрастных особей обыкновенного судака *Sander lucioperca* на разнотипных участках Верхней Оби в последние 10 лет (2013–2022 гг.).
А – промысловая длина, Б – масса

Вероятно, судак младших возрастных групп в р. Обь лучше обеспечен пищей за счет оглушенной после прохождения через гидроагрегаты ГЭС молоди рыб и мелких непромысловых видов, тогда как экземпляры более старшего возраста, ориентированные на относительно крупную добычу, способную избегать попадания в турбины электростанции, в большей степени обеспечены пищей в водохранилище.

Заключение

Размерные характеристики разновозрастных особей обыкновенного судака из р. Обь в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС и Новосибирского водохранилища статистически значимо различаются. Рыбы младших возрастных групп из р. Обь крупнее, чем из Новосибирского водохранилища, а старших возрастных групп – мельче, что может быть связано с лучшей обеспеченностью кормом мелкоразмерных особей судака в нижнем бьефе за счет оглушенной после прохождения через гидроагрегаты ГЭС молоди рыб и мелких непромысловых видов.

Финансирование: Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) № 24-26-00101, <https://rscf.ru/project/24-26-00101/>

Список литературы

1. Абрамов, А.Л. Рыбные ресурсы Новосибирской области: современное состояние промысла / А.Л. Абрамов, А.А. Ростовцев, В.Ф. Зайцев, Д.Л. Сукнев, М.А. Дорогин, Е.А. Интересова // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2023. – Т. 17, № 2. – С. 76–87. DOI: 10.33920/sel-09-2304-01
2. Быков, А.Д. Судак в водоёмах Центральной России / А.Д. Быков // Вопросы рыболовства. – 2023. – Т. 24, № 3. – С. 37–54. DOI: [10.36038/0234-2774-2023-24-3-37-54](https://doi.org/10.36038/0234-2774-2023-24-3-37-54)
3. Герасимов, Ю.В. Динамика структурных показателей популяции судака *Stizostedion lucioperca* (Percidae) Рыбинского водохранилища за период 1954-2010 гг. / Ю.В. Герасимов, А.С. Стрельников, М.Н. Иванова // Вопросы ихтиологии. – 2013. – Т. 53, № 1. – С. 57–68.
4. Зыков, Л.А. Эколого-географическая изменчивость роста судака *Lucioperca lucioperca* (L.) в границах ареала / Л.А. Зыков, В.П. Иванов // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2008. – № 3(44). – С. 26–32.
5. Интересова, Е. А. Новые виды водных биологических ресурсов (рыбы) в бассейне реки Обь: специальность 03.02.14 "Биологические ресурсы": автореферат дисс. ... доктора биол. наук / Е.А. Интересова; – Новосибирск, 2021. – 44 с.
6. Интересова, Е.А. Промысловое значение чужеродных видов рыб в водоемах юга Западной Сибири / Е.А. Интересова, А.А. Ростовцев, Е.В. Егоров, В.Ф. Зайцев, А.М. Визер // Вестник рыбохозяйственной науки. – 2017. – Т. 4. – № 2(14). – С. 36–44.
7. Интересова, Е.А. Возраст и рост обыкновенного судака *Sander lucioperca* в разнотипных водоемах юга Западной Сибири / Е.А. Интересова, Д.Л. Сукнев, В.А. Шаталин, А.В. Морозко, Т.А. Кабиев, М.А. Дорогин, А.В. Цапенков // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2024. – № 67. – С. 88–101. DOI: 10.17223/19988591/67/7.
8. Интересова, Е. А. Пространственная организация нерестилищ карповых рыб (Cyprinidae) в условиях зарегулированного стока Верхней Оби / Е. А. Интересова, Е. Н. Ядренкина, В. М. Савкин // Вопросы ихтиологии. – 2009. – Т. 49, № 1. – С. 78–84.
9. Иоганзен, Б.Г. Акклиматизация и разведение ценных рыб в естественных водоемах и водохранилищах Сибири и Урала / Б.Г. Иоганзен, А.Н. Петкевич, Н.П. Вотинов, Н.В. Нестеренко, А.В. Подлесный, М.Д. Тиронов. – Свердловск: Средне-Уральское книжное изд-во, 1972. – 286 с.
10. Новоселов, В.А. Эколого-морфологические особенности акклиматизантов леща и судака и пути рационального использования их запасов в верховьях Оби: 03.00.10 Ихтиология: автореф. дис. ... канд. биол. наук // В.А. Новоселов; Алтайский гос. ун-т. – Барнаул, 1986. – 24 с.
11. Ростовцев, А.А. Уловы, возраст и рост обыкновенного судака *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) в бассейне Средней Оби / А.А. Ростовцев, Е.А. Интересова, И.Б. Бабкина, А.М. Визер, А.В. Симакова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2016. № 3(40). С. 105–112.
12. Стерлигова, О.П. Сравнительная биологическая характеристика судака *Sander lucioperca* (L.) озер Онежского и Выгозера / О.П. Стерлигова, А.А. Рюкшиев, Н.В. Ильмаст // Биология внутренних вод. 2012. № 2. С. 55–60.
13. Феокистов, М.И. Акклиматизация судака в Новосибирском водохранилище: 03.097 Зоология: автореф. дис. ... канд. биол. наук // М.И. Феокистов; Томский гос. ун-т. – Томск, 1969. – 21 с.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ НА ХИЩНИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ *PARACOTTUS KNERII* (DYBOWSKI, 1874)

Я.К. Ермолаева¹, Д.С. Кондратьева¹, Д.Г. Рэчилэ¹, И.Д. Кодатенко¹, К.В. Саловаров¹,
А.Б. Олимова¹, А.Т. Гулигуев¹, А.В. Башкирцев¹, А.С. Слепченко¹, А.В. Лавникова¹,
С.А. Бирицкая¹, Н.А. Кульбачная¹, К.К. Рубан¹, М.А. Масленникова¹, Д.И. Голубец^{2,3},
Д.Ю. Карнаухов^{1,4}, Е.А. Зилов¹

¹ Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия, erm.yana@mail.ru

² Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия

³ Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

⁴ Байкальский музей СО РАН, Листвянка, Россия

Аннотация. Световое загрязнение способно оказывать влияние на взаимоотношение хищник-жертва в водных экосистемах, делая гидробионтов видимыми друг для друга. Однако восприятие света организмами видоспецифично, и хищническая активность рыб может зависеть от спектрального состава источников освещения. В данном исследовании мы сравнили хищническую активность *P. knerii* по отношению к *E. cyaneus* при дневном освещении, отсутствии освещения, теплом и холодном свете по 2 и 10 лк. В результате, усиление хищнической активности в ночной период наблюдалось как при воздействии теплого света, так и холодного. Однако наибольшая хищническая активность наблюдалась при воздействии теплого 10 лк освещения. Усиление хищнической активности *P. knerii* в результате воздействия искусственного освещения в ночной период может привести к давлению на миграционное сообщество озера Байкал на отдельных участках литорали, подверженных световому загрязнению.

Ключевые слова: световое загрязнение, цветовая температура, взаимоотношение хищник-жертва, озеро Байкал, коттоидные рыбы, амфипода.

INFLUENCE OF DIFFERENT LIGHTING CONDITIONS ON THE PREDATIVE ACTIVITY OF *PARACOTTUS KNERII* (DYBOWSKI, 1874)

Ya.K. Ermolaeva, D.S. Kondratieva, D.G. Rechile, I.D. Kodatenko, K.V. Salovarov,
A.B. Olimova, A.T. Guliguyev, A.V. Bashkircev, A.S. Slepchenko, A.V. Lavnikova, S.A.
Biritskaya, N.A. Kulbachnaya, K.K. Ruban, M.A. Maslennikova, D.I. Golubets, D.Yu.
Karnaukhov, E.A. Silov

Summary. Light pollution can influence predator-prey interactions in aquatic ecosystems by making aquatic organisms visible to each other. However, the perception of light by organisms is species-specific, and the predatory activity of fish may depend on the spectral composition of light sources. In this study we compared the predatory activity of *P. knerii* to *E. cyaneus* under daylight, no light, warm and cold light at 2 and 10 lux. As a result, increased predatory activity at night was observed both when exposed to warm and cold light. However, the greatest predatory activity was observed when exposed to warm 10 lux lighting. Increased predatory activity of *P. knerii* as a result of exposure to artificial lighting at night can lead to pressure on the migratory community of Lake Baikal in certain areas of the littoral zone exposed to light pollution.

Keywords: light pollution, ALAN, color temperature, predator-prey interactions, lake Baikal, Cottoidei, Amphipoda.

Свет от естественных источников освещения играет важную роль в жизнедеятельности организмов, в том числе гидробионтов, регулируя их биоритмы. Изменение суточного хода естественной освещенности из-за использования в ночной период искусственных источников освещения приводит к нарушению суточных ритмов организмов. Загрязнение среды искусственным светом было названо световым загрязнением [10]. Известно, что световое загрязнение оказывает влияние на структуру трофических связей в водных экосистемах, делая организмы видимыми для хищников в ночное время [1, 3]. Кроме того, искусственное освещение влияет на миграционную активность гидробионтов [8], в том числе амфипод [6, 9], являющихся доминирующими представителями зообентоса в озере Байкал. Высокая прозрачность в озере Байкал позволяет свету распространяться в воде на большое расстояние [5], и взаимодействие перечисленных выше факторов может приводить к активному поеданию рыбами амфипод, совершающих суточные вертикальные миграции. Однако реакция организмов на искусственный свет видоспецифична и может различаться в зависимости от спектрального состава источников освещения [2, 9, 11], что следует учитывать при проведении исследований, связанных с изучением проблемы светового загрязнения.

В данном исследовании нами было решено изучить влияние разных условий освещения на хищническую активность каменной широколобки *Paracottus knerii* (Dybowski, 1874) – весьма распространенного вида в прибрежной зоне озера Байкал и в верхнем течении реки Ангара [12]. В качестве жертвы была выбрана распространенная в литоральной зоне Байкала амфипода вида *Eulimnogammarus cyaneus* (Dybowski 1874), которая также является участником суточных вертикальных миграций в озере [7].

Поэтому **целью данного исследования** является оценить влияние различных условий освещения на хищническую активность каменной широколобки *P. knerii*.

Материалы и методы

Для данного исследования с помощью гидробиологического сачка нами были отловлены рыбы вида *P. knerii* и амфиподы вида *E. cyaneus* в прибрежной зоне озера Байкал у поселка Большие Коты. Организмы акклимировались в лабораторных условиях в течение десяти дней.

Для эксперимента использовались три пластиковых аквариума с размерами 30×17×13 см. В каждый аквариум помещали по двадцать особей *E. cyaneus*, затем к амфиподам в каждый аквариум на один час подсаживали по одной особи *P. knerii*. По истечении данного времени рыбы вылавливались, а несъеденные и оставшиеся в аквариуме амфиподы подсчитывались. Данные эксперименты проводились в дневное время при свете от ламп в лаборатории и естественном освещении, поступающим от окна, и в ночной период при следующих условиях освещения: без света (0 лк), теплый свет 2 лк, теплый 10 лк, холодный 2 лк и холодный 10 лк. Цветовая температура теплого и холодного света составляла, соответственно, 3200 К и 5600 К.

Анализ и визуализацию данных проводили с помощью языка программирования R. Для выявления зависимости между количеством съеденных рыбами амфипод и освещением использовался точный критерий Фишера. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Наибольшее суммарное количество съеденных каменными широколобками амфипод наблюдается при теплом свете с уровнем освещенности 10 лк, а наименьшее количество – в условиях без освещения (рис. 1). Использование точного критерия Фишера показало зависимость количества съеденных рыбами амфипод от светового фактора ($p\text{-value} = 0,0005$).

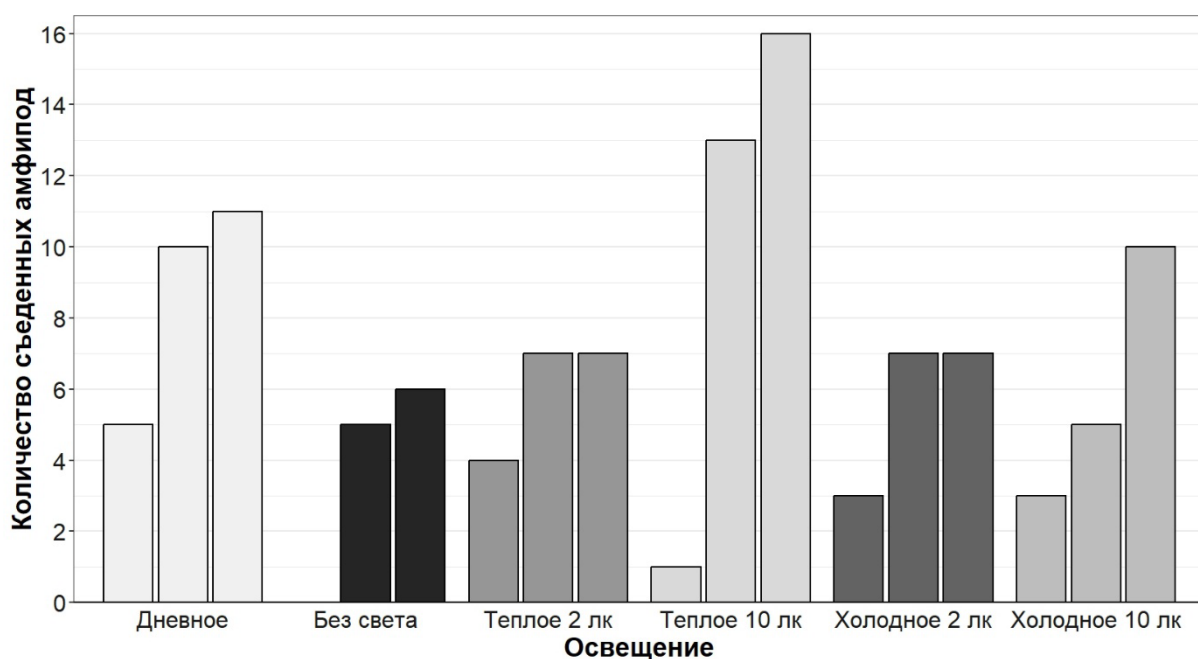


Рис. Количество съеденных рыбами *P. knerii* особей амфипод вида *E. cyaneus* в зависимости от типа освещения

В результате отдельно проведенных с помощью точного критерия Фишера попарных сравнений выборок значимые различия были обнаружены между следующими условиями освещения (табл. 1): дневное и без света, дневное и теплое 10 лк, без света и теплое 10 лк, без света и холодное 2 лк, теплое 10 лк и холодное 2 лк, теплое 10 лк и холодное 10 лк.

Таблица. Результаты сравнения с помощью точного критерия Фишера количества съеденных рыбами *P. Knerii* особей амфипод вида *E. cyaneus* в зависимости от типа освещения

	Без света	Теплое 2 лк	Теплое 10 лк	Холодное 2 лк	Холодное 10 лк
Дневное	0,0409	0,2539	0,0005	1,0000	0,3178
Без света	-	0,0505	0,0009	0,0379	0,4118
Теплое 2 лк	-	-	0,1509	0,3143	0,1414
Теплое 10 лк	-	-	-	0,0045	0,0005
Холодное 2 лк	-	-	-	-	0,2809

Полученные нами данные показывают, что искусственное освещение даже с небольшой интенсивностью в ночной период усиливает хищническую активность рыб. Высокая хищническая активность в дневной период и ее усиление в ночной период при воздействии теплого светодиодного света также наблюдалась у рыб в гавани Сиднея [1]. Усиление хищнической активности рыб в ночной период даже при слабых интенсивностях света было продемонстрировано и в других исследованиях [4, 11]. Однако в данном исследовании мы впервые показываем разное влияние на хищническую активность рыб света как разной интенсивности, так и разного спектрального состава. Наиболее сильное воздействие на хищническую активность каменной широколобки оказало теплое 10 лк освещение, что может в том числе быть связано с изменением поведения их жертв *E. cyaneus*. Так, например, было показано, что особи *E. cyaneus* в большей степени избегают света от синего, нежели света от желтого или красного светодиодов [2]. Однако, как теплое,

так и холодное освещение повышает хищническую активность каменной широколобки, что может привести к изменению взаимосвязи хищник-жертва на отдельных участках литорали озера Байкал, подверженных световому загрязнению.

Заключение

На хищническую активность каменной широколобки в ночной период влияет как интенсивность света, так и его спектральные характеристики. Наибольшая хищническая активность наблюдалась при воздействии теплого (10 лк) света, однако, и холодное освещение усиливало хищническую активность рыб по сравнению с ночами без освещения. Увеличение уровня светового загрязнения на озере Байкал, связанного в первую очередь с ростом туристического потока, может привести к усилению хищнической активности рыб и, соответственно, к увеличению давления на миграционное сообщество организмов на отдельных участках литорали озера, подвергающихся данному загрязнению.

Финансирование. Исследование проведено при финансовой поддержке гранта Иркутского государственного университета для молодых ученых № 091-24-316 «Влияние различных условий освещения и прозрачности воды на хищническую активность *Paracottus knerii* (Dybowski, 1874)».

Список литературы

1. Bolton, D. Coastal urban lighting has ecological consequences for multiple trophic levels under the sea / D. Bolton, M. Mayer-Pinto, G.F. Clark, K.A. Dafforn, W.A. Brassil, A. Becker, E.L. Johnston // *Science of The Total Environment*. – 2017. – №576. – P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.037>
2. Drozdova, P. The diversity of opsins in Lake Baikal amphipods (Amphipoda: Gammaridae) / P. Drozdova, A. Kizenko, A. Saranchina, A. Gurkov, M. Firulyova, E. Govorukhina, M. Timofeyev // *BMC Ecol Evo*. – 2021. – №21. – P. 81. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12862-021-01806-9>
3. Duarte, C. Artificial light pollution at night (ALAN) disrupts the distribution and circadian rhythm of a sandy beach isopod / C. Duarte, D. Quintanilla-Ahumada, C. Anguita, P.H. Manríquez, S. Widdicombe, J. Pulgar, E.A. Silva-Rodríguez, C. Miranda, K. Manríquez, P.A. Quijón // *Environmental Pollution*. – 2019. – №248. – P. 565–573. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.037>
4. Harrison, S.E. Effects of light pollution on Bluegill foraging behavior / S.E. Harrison, S.M. Gray // *Trans Am Fish Soc*. – 2024. – №153. – P. 152–162. DOI: <https://doi.org/10.1002/tafs.10451>
5. Hunt, D.M. Spectral tuning and molecular evolution of rod visual pigments in the species flock of cottoid fish in Lake Baikal / D.M. Hunt, J. Fitzgibbon, S.J. Slobodyanyuk, J.K. Bowmakers // *Vision Research*. – 1996. – №36. – P. 1217–1224. DOI: [https://doi.org/10.1016/0042-6989\(95\)00228-6](https://doi.org/10.1016/0042-6989(95)00228-6)
6. Karnaukhov, D. Light pollution affects the coastal zone of Lake Baikal / D. Karnaukhov, M. Teplykh, E. Dolinskaya, S. Biritskaya, Y. Ermolaeva, V. Pushnica, I. Kuznetsova, A. Okholina, L. Bukhaeva, E. Silow // *Limnological Review*. – 2021. – №21. – P. 165–168. DOI: <https://doi.org/10.2478/limre-2021-0015>
7. Karnaukhov, D.Y. Daily vertical migrations of Lake Baikal amphipods: Major players, seasonal dynamics and potential causes / D.Y. Karnaukhov, E.M. Dolinskaya, S.A. Biritskaya, M.A. Teplykh, Y.K. Ermolaeva, V.A. Pushnica, L.B. Bukhaeva, I.A. Makhov, A.V. Lavnikova, E.A. Silow // *Intl. J. Aquat. Biol*. – 2023. – №11. – P. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.22034/ijab.v11i1.1587>
8. Ludvigsen, M. Use of an Autonomous Surface Vehicle reveals small-scale diel vertical migrations of zooplankton and susceptibility to light pollution under low solar irradiance / M.

Ludvigsen, J. Berge, M. Geoffroy, J.H. Cohen, P.R. De La Torre, S.M. Nornes, H. Singh, A.J. Sørensen, M. Daase, G. Johnsen // Sci. Adv. – 2018. – №4c P. eaap9887. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aap9887>

9. Navarro-Barranco, C. Effects of light pollution on the emergent fauna of shallow marine ecosystems: Amphipods as a case study // C. Navarro-Barranco, L.E. Hughes // Marine Pollution Bulletin. – 2015. – №94. – P. 235–240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.02.023>

10. Rich, C. Ecological consequences of artificial night lighting / C. Rich, T. Longcore. – Washington, DC: Island Press, 2006.

11. Tałanda, J. The reaction distance of a planktivorous fish (*Scardinius erythrophthalmus*) and the evasiveness of its prey (*Daphnia pulex* × *pulicaria*) under different artificial light spectra / J. Tałanda, P. Maszczyk, E. Babkiewicz // Limnology. – 2018. – №19. – P. 311–319. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10201-018-0548-0>

12. Tolmacheva, Yu.P. Special traits of growth and feeding of the stone sculpin *Paracottus knerii* (Cottidae) in water bodies of different types / Yu.P. Tolmacheva, B.E. Bogdanov // J. Ichthyol. – 2010. – №50. – P. 529–535. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0032945210070040>

УДК 639.3

ЕСТЕСТВЕННОЕ И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО СИБИРСКОГО ОСЕТРА *ACIPENSER BAERII* В РЕКЕ ИРТЫШ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Ф. Зайцев, П.А. Балацкий, Е.А. Интересова, Л.А. Шиповалов

Новосибирский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ЗапСибНИРО»), г. Новосибирск, Россия,
zaitsev@zapsib.vniro.ru

Аннотация. Сибирский осетр *Acipenser baerii* Brandt, 1869 – пресноводный полупроходной вид в водоемах Сибири. В Обь-Иртышском бассейне образует популяционный континуум. В настоящее время запасы сибирского осетра в Обь-Иртышском бассейне сильно подорваны в результате потери части нерестилищ после сооружения плотины Новосибирской ГЭС на р. Обь и каскада Иртышских водохранилищ, расположенных в верхнем течении на территории Казахстана, а также воздействия браконьерского лова на протяженных путях нерестовых и нагульных миграций. Сибирский осетр обской популяции занесен в Красные книги РФ, Томской, Новосибирской и Омской областей. Для восстановления запасов сибирского осетра в г. Омске построен крупный рыбоводный комплекс ООО «Бородино». Исследованиями Новосибирского филиала ФГБНУ «ВНИРО» установлено, что кормовая база р. Иртыш может дополнительно ежегодно обеспечивать пищей 1,93 млн вселяемой молоди (0+) осетра. Однако, в настоящее время мощности для производства молоди осетра используются недостаточно. Увеличение численности маточного стада на рыбоводном комплексе позволит повысить эффективность воспроизводства сибирского осетра в р. Иртыш Омской области.

Ключевые слова: сибирский осетр, река Иртыш, естественное и искусственное воспроизводство.

NATURAL AND ARTIFICIAL REPRODUCTION OF THE SIBERIAN STURGEON *ACIPENSER BAERII* IN THE IRTYSH RIVER OF THE OMSK REGION

V.F. Zaitsev, P.A. Balatsky, E.A. Interesova, L.A. Shipovalov

Summary. The Siberian sturgeon *Acipenser baerii* Brandt, 1869 is a freshwater semi-anadromous species in the Siberia. It forms the population continuum in the Ob-Irtysh basin. Currently, the stocks of Siberian sturgeon in the Ob-Irtysh basin are severely undermined as a result of the loss of part of the spawning grounds after the construction of the Novosibirsk hydroelectric dam on the Ob River and the cascade of Irtysh reservoirs located upstream in Kazakhstan, as well as the impact of poaching on long routes of spawning and feeding migrations. The Siberian sturgeon of the Ob population is listed in the Red Books of the Russian Federation, Tomsk, Novosibirsk and Omsk regions. To restore the stocks of Siberian sturgeon, a large fish breeding complex of «Borodino» was established in Omsk. Research conducted by the Novosibirsk branch of the VNIRO Federal State Budgetary Scientific Institution has established that the Irtysh River feed base can additionally provide 1.93 million introduced juveniles (0+) of sturgeon with food annually. However, currently the capacities for the production of juvenile sturgeon are not being used enough. An increase in the number of breeding stock at the fish breeding complex will increase the efficiency of reproduction of Siberian sturgeon in the Irtysh River of the Omsk region.

Keywords: Siberian sturgeon, Irtysh River, natural and artificial reproduction.

Сибирский осетр *Acipenser baerii* Brandt, 1869 – пресноводный полупроходной вид. Ареал сибирского осетра ограничен реками Сибири от Оби до Колымы и оз. Байкал. В Обь-Иртышском бассейне образует популяционный континуум [1]. В р. Обь в 1930-е годы уловы сибирского осетра достигали 900-1400 т, в 1940-1952 гг. – 130-440 т, в 1953-1967 гг. – 410-750 т. В первой половине XX в. уловы осетра в Иртыше колебались от 7,5 до 83 т. Основной вылов осетра в Иртыше проходил в Казахстане на участке от устья р. Бухтарма до г. Усть-Каменногогорск в основных местах его зимовки и нереста [2; 4]. В Омской области уловы осетра составляли от 10 кг до 740 кг в год. Падение численности вида в Обь-Иртышском бассейне началось с 1968 г. в результате потери части нерестилищ после сооружения плотины Новосибирской ГЭС на р. Обь и каскада Иртышских водохранилищ, расположенных в верхнем течении на территории Казахстана (Бухтарминское, Усть-Каменогорское, Шульбинское), а также воздействия браконьерского лова на протяженных путях (2–2,5 тыс. км) нерестовых и нагульных миграций. Негативные воздействия этих факторов усугубляются особенностями размножения сибирского осетра: поздний возраст наступления половой зрелости, не ежегодный нерест. Для охраны сибирского осетра обской популяции вид занесен в Красные книги РФ, Томской, Новосибирской и Омской областей [5–8].

Для восстановления запасов сибирского осетра в г. Омске построен крупный рыбоводный комплекс ООО «Бородино» мощностью 2,42 млн молоди в год. Однако, в настоящее время рыбоводные мощности для производства молоди осетра используются крайне ограниченно. Становится актуальным исследование данной проблемы.

Целью настоящей работы является анализ возможности осуществления масштабного искусственного воспроизводства сибирского осетра в бассейне р. Иртыш.

В статье приведены сведения о состоянии естественного и искусственного воспроизводства сибирского осетра обской популяции в реке Иртыш в пределах Омской области.

Материал и методы

В условиях запрета промысла сибирского осетра современное состояние обской популяции сибирского осетра оценить достаточно трудно. Сотрудниками Новосибирского филиала ФГБНУ «ВНИРО» отработаны методы оценки состояния запасов сибирского осетра обской популяции применительно к водным объектам и районам исследования [3].

Материалы собирали в верхнем, среднем и нижнем течении р. Иртыш в границах Омской области при проведении научно-исследовательского лова стерляди и других видов рыб для оценки состояния их запасов. Поскольку возраст у осетровых рыб определяют по костям головы или срезам костных лучей грудных плавников, возраст молоди осетра по этой методике мы не определяли. После измерения длины (от начала рыла до конца средних

лучей хвостового плавника) и массы тела [13] молодь осетра выпускалась в живом виде обратно в реку. В результате, были построены модели размерно-массового распределения особей в стаде осетра. При использовании этого подхода принимается допущение, что на кривой распределения показателей длины тела особей каждый прямой отрезок ломаной линии соответствует определенной возрастной группе [3].

Также использовались литературные источники, архивные материалы «ЗапСибНИРО» и данные по искусственному воспроизводству сибирского осетра на рыбоводном предприятии ООО «Бородино».

Результаты и их обсуждение

Естественное воспроизводство сибирского осетра в р. Иртыш Омской области.

Ежегодно половозрелые особи осетра из Обской губы поднимаются в среднюю и верхнюю часть Оби и Иртыша для зимовки, которую проводят в естественных углублениях русла рек, так называемых «зимовальных» ямах. Здесь они в малоактивном состоянии находятся весь подледный период, а с поступлением вешних вод начинают продвижение к нерестилищам. Нерест осетра в р. Иртыш начинается при температуре воды 9-11°C и заканчивается при 18°C [15].

В условиях Оби и Иртыша самцы становятся половозрелыми в возрасте 8-11 лет, самки – в 10-17 лет, при массе 6-9 кг и длине более 80 см. Интервал между нерестом у самцов в среднем длится 2-3 года, у самок – 4-5 лет. В местах нагула самцы и самки встречаются примерно в равных количествах. В нерестовом стаде самцов гораздо больше, чем самок [2; 12].

В 2015-2023 гг. сотрудниками Новосибирского филиала ФГБНУ «ВНИРО» проводился научно-исследовательский лов рыбы в р. Иртыш Омской области. В донные плавные сети в качестве прилова попадалась молодь осетра в количестве от 1 до 49 экз. за 1 сплав. В контрольных уловах отмечены особи с длиной тела от 12 до 60 см и массой тела от 27 до 1725 г в возрасте от 0+ до 7+ лет. Преобладала молодь в возрасте 1+ - 2+ лет. Численность особей старше 2-х лет была незначительна в результате их миграции в низовья р. Обь. Наличие в контрольных уловах области молоди осетра в возрасте от 1+ до 4+ и более лет свидетельствует о ежегодном нересте осетра в р. Иртыш Омской [3].

В 2019-2022 гг. рыбоводное хозяйство ООО «Бородино» в соответствии с полученными разрешениями на добыwanie объектов животного и растительного мира, принадлежащих к видам, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, проводило отлов производителей сибирского осетра для целей искусственного воспроизводства в р. Иртыш [14]. Исходя из массы отловленных производителей (9,9-18 кг), это были повторно нерестующие особи.

Искусственное воспроизводство. Исследованиями Новосибирского филиала ФГБНУ «ВНИРО» установлено, что кормовая база р. Иртыш в Омской области может дополнительно ежегодно обеспечивать пищей 1,93 млн вселяемой молоди (0+) осетра. При промысловом возврате 0,11% [9] и средней массе производителей 17,5 кг [10] это позволит увеличивать численность половозрелых особей сибирского осетра на 2,1 тыс. экз. общей массой 37 т.

В 2015 г. на р. Иртыш в г. Омске был введен в эксплуатацию рыбопроизводный завод ООО «Бородино» по воспроизводству осетровых и других ценных видов рыб. На рыбозаводе имеются необходимые технические мощности (инкубационно-вырастной цех) по искусственному воспроизводству подрощенной молоди осетра в количестве 2,42 млн экз. На Абалакском экспериментальном рыбопроизводном заводе, расположенном у г. Тобольск на р. Иртыш, были приобретены производители сибирского осетра. В 2020 г. в маточном стаде числилось 60 экз. В 2023 г. стадо производителей увеличено до 80 самок и 20 самцов, в 2024 г. – до 127 самок и 76 самцов за счет молоди, полученной непосредственно в своем рыбоводном хозяйстве. Рыбоводные работы проводятся ежегодно. Однако, мощности для производства молоди осетра используются крайне ограниченно (рисунок). Причина – дефицит рыбоводной икры.

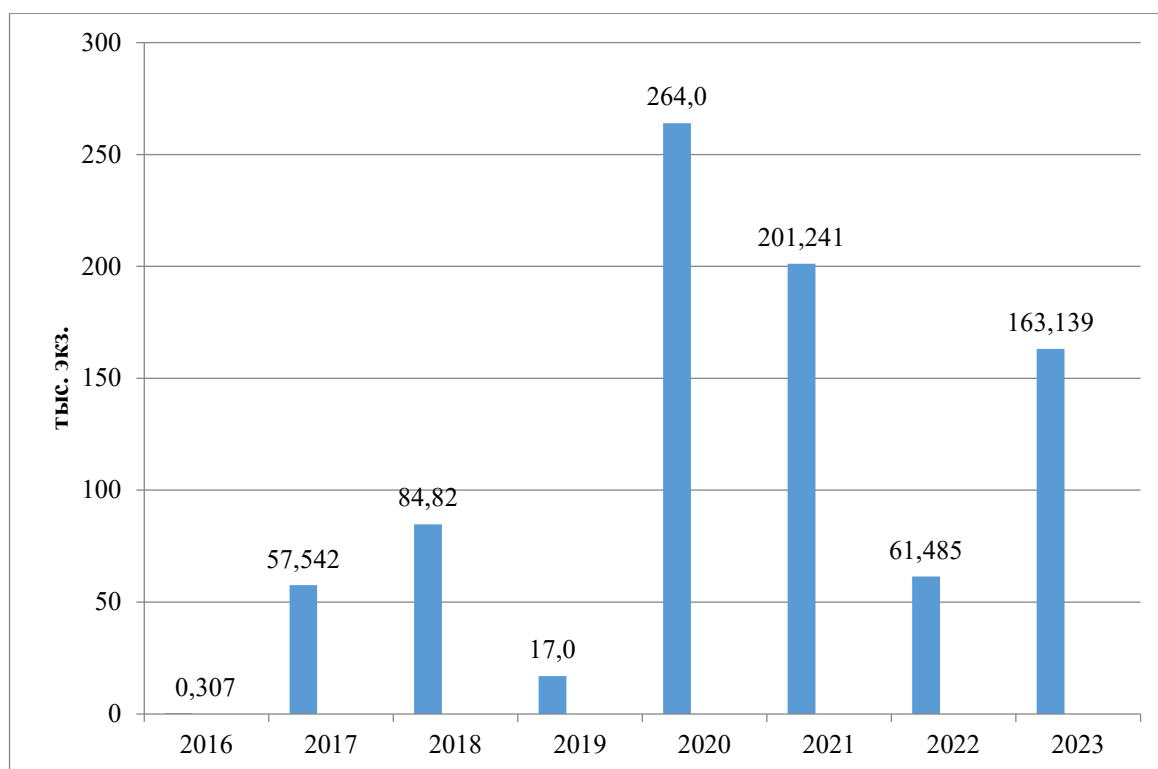


Рис.1. Вселение молоди (0+) осетра в р. Иртыш Омской области, выращенной в 2016-2023 гг. в рыбозаводном заводе ООО «Бородино»

Чтобы сохранить обскую популяцию сибирского осетра необходимо проведение более интенсивных мероприятий по искусственному воспроизводству, в том числе за счет увеличения численности производителей. Исходя из рекомендованных объемов искусственного воспроизводства молоди осетра (1,93 млн) и достигнутого в 2020 г. максимального показателя выпускаемой молоди (0,264 млн) стадо производителей необходимо увеличить до 500 экз.

Для увеличения объемов рыбоводных работ на ООО «Бородино» в 2019-2024 гг. Новосибирским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («ЗапСибНИРО») были разработаны Программы по обоснованию объемов добычи диких производителей сибирского осетра в р. Иртыш Омской области в целях искусственного воспроизводства в соответствии с регламентом Министерства природных ресурсов и экологии РФ и методиками Министерства сельского хозяйства РФ [9–11; 14]. Самостоятельное получение рыбоводной икры осетра от отловленных диких производителей позволяет увеличить объемы производства рыбоводной молоди для выпуска в р. Иртыш. При этом, сохраняется генетическое разнообразие выпускаемой молоди осетра и предотвращается инбридинг, снижающий биологическую приспособляемость популяции [16].

Добыча (вылов) диких производителей осетра для получения половых продуктов проводилась в преднерестовый и нерестовый период – от вскрытия льда по 31 мая. При поимке половозрелых рыб специалисты осматривали их и в случае пригодности к использованию в рыбоводных целях, взвешивали, оформляли приемный акт с указанием пола, веса и отсаживали в садок. Производители, непригодные к рыбоводному использованию, выпускались в водоем в живом виде, о чем составлялся соответствующий акт. Отловленные производители сибирского осетра доставлялись в специализированных живорыбных контейнерах емкостью 2-2,5 м³ в рыбозаводный завод ООО «Бородино» для рыбоводных работ. Средняя масса самцов и самок и рабочая плодовитость самок сибирского осетра обской популяции, отловленных ООО «Бородино» в 2020-2022 гг., составляли 12,3 и 13,2 кг и 62,3 тыс. икринок, соответственно (таблица).

Таблица. Результаты добычи диких производителей сибирского осетра в р. Иртыш в целях аквакультуры

Год	Разрешено отловить, шт.	Отловлено самцов/самок, шт.	Выпущено самцов/самок, шт.	Масса рыб самцы/самки, кг	Получено икры от самки, тыс. шт.
2019	16	5/6	5/6	нет данных	нет данных
2020	20	1/2	1/2	10/ 8,3; 18,0	47,2; 50,0
2021	16	3/1	3/1	12; 13,2; 13,5/ 12,0	56,4
2022	16	3/2	3/2	9,9; 13,5; 14,2/ 13,0; 13,5	68,9; 89,0

После получения икры и молок для предотвращения нанесения ущерба природной популяции вида дикие особи выпускались в природную среду обитания – р. Иртыш Омской области. В результате вылова, проведения рыбоводных работ и затем выпуска в естественную среду обитания численность диких производителей сибирского осетра обской популяции не сокращалась.

Заключение

Запасы сибирского осетра в Обь-Иртышском бассейне сильно подорваны в результате потери части нерестилищ после сооружения плотины Новосибирской ГЭС на р. Обь и Иртышских водохранилищ. Для сохранения и восстановления запасов сибирского осетра целесообразно осуществление масштабного искусственного воспроизводства вида. В 2015 г. на р. Иртыш в г. Омске был введен в эксплуатацию рыбопроизводный завод ООО «Бородино» мощностью 2,42 млн молоди осетра. Между тем, в настоящее время мощности для производства молоди осетра используются крайне ограниченно. Причина – дефицит рыбоводной икры сибирского осетра. Увеличение численности ремонтно-маточного стада сибирского осетра на рыбопроизводном предприятии ООО «Бородино», а также вылов диких производителей в целях сохранения генетического разнообразия выпускаемой молоди и предотвращения инбридинга, снижающего биологическую приспособляемость популяции, позволит повысить эффективность воспроизводства сибирского осетра обской популяции в р. Иртыш Омской области.

Список литературы

1. Атлас пресноводных рыб России. В 2 т. Т 1. М.: Наука, 2003. – 379 с.
2. Вотинов, Н.П. Состояние запасов осетра в реках Сибири и мероприятия по их увеличению / Н.П. Вотинов, В.Н. Злоказов, В.П. Касьянов, Р.И. Сецко // Свердловск. Средне-Уральское книжное изд-во, 1975. - 79 с.
3. Зайцев, В.Ф. Размерный состав молоди сибирского осетра *ACIPENSER BAERII* BRANDT в реке Иртыш Омской области / В.Ф. Зайцев, Е.В. Егоров, Л.А. Шиповалов // Вестник рыбохозяйственной науки. Т. 4. №3 (15). – Тюмень, 2017. – С. 20-27.
4. Кириченко, О.И. Ценные редкие виды рыб – обитатели реки Иртыш / О.И. Кириченко // Сборник научных трудов «Пойма реки Иртыш: современное состояние и прогнозы». Павлодар. Мир книг, 2013. – С. 28-35.
5. Красная книга Новосибирской области. Животные, растения и грибы. 3-е изд. Новосибирск: Типография Андрея Христолюбова, 2018. – 588 с.
6. Красная книга Омской области. Омск: Изд-во ОмГПУ, 2015. – 636 с.
7. Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-ое изд. М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. – 1128 с.
8. Красная книга Томской области. Томск: Печатная мануфактура, 2013. – 504 с.

9. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам, утверждена приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 31.03.2020 г. № 167.

10. Методика расчета объема добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (рыбоводства), утверждена приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 30.01.2015 г. № 25.

11. Методика формирования, содержания, эксплуатации ремонтно-маточных стад в целях сохранения водных биологических ресурсов, утверждена приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 19.10.2020 г. № 617.

12. Попов, П.А. Рыбы Сибири: распространение, экология, вылов / П.А. Попов. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2007. – 526 с.

13. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. – М.: Пищевая пром-сть, 1966 – 376 с.

14. Административный регламент Федеральной службы по надзору в сфере природопользования предоставления государственной услуги по выдаче разрешений на добычу объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, утвержден приказом Минприроды РФ от 18.02.2013 г. № 60.

15. Митрофанов, В.П. Рыбы Казахстана: В 5-ти т. / В.П. Митрофанов, Г.М. Дукравец, Н.Е. Песериди и др. – Алма-Ата: Наука, 1986. Т. 1. Миноговые, Осетровые, Сельдевые, Лососевые, Щуковые. – 272 с.

16. Тренклер, И.В. Возможности использования заводских ремонтно-маточных стад для поддержания природных популяций / И.В. Тренклер // Рыбоводство и рыбное хозяйство. Т. XVIII, № 4 (219). – 2024. – С. 4-11.

УДК 504.06

ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Е.А.Зотова, Е.Э.Сонина, С.Н.Макаров, А.С.Пудовкина, Л.В.Гузеева
Саратовский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («СаратовНИРО»),
г. Саратов, Россия, zotovaea@saratov.vniro.ru

Аннотация. В связи с возросшим воздействием на водные биоресурсы хозяйствующих субъектов актуальной становится необходимость разработки критериев, основывающихся не только на степени негативного воздействия тех или иных факторов, но и на отклике экосистем на антропогенное воздействие во времени. Предложенные поправки в действующие правовые документы повысят эффективность системы сохранения водных биоресурсов и среды их обитания в водных объектах рыбохозяйственного значения Российской Федерации.

Ключевые слова: водные биологические ресурсы, производственный экологический мониторинг, нормативно-правовая база.

THE LEGAL BASIS FOR CONDUCTING INDUSTRIAL ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE STATE OF AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES IN THE COURSE OF ECONOMIC ACTIVITY

E.A. Zotova, E.E. Sonina, S.N. Makarov, A.S. Pudovkina, L.V. Guzeeva

Summary. Due to the increased impact on aquatic biological resources of economic entities, it becomes urgent to develop criteria based not only on the degree of negative impact of certain factors, but also on the response of ecosystems to anthropogenic impact over time. The proposed amendments to the existing legal documents will increase the efficiency of the system of conservation of aquatic biological resources and their habitat in water bodies of fishery importance of the Russian Federation.

Keywords: aquatic biological resources, industrial environmental monitoring, regulatory framework.

В современных условиях возросших темпов воздействия хозяйствующих субъектов на водные биоресурсы и среду их обитания в водных объектах рыбохозяйственного значения, приоритетными являются вопросы разработки подходов и критериев, способствующих их сохранению.

Цель обзора. Проанализировать нормативные основы осуществления хозяйственной и иной деятельности на водных объектах рыбохозяйственного значения и дать рекомендации обоснованного привлечения хозяйствующих субъектов к их участию в сохранении водных биоресурсов и среды их обитания.

Материалы и методы

В работе были рассмотрены проектные материалы по разным направлениям хозяйствующей деятельности на водных объектах:

- добыча нерудных полезных ископаемых (песка и песчано-гравийной смеси (ПГС) из обводненных месторождений);
- строительство и реконструкция нефте- и газопроводов через водные преграды (устройство подводных переходов);
- строительство и реконструкция мостовых переходов через водные объекты;
- берегоукрепительные работы;
- дноуглубительные работы;
- руслоформирующие работы (углубление и расчистка ложа русел малых рек в целях рекреации и улучшения водного режима, исключения подтопления населенных пунктов в весенний период);
- строительство в водоохранной зоне или заливной пойме (устройство пляжей, яхт-клубов, причалов, водовыпусков сточных вод и др.);
- сейсморазведка;
- водозаборы;
- сброс загрязненных сточных вод.

Проанализирована действующая нормативная документация по осуществлению производственного экологического контроля (ПЭК) [1-7].

Результаты и их обсуждение

Водные экосистемы являются важными источниками различных ресурсов, в том числе рыбных, для удовлетворения потребностей населения. Являясь составной частью водных экосистем, рыбное население оказывается одним из наиболее уязвимых компонентов биоценоза при осуществлении хозяйственной деятельности. Воздействие на рыбные ресурсы осуществляется как целенаправленно в результате промысла, так и косвенным образом, при проведении различных работ на водотоках, заливной пойме и в водоохраных зонах. Любая хозяйственная деятельность, особенно гидромеханизированные работы, негативно влияет на водные биологические ресурсы, приводя к ухудшению качества воды, снижению уровня развития кормовой базы рыб, темпа роста, плодовитости рыб, болезням и, в итоге, к снижению рыбопродуктивности водного объекта.

В соответствии с действующей нормативно-законодательной базой Российской Федерации, направленной на обеспечение сохранения водных биоресурсов и восстановление природной среды, в случаях, когда негативного воздействия избежать невозможно, производится оценка воздействия на водные биоресурсы и среду их обитания, определяется размер вреда и разрабатываются компенсационные мероприятия по сохранению и восстановлению рыбных запасов.

Согласно п. 5 Положения о мерах по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания [5] при установлении факта негативного воздействия планируемых работ на водные биоресурсы, независимо от характера воздействия, каким бы оно ни было: прямым, косвенным, значительным или незначительным, в проектной документации должны быть предусмотрены меры по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания.

Одной из мер по сохранению водных биоресурсов и среды их обитания является проведение мониторинга (ПЭМ) в рамках ПЭК [8-10].

Целью производственного экологического мониторинга должно быть обеспечение выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности установленных требований и мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов [1].

В задачи ПЭМ должны входить:

- проверка выполнения предусмотренных проектом мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов;
- оценка состояния водных биологических ресурсов и среды их обитания до, во время и после проведения работ.

В рамках работ по экологическому мониторингу на объекте строительства должны выполняться:

- полевые работы (формирование сети наблюдений, выполнение натурных измерений, отбор проб для последующего анализа);
- камеральные работы (сбор, обработка, обобщение, анализ фондовой, литературной, полевой информации, оформление протоколов и отчетов по результатам мониторинга).

Однако, в настоящее время отсутствует нормативная база с требованиями к составу и объему мониторинговых исследований состояния водных биологических ресурсов при осуществлении хозяйственной деятельности. В виду этого в настоящее время ПЭМ проводится только как отслеживание состояния и загрязнения поверхностных вод, атмосферного воздуха, земель и почв, недр, исключая наблюдения за состоянием водных биоресурсов.

Таким образом, очевидной становится необходимость разработки критериев, основывающихся не только на степени негативного воздействия тех или иных факторов, но и на отклике экосистем на антропогенное воздействие во времени.

Залогом успешного сохранения водных биоресурсов и их среды обитания является грамотный подход к разработке программы мониторинговых работ, который позволит учесть весь необходимый объем исследований, обеспечивающий полную, достоверную и своевременную информацию об экологическом состоянии водного объекта и его биоресурсов по ихтиологическим показателям (биологического состояния, численности, распределения и воспроизводства) и гидробиологическим показателям (фитопланктон, зоопланктон, зообентос) в зоне влияния хозяйственной и иной деятельности. При этом мониторинг водных биоресурсов должен учитывать специфику планируемой деятельности и связанных с ней факторов антропогенного воздействия на водные биоресурсы и среду их обитания, а исследования – проводиться путем мониторинга состояния тех групп, сообществ живых организмов, на которые будет оказываться негативное воздействие.

В программе мониторинга за состоянием водных биоресурсов должна быть разработана схема организации сети пунктов наблюдений (места и порядок отбора проб) в соответствии с техническими решениями, принятыми в проектной документации. Пункты наблюдений организуются:

- на фоновом участке водного объекта (выше створа проектируемого перехода), не подверженном влиянию проектируемых работ;
- в зоне проведения гидротехнических работ;
- на расстоянии 500 м ниже створа проведения гидромеханизированных работ.

В соответствии с продолжительностью работ по проекту, в программе мониторинга должна быть определена и обоснована необходимость количества отбираемых проб и периодичность их отбора, охватывающая несколько сезонов.

Открытым остается также вопрос для хозяйствующих субъектов: нужно ли проводить мониторинг, если величина последствий негативного воздействия, ожидаемого в результате осуществления планируемой деятельности, менее 10 кг.

В соответствии с п.31 Методики [7], проведение восстановительных мероприятий в таком случае не требуется из-за их экономической нецелесообразности, поскольку затраты на их проведение превышают потери водных биоресурсов в денежном эквиваленте. Считаем необходимым в нормативные документы о проведении мониторинга за водными биоресурсами внести аналогичное требование – не осуществлять натурные наблюдения в рамках ПЭМ, если величина рассчитанного ущерба менее 10 кг.

В действующих нормативно-правовых документах не закреплён орган, контролирующий выполнение программы мониторинговых исследований состояния водных биологических ресурсов. При этом хозяйствующие субъекты не несут никакую ответственность за невыполнение данной меры по сохранению водных биоресурсов.

Подводя итог, можно сказать, что разработка и принятие указанных корректировок и дополнений в действующую нормативно-правовую базу прояснит понимание: когда и при каких условиях разрабатывается программа мониторинговых исследований за состоянием водных биоресурсов и позволит обоснованно привлекать хозяйствующие субъекты к выполнению этой меры по сохранению водных биоресурсов, а также повысит эффективность системы сохранения водных биоресурсов и среды их обитания в водных объектах рыбохозяйственного значения Российской Федерации.

Список литературы

1. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 08.08.2024) "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024)
2. Федеральный закон от 24 апреля 1995 г. № 52-ФЗ «О животном мире» (Собрание законодательства Российской Федерации, 1995, № 17, статья 22, статья 24).
3. Федеральный закон от 20.12.2004 г. № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»;
4. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. №74-ФЗ (в редакции Федерального закона от 08.08.2024 (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024).
5. Постановление Правительства РФ от 29.04.2013 г. №380 «Об утверждении Положения о мерах по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания»;
6. Постановление Правительства РФ от 30.04.2013 г. №384 «О согласовании Федеральным агентством по рыболовству строительства и реконструкции объектов капитального строительства, внедрения новых технологических процессов и осуществления иной деятельности, оказывающей воздействие на водные биологические ресурсы и среду их обитания».
7. Методика определения последствий негативного воздействия при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства, внедрении новых технологических процессов и осуществлении иной деятельности на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания и разработки мероприятий по

устранению последствий негативного воздействия на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания, направленных на восстановление их нарушенного состояния (приказ Федерального агентства по рыболовству от 6 мая 2020 года № 238 зарегистрировано в Минюсте России 5 марта 2021 г. регистрационный №62667).

8. ГОСТ Р 56062-2014. Производственный экологический контроль. Общие положения.

9. ГОСТ Р 56061-2014. Производственный экологический контроль. Требования к программе производственного экологического контроля.

10. ГОСТ Р 56059-2014. Производственный экологический мониторинг. Общие положения.

УДК 579.68

САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА ИЛЬМЕНЬ ЛЕТОМ 2024 г.

М.С. Исаченко¹, А.А. Быстрова^{1,2}, Л.Л. Капутина^{1,3}, О.И. Репина¹

¹ Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга), Санкт-Петербург, Россия, microbiology@niorh.vniro.ru

² Новгородский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НовгородНИРО»),
Великий Новгород, Россия

³ Институт Озероведения РАН (ФГБНУ «ИНОЗ РАН»),
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Озеро Ильмень является одним из важных объектов водопользования на территории Новгородской области. В последние девятилетие озеро подвергается активному использованию в нуждах человек. Данное исследование направлено на изучение качества воды по санитарно-микробиологическим показателям и определение трофического статуса водоема. Работа проводилась в июне и августе 2024 года, определяли такие показатели как: общая численность бактериопланктона (ОЧБ), обобщенные колиформные бактерии (ОКБ), *E.coli*, энтерококки. По результатам исследования изучен трофический статус озера, получены данные об отсутствии свежего фекального загрязнения и выявлено превышение ОКБ по нормативному показателю в августе.

Ключевые слова: санитарно-микробиологические показатели, озеро Ильмень, общая численность бактериопланктона (ОЧБ), обобщенные колиформные бактерии (ОКБ), *E.coli*, энтерококки.

SANITARY AND MICROBIOLOGICAL CONDITION OF LAKE ILMEN IN THE SUMMER OF 2024.

M.S. Isachenko, A.A. Bystrova, L.L. Kaputina, O.I. Repina

Summary. Lake Ilmen is one of the most important water use facilities in the Novgorod region. In the last nine years, the lake has been actively used for human needs. This study is aimed at studying the water quality according to sanitary and microbiological indicators and determining the trophic capacity of the reservoir. The work was carried out in June and August 2024, and such indicators were determined as: the total number of bacterioplankton (OCHB), generalized coliform bacteria (OKB), *E.coli*, enterococci. According to the results of the study, the trophic status of the lake was studied, data were obtained on the absence of fresh fecal pollution and excess of OKB in August

Keywords: Sanitary and microbiological indicators, Lake Ilmen, the total number of bacterioplankton (OCHB), generalized coliform bacteria (OKB), *E.coli*, enterococci.

Озеро Ильмень, расположенное в Новгородской области, является важным пресноводным водоемом северо-запада России. Озеро известно не только своими крупными размерами — площадь может достигать более 1000 квадратных километров в периоды половодья, но и своим расположением в бассейне крупнейших рек, таких как Волхов, Ловать и Мста [7,14]. Озеро Ильмень отличается сезонными колебаниями уровня воды [7, 14], которые зависят от таяния снега и паводков весной, осенних дождей, а также ледостава зимой. Весной уровень воды может повышаться на несколько метров, приводя к разливам и затоплению прибрежных территорий [14]. Южное расположение относительно других крупных водоемов северо-запада (Ладожское и Онежское озера) ведет к более продолжительному теплomu сезону [1, 3, 4, 6]. Это также способствует интенсивному развитию некоторых видов водорослей и микроорганизмов, которые способны отрицательно влиять на качество воды [4]. В последние десятилетия возросла антропогенная нагрузка на озеро Ильмень, в связи с развитием сельского хозяйства, урбанизацией и увеличением туристического потока [4, 7, 13, 14]. Это привело к изменению качества воды [4] и повлияло на состояние экосистемы озера. В результате актуальным стал вопрос контроля качества воды.

Целью данного исследования является анализ сезонных микробиологических показателей воды озера Ильмень с использованием методов микробиологического контроля. Результаты позволят оценить и сравнить уровень бактериологического загрязнения в начале и в конце летнего сезона.

Материалы и методы

Отбор проб производился из поверхностного слоя воды в начале июня (06.06) и августа (08.08) в 2024 г. батометром Паталаса в объеме 500 мл. Сетка станций включала 8 точек в основной акватории озера (рис.). Для подсчета общей численности бактериопланктона (ОЧБ) пробы фиксировали 40 % раствором формальдегида до концентрации в пробе 2%. Микроорганизмы подсчитывали под люминесцентным микроскопом МИКМЕД-26 на тёмных нуклеопоровых фильтрах (диаметр пор 0,20 мкм) с применением флуоресцентного красителя— флуорохрома ДАФИ (4,6-диамидино-2-фенилиндола дигидрохлорид) [6, 18]. Трофический статус озера оценивался по величинам ОЧБ в соответствии с классификацией водоемов по этому показателю [2, 5, 9, 12, 13]

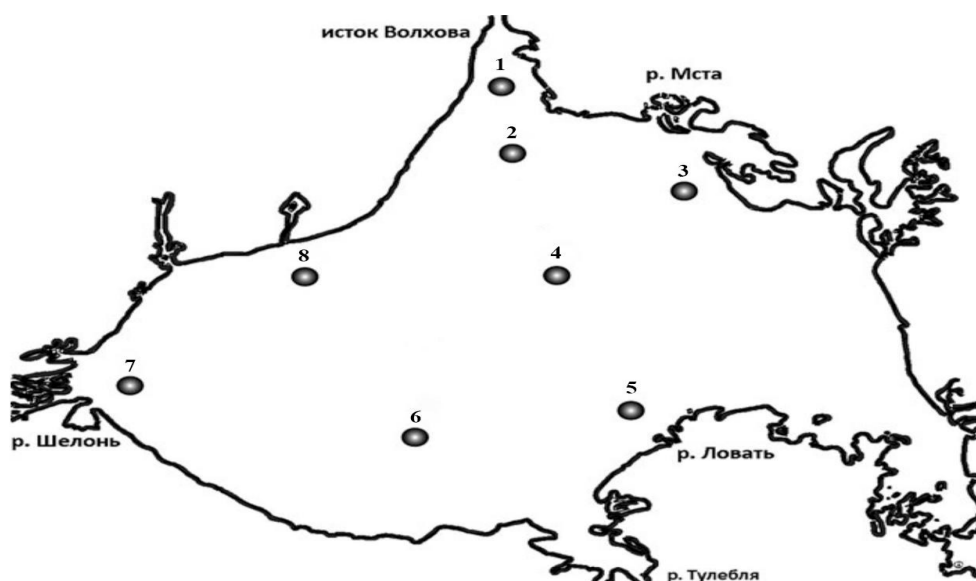


Рис. Схема станций отбора проб на акватории озера Ильмень

Для определения обобщенных колиформных бактерий (ОКБ) и бактерий *E.coli* использовали мембранные фильтры, через которые пропускали 1 см³, 10 см³ и 100 см³ объема воды. После фильтрации мембранные фильтры размещали на плотную среду Эндо и термостатировали при температуре 37±1°C в течение 21±3 ч. Производили подсчет колониеобразующих единиц (КОЕ) и подтверждение таксономической принадлежности с помощью биохимических тестов. Для определения энтерококков, объем воды 1 см³, 10 см³ и 100 см³ см пропускали через мембранные фильтры и переносили, не переворачивая, на энтерококкагар. Чашки с посевами помещали в термостат и инкубировали при температуре 37±1°C в течение 24-48 ч. Проводили подсчет колониеобразующих единиц и проводили биохимические тесты [8].

Уровень трофии и качество воды по санитарно-микробиологическим показателям озера определяли по следующим показателям: ОЧБ, ОКБ, *E.coli*, энтерококки.

Результаты и их обсуждение

Общая численность бактериопланктона в июне (таблица) варьировала в интервале $(1,59 - 3,75) \times 10^6$ кл/мл, среднее значение составляло $2,19 \times 10^6 \pm 0,75 \times 10^6$ кл/мл. В августе разброс величин ОЧБ составлял $(2,69 - 4,15) \times 10^6$ кл/мл, среднее значение $3,25 \pm 0,46 \times 10^6$ кл/мл. Наиболее низкая концентрация бактериопланктона была отмечена в июне у истока реки Волхов (ст.1) – в августе вблизи впадения реки Ловать (ст.5). Максимальные концентрации в июне зафиксированы на акватории между устьями рек Шелонь и Ловать (ст.6), в августе вблизи дельты Шелони (ст.7) (таблица).

Обобщенные колиформные бактерий в июне (таблица 1) находились в интервале от отсутствия роста до $0,03 \times 10^3$ КОЕ/100см³, среднее значение составляло $0,008 \times 10^3 \pm 0,014 \times 10^3$ КОЕ/100см³. Колиформные бактерии были обнаружены у истока р. Волхов (ст.1) и дельте р. Мста (ст.3) в количестве $0,03 \times 10^3$ КОЕ/100 см³. В августе интервал ОКБ составлял от отсутствия роста до $2,9 \times 10^3$ КОЕ/100 см³, среднее значение $1,5 \times 10^3 \pm 3,16 \times 10^3$ КОЕ/100 см³. Наиболее высокая численность была зафиксирована в районе устья р. Ловать ($2,9 \times 10^3$ КОЕ/100 см³).

Энтерококки в июне (таблица) составили интервал от отсутствия роста до 9 КОЕ/мл. Средне значение составило $1,6 \pm 3,2$ КОЕ/100 см³. Наибольшее количество энтерококов за весь период исследования было обнаружено в районе устья реки Волхов (ст.2) в июне – 3 КОЕ/100 см³, в августе – 45 КОЕ/100 см³. В августе разброс составил от нуля до 45 КОЕ/100 см³. Среднее значение равнялось $13 \pm 18,25$ КОЕ/100 см³.

По результатам исследований в пробах воды рост *E.coli* отсутствовал.

Таблица. Результаты исследования воды озера Ильмень по микробиологическим показателям в июне и в августе 2024 г.

Станция отбора проб	ОЧБ кл/мл		ОКБ (КОЕ/100 см ³)		Энтерококки (КОЕ/100 см ³)	
	июнь	август	июнь	август	июнь	август
исток р. Волхов ст.1	$1,59 \times 10^6$	$3,05 \times 10^6$	$0,03 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$	3	45
ст.2	$1,68 \times 10^6$	$2,89 \times 10^6$	Не обнаружено	$2,1 \times 10^3$	9	8
ст.3	$1,72 \times 10^6$	$3,03 \times 10^6$	$0,03 \times 10^3$	$1,9 \times 10^3$	1	39
ст.4	$2,93 \times 10^6$	$3,62 \times 10^6$	Не обнаружено	$1,2 \times 10^3$	Не обнаружено	5
ст.5	$1,75 \times 10^6$	$2,69 \times 10^6$	Не обнаружено	$2,9 \times 10^3$	Не обнаружено	Не обнаружено
ст.6	$3,57 \times 10^6$	$3,23 \times 10^6$	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	7
ст.7	$2,57 \times 10^6$	$4,15 \times 10^6$	Не обнаружено	$1,4 \times 10^3$	Не обнаружено	Не обнаружено
ст.8	$1,68 \times 10^6$	$3,31 \times 10^6$	Не обнаружено	$1,3 \times 10^3$	Не обнаружено	Не обнаружено

Максимальный уровень развития бактериопланктона наблюдался в августе в разгар биологического лета, что характерно для крупных озер северо-западного региона [3, 4, 15, 16]. Средняя численность бактерий в августе ($3,25 \times 10^6$ кл/мл) превышала аналогичную величину в июне ($2,19 \times 10^6$ кл/мл), практически в 1,5 раза. Озеро является мелководным, при средней глубине 3–4 метра [7], максимальная глубина – 10 метров [7], без резких перепадов глубин, что ведет к прогреву поверхностных слоев воды и интенсивному развитию бактериальных сообществ [3, 7, 15, 16]. В 2022 году трофический статус озера по средним величинам общей численности микроорганизмов за вегетационный период оценивался как пограничный между мезотрофным и слабо эфтрофным [7]. Среднее значение общей численности бактерий за июнь и август составляло $2,72 \times 10^6 \pm 0,81 \times 10^6$ кл/мл. На основании наших данных можно оценить трофический статус озера летом 2024 г. как мезотрофный [5].

Обобщенные колиформные бактерий в исследуемой воде в июне не превышали нормативный показатель [11] (не более 1000 КОЕ/100 см³), в том числе на двух участках отбора проб (исток р. Волхов и устье р. Мста) были получены результаты роста колоний на питательной среде. Самые высокие показатели зафиксированные у истока реки Ловать. В августе ОКБ во всей акватории озера превышал нормативный показатель. В сравнении с июнем средняя численность ОКБ в августе превышала в 188 раз. Вероятно, такие превышения связаны с высоким температурным режимом, морфометрией озера и активным развитием фитопланктона

Энтерококки являются индикаторным видом недавнего фекального загрязнения. Максимальный рост энтерококков в проанализированной воде наблюдался в августе, но не выходил за пределы нормативного показателя [11] (не более 100 КОЕ/100 см³). Самые высокие значения зафиксированы у истока реки Волхов в период исследования. Среднее значение в августе (13 КОЕ/100 см³) превышает среднее значение в июне (1,6 КОЕ/100 см³) в 8,1 раз.

Выводы

Санитарно-микробиологическое состояние качества воды озера Ильмень в летний период 2024 года характеризовалось в начале сезона невысокой численностью ОЧБ (среднее значение $2,19 \times 10^6$ кл/мл), конце сезона водоем имел численность в 1,5 раза больше чем в июне. На основании полученных данных трофический статус водоема можно охарактеризовать как мезотрофный. Показатель ОКБ в июне был в пределах допустимых нормативов, чего нельзя сказать о результатах за август, где во всей акватории вода превышала норматив, вероятно, в следствие климатических условий, морфометрии озера и развитию фитопланктона. Кишечная палочка не была обнаружена, энтерококки также не превышали допустимый норматив и находились в пределах нормы. Свежего фекального загрязнения обнаружено не было в период исследования.

Список литературы

1. Белозерова, Д.В. Санитарно-микробиологическая характеристика среды обитания водных биоресурсов в Ладожском озере / Белозерова Д.В., Капустина Л.Л. // Труды ВНИРО, 2021. – Т. 185. С. 94–104. DOI: 10.36038/2307–3497–2021–185–94– 104.
2. Дзюбан, А.Н. Комплексная оценка экологического состояния мелководий Рыбинского и Горьковского водохранилищ / Косолапов Д.Б., Корнева Л. Г., Кузнецова И.А., Столбунова В.Н. // Биология внутренних вод. 2007. – № 4. С. 3–8.
3. Капустина, Л. Л. Современное состояние бактериопланктона оз. Ильмень/ Капустина, Л. Л., Быстрова, А. А., Прищепа, А. С., Соловьева, Е. М. //Труды ВНИРО. – 2023. – Т. 193. – С. 140-151.
4. Капустина, Л.Л. Бактериопланктон / Капустина Л.Л., Митрукова Г.Г. Современное состояние и проблемы антропогенной трансформации экосистемы Ладожского озера в условиях изменяющегося климата / С.А. Кондратьев, Ш.Р. Поздняков, В.А. Румянцев ред. М.: РАН. – 2021. – С. 323–336.

5. Копылов, А.И. Микробиологические индикаторы эвтрофирования пресных водоёмов / Копылов А.И., Косолапов Д.Б. // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. СПб.: ЛЕМА. – 2007. – С. 176–181.
6. Кузнецов, С.И. Микрофлора озёр и её геохимическая деятельность/ Кузнецов С.И. // М: Наука. –1970 –м 440 с.
7. Малушко, А.И. Регулирующая способность озера Ильмень и его водосбора: выпускная квалификационная работа/ Малушко Алена Игоревна; науч. рук. Н.В. Мякишева; РГГУ. – Санкт-Петербург, 2018. – 96 с.
8. Методические указания МУК 4.2.3963-23. Бактериологические методы исследования воды //Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека: дата введения: 2023-12-01
9. Перетрухина, А.Т. Разработка методологии микробиологического мониторинга водных экосистем бассейна Кольского залива/ Перетрухина А.Т., Богданова О.Ю., Макаревич Е.В., Мищенко Е.С., Новикова А.Н. // Фундаментальные исследования. № 1. – 2011. – С. 22–28
10. Романенко, В.И. Микробиологические показатели качества воды и методы их определения/ Романенко В.И. // Водные ресурсы. – 1979. – № 6. С. 140–153.
11. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
12. Сорокин, Ю.И. Бактериальная продукция в водоёмах / Сорокин Ю.И. // Итоги науки и техники. Общая экология, биоценология, гидробиология. – 1973. – Т. 1. С. 47–101.
13. Фрумин Г.Т. Трофический статус озера Ильмень (по данным 2003–2020 годов)/ Фрумин Г.Т., Терещенко О.В. // Труды КарелНЦ РАН. – 2022. – № 6. С. 50–57. DOI: 10.17076/lim1555.
14. Сергеев, Ю.Н. Экосистема озера Ильмень и его поймы / Ю. Н. Сергеев, В. П. Кулеш, В. В. Дмитриев [и др.]. – СПб: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета, 1997. – 276 с
15. Bird, D. F. Empirical relationship between bacterial abundance and chlorophyll concentrations in fresh and marine waters/ Bird D. F., Kalff J. // Can. J. Fish. Aquat. Sci. –1984. – V. 41. P. 1015–1023.
16. Boulion, V.V. A new general dynamic model to predict biomass and production of bacterioplankton in lakes/ Boulion V.V., Hakanson L.A. // Ecol. Model. –2003. – V. 160. P. 91–114.
17. Cole, J.J. Bacterial production in fresh and saltwater ecosystems: A cross-system overview/ Cole J.J., Findlay S., Pace M.L. // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 1988. – V. 43. P. 1–10.
18. Porter, K.G. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora/ Porter K.G., Feig Y.S. // Limnology Oceanography. –1980. – № 25. P. 943–948.

УДК 574.62; 639.312

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЫБОЛОВНЫХ И РЫБОВОДНЫХ УЧАСТКОВ, ВЫЗВАННЫЕ ЛОКАЛЬНЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ

О.В. Козлов¹, А.Н. Накоскин¹, Ю.А. Енова^{1,2}, А.А. Асманова, Е.А. Коноводова, О.В. Филистеев¹, А.В. Чирухин³, А.В. Дегтярев³

¹ ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», г. Курган, Россия,
hydrobiology@list.ru

² ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Россия,
yuliya_2000en@mail.ru

³ ООО НИИ «Региональный исследовательский научно-консультационный центр экспертизы», г. Курган, ooo.olimp.ru@mail.ru

Аннотация. Одним из условий договоров является планируемый объем разведения (выращивания) водных биологических ресурсов. Для обоснования этих объемов необходимо учитывать фазу гидрологического цикла озерных экосистем, степень зарастаемости их макрофитами, динамику кормовой базы, химического состава природных вод, сезонных концентраций растворенного в воде кислорода. В рекомендациях по объему разведения водных биологических ресурсов учитывается динамика уровня воды с 2006 г.. При его сохранении существует возможность стабилизировать и увеличивать объемы выращивания и промыслового вылова рыбы в поликультуре. Это годовое выращивание пеляди с одновременным использованием в многолетнем цикле карпа, толстолобика, белого амура и другие виды рыб. Однако, изменения гидрологического режима водоемов в последние 5-6 лет и наложившиеся критические погодные условия последних трех лет свели к минимальным размерам, а иногда и сделали невозможным реализацию данного показателя во многих водоемах Курганской области.

Ключевые слова: рыболовство, рыбоводство, озеро, климат, экологическое состояние.

ECOLOGICAL PROBLEMS OF FISHING AND FISH-BREEDING LAKES CAUSED BY LOCAL CLIMATE CHANGES

*O.V. Kozlov, A.N. Nakoskin, E.I. Tatarnicova, Yu.A. Enova,
A.A. Asmanova, E.A. Konovodova, O.V. Filisteev, A.V. Chirukhin., A.V. Degtyarev*

Summary. One of the agreements conditions is the planned biomass of aquatic biological resources growing. To justify these biomass, it is necessary to take into account the phase of the hydrological cycle of lake ecosystems, the degree of overgrowing with macrophytes, the dynamics of the food supply, the chemical composition of natural waters, and seasonal concentrations of oxygen dissolved in water. The recommendations for the biomass of aquatic biological resources breeding take into account the dynamics of the water level since 2006. If it is maintained, it is possible to stabilize and increase the growing biomass and commercial fishing in polyculture. This is an annual cultivation of *Coregonus peled* with the simultaneous use of *Cyprinus carpio*, *Hypophthalmichthys sp*, *Ctenopharyngodon idella* and other fish species in a long-term cycle. However, changes in the hydrological regime of reservoirs in the last 5-6 years and the superimposed critical weather conditions of the last three years have reduced this indicator to a minimum, and sometimes made it impossible to achieve it in many lakes of the Kurgan Region.

Keywords: fishing; fish-breeding; lake; climate; ecological problems

Сотрудниками Центра экологии, природопользования и охраны природной среды ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет» в августе-сентябре 2022-2023 гг. были проведены исследования экосистем озер Курганской области, являющихся рыбоводными и рыболовными участками, закрепленными за ООО «НПФ «Сибирская тема» с целью проведения мониторинга их экологического состояния, популяционных характеристик доминирующих групп беспозвоночных гидробионтов. Эти исследования дают возможность контролировать продукционные свойства этих озер и оценивать их промысловые свойства. Данные водоемы располагаются на территории Варгашинского, Лебяжьевого, Макушинского, Петуховского и Частоозерского муниципальных округов Курганской области. Основной задачей исследований являлась оценка данных лимноэкосистем с точки зрения их современного состояния и возможности дальнейшего их использования в качестве рыболовных или рыбоводных участков в соответствии с договорами, заключенными с Нижнеобским территориальным управлением Федерального агентства по рыболовству.

Одним из условий заключения этих договоров является планируемый объем разведения (выращивания) водных биологических ресурсов (в тоннах/год) в полувольных условиях или искусственно созданной среде обитания на весь период действия договора с многолетней динамикой этого показателя по годам. Для обоснования этих объемов необходимо учитывать фазу гидрологического цикла озерных экосистем, степень зарастаемости их макрофитами (высшей водной растительностью), динамику кормовой базы, химического состава природных вод, сезонных концентраций растворенного в воде кислорода. В рекомендациях по объему разведения водных биологических ресурсов (прежде всего рыб) принимался во внимание высокий уровень воды в водоемах в период с 2006 г. по 2008 г.. При его сохранении была возможность стабилизировать и увеличивать объемы выращивания и промыслового вылова рыбы в поликультуре. Это годовое выращивание пеляди с одновременным использованием в многолетнем цикле карпа, толстолобика, белого амура и другие виды рыб. Однако, изменения гидрологического режима водоемов в последние 5-6 лет и наложившиеся критические погодные условия последних трех лет свели к минимальным размерам, а иногда и сделали невозможным реализацию данного показателя во многих водоемах Курганской области.

Заморные явления в озерах начались уже в начале января 2022 г. Это, при отсутствии своевременной аэрации, привело к гибели товарной рыбы. Накопление мертвой органики на дне водоема способствовало усилению процессов деструкции и снижению концентрации растворенного кислорода. При возможном последующем зарыблении эта причина могла привести к массовой гибели мальков видов-вселенцев. В результате активного микробного разложения иловых наслоений в прибрежных зонах происходило накопление органических веществ в высоких концентрациях, приводящих к угнетению развития рыб на разных стадиях жизненного цикла.

Учитывая природные условия 2022-2023 гг., особенно гидрологический режим, сложившийся на озерах Курганской области в результате климатических изменений, уменьшения поступления воды с атмосферными осадками в летнее время и снижения уровня подземных вод, уменьшения буферной системы поддержания постоянства функционирования экосистем водоемов в целом и их отдельных компонентов в летний период 2022-2023 г. сложилась ситуация, при которой хозяйственная эксплуатация данных водоемов в направлении товарного рыбоводства невозможна. Для продолжения использования их в этом направлении можно рекомендовать мелиоративный лов аборигенных видов рыб с последующим возможным зарыблением.

Неоднократно, на протяжении трех полевых сезонов 2021-2023 гг. были проведены исследования озер Суерское (Лебяжьевский муниципальный округ), Малый Актобан (Петуховский муниципальный округ), Аккуль (Частоозерский муниципальный округ), Сафонов, Шустиково и Северное (Петуховский муниципальный округ), Корнилово (Варгашинский муниципальный округ), Горькое, Каменное, Голое (Макушинский муниципальный округ), Медвежье, Песчаное, Камышное (Лебяжьевский муниципальный округ) (Таблица 1).

В августе 2022-2023 г. к ним добавились озера Курейное, Баское, Еланач, Журавль, Антипинский Кошкуль и Иковский Жеребец Макушинского муниципального округа Курганской области. Данные водоемы по своей морфологии, происхождению и динамике водных масс являются типичными для Курганской области озерами долин древнего стока. В зависимости от фазы гидрологического цикла изменяются их глубины, соленость воды, количество поступающего органического вещества и структурные показатели фитоценозов и зооценозов. Как следствие, происходит сдвиг равновесия в продукционно-деструкционных процессах создания и разложения органических веществ в озерах.

Для исследованных водоемов характерны отложения иловых масс толщиной 0,4-0,6 м, в которых протекают деструкционные процессы разложения автохтонного органического вещества, с использованием значительного количества растворенного в воде кислорода.

Таблица 1. Основные физико-географические характеристики исследованных озер

Водоем	Район	Координаты		Площадь	Длина береговой линии	Коэффициент изрезанности берегов	Высота над уровнем моря
		В.Д.	С.Ш.				
				км ²	км		м
Рыбоводные участки							
Корнилово	Варгашинский	66°03'15"	55°16'24"	10,244	11,680	1,03	136
Горькое	Макушинский	66°56'08"	54°52'33"	2,800	6,053	1,02	126
Суерское	Лебяжьевский	66°37'58"	55°28'29"	19,705	16,648	1,05	106
Медвежье	Лебяжьевский	66°16'48"	55°09'28"	1,049	3,712	1,02	134
Малый Актобан	Петуховский	68°19'36"	55°19'06"	2,337	5,507	1,02	126
Журавль	Петуховский	67°19'51"	55°57'13"	8,631	9,360	1,01	129
Аккуль	Частоозерский	67°57'33"	55°38'23"	21,374	16,883	1,03	122
Каменное	Макушинский	67°09'07"	54°52'22"	5,270	8,226	1,01	130
Голое (Антипинский Кошкуль)	Макушинский	67°25'15"	55°27'50"	3,630	6,912	1,02	126
Бол. Курейное	Макушинский	66°57'26"	54°55'21"	3,025	7,244	1,03	127
Баское	Макушинский	67°27'23"	55°05'01"	6,079	8,302	1,02	125
Еланач	Макушинский	67°22'19"	55°09'20"	14,609	12,854	1,02	124
Иковский Жеребец	Макушинский	67°28'28"	55°01'36"	2,196	4,083	1,02	127
Рыболовные участки							
Северное	Петуховский	67°54'38"	55°17'29"	2,790	6,138	1,04	128
Песчаное	Лебяжьевский	66°13'03"	55°10'49"	11,700	12,384	1,02	135
Камышное	Лебяжьевский	66°13'35"	55°23'34"	6,400	9,326	1,04	131
Сафонов	Петуховский	68°36'19"	55°15'13"	1,370	4,280	1,03	129
Шустиково	Петуховский	67°54'16"	55°03'33"	0,916	3,476	1,02	131

В весенний период 2021-2023 г. при уровне воды в водоемах ниже обычного ежегодного, даже после заполнения озерных котловин талыми водами (средняя глубина озера Корнилово – 1,3 м, Горькое – 1,7 м, Каменное – 3,0 м, Голое – 2,0 м, Суерское – 2,3 м, Медвежье – 2,3 м, Малый Актобан – 2,5 м, Аккуль – 2,2 м, Северное – 3,2 м, Песчаное – 1,6 м, Камышное – 2,0 м, Сафонов – 2,2 м, Шустиково – 1,8 м), было принято решение о зарыблении озер личинками рыб. Исходя из состояния водоема, его кормовой базы и предполагаемой динамики водных масс, в экосистемы озер было выпущено от 0,2 млн. (оз.Шустиково) до 10,1 млн. (оз.Аккуль) личинок интродуцируемых видов рыб (озера Корнилово, Каменное – по 2,0 млн., Горькое, Голое, Малый Актобан – по 1,0 млн., Суерское – 7 млн., Медвежье – 0,4 млн., Северное – 0,6 млн., Песчаное - 2,8 млн., Камышное - 1,3 млн., Сафонов – 0,3 млн.).

Учитывая агроклиматические природные условия 2022-2023 года (малую насыщенность водосборных площадей почвенной влагой, постоянно высокую температуру воздуха на протяжении периода с мая по сентябрь) и особенно гидрологический режим, сложившийся на озерах Курганской области в результате климатических изменений, уменьшения поступления воды с атмосферными осадками в летнее время и снижения уровня подземных вод на протяжении последних 3-4 лет, а так же уменьшения буферности системы поддержания постоянства функционирования экосистем водоемов в целом и их отдельных компонентов в частности, на всех озерах уже к августу 2022 г. произошло значительное падение уровня воды. Данный процесс продолжился и летом 2023 г. По сравнению с августом 2022 г. уровень воды во всех водоемах упал в 1,1 (озеро Горькое) –

1,6 (озеро Каменное) раз. На конец августа – начало сентября 2022 г. средние глубины озер характеризуются следующими величинами – озеро Горькое – 1,1 м, Каменное – 1,6 м, Голое – 1,2 м, Суерское – 1,5 м, Медвежье – 1,5 м, Малый Актобан – 1,6 м, Аккуль – 1,4 м, Песчаное – 1,4 м, Камышное – 1,3 м, Сафоновое – 1,5 м, Шустиково – 1,1 м, Курейное – 1,6 м, Баское – 1,8 м. При таком уровне воды можно, но с очень большим риском выращивать в годичном цикле пелядь. Малоснежная зима с резким нарастанием толщины ледового покрова привели к заморным явлениям. Малое количество осадков в осенний период 2022-2023 г. не способствовало насыщению почвы и грунтов влагой, что привело к снижению в весенний период 2023 г. объемов поступления воды с водосбора в водоемы. В ноябре 2022-2023 г. происходило резкое нарастание толщины ледового покрова в результате воздействия низких температур и отсутствию снежного покрова. Дальнейшее протекание подобных процессов может привести к ранним зимним заморам.

Массовая гибель зоопланктона и зообентоса при этих процессах ведет к снижению уровня кормовой базы рыб, что лежит в основе уменьшения в 2023 г. объемов зарыбления. Учитывая всё выше сказанное, уже сейчас прогнозируется низкий уровень поступления влаги в водоемы весной 2023 г. Нами рекомендуется проведение дополнительных исследований в весенний период перед зарыблением после вскрытия озер по определению их уровня водности и минерализации.

Температура воды в поверхностных слоях воды исследованных озер в конце августа была стабильна и достигала +24,0 °C (оз. Корнилово) - +27,3 °C (оз. малый Актобан). При значительной инсоляции и малых глубинах водоемов в летний период 2022-2023 гг. происходило резкое увеличивается скорости прогревания воды озер, что при температурах выше +26 - +27°C при так называемом термическом шоке для рыб и торможении при этом ростовых процессов приводило к частичной (озера Баское, Голое, Медвежье, Малый Актобан, Аккуль) или полной гибели (озера Камышное, Северное, Песчаное, Сафоновое, Шустиково, Корнилово) их популяций.

Концентрация растворенного в воде кислорода в дневное время во всех озерах не превышала 6-7‰. В ночное время в результате отсутствия фотосинтеза и интенсивного потребления микроорганизмами в донных отложениях и водорослями в толще воды эта величина резко падала в некоторых озерах до 0,4‰ (оз. Сафоновое, Голое, Корнилово, Каменное, Баское, Северное, Песчаное, Камышное, Шустиково) и держалась на этом уровне всю ночь, создавая предпосылки для летних заморов и гибели рыбы. Этому способствовало активное потребление кислорода погруженными макрофитами (степень подводного зарастания рдестом гребенчатым (*Potamogeton pectinatus*), рдестом пронзеннолистным (*Potamogeton perfoliatus*), урутью мутовчатой (*Myriophyllum verticillatum*) и роголистником погруженным (*Ceratophyllum demersum*) во многих водоемах достигала 42-54% от всей поверхности дна водоемов) и плавающими макрофитами (ряска тройчатая (*Lemna trisulca*) и ряска малая (*Lemna minor*)), покрывавшими значительную часть площади зеркала озер.

В результате активного микробного разложения иловых наслоений в прибрежных зонах происходило накопление органических веществ, в высоких концентрациях, приводящих к угнетению развития рыб на разных стадиях жизненного цикла.

При этом возможен даже осенний замор при активном выделении токсинов, опасных для рыб, сине-зелеными водорослями, активно увеличивающими численность и биомассу своих популяций при хорошем прогревании воды и достаточном количестве биогенов, таких как доступные формы азота и фосфора. При отмирании водорослей при температуре воды ниже +13 - +15°C выделяются газообразные конечные продукты обмена (метан, сероводород), что при их высоких концентрациях приводило к гибели рыбы.

Этому способствовало и увеличение солёности воды в результате уменьшения объема водных масс в озерах и глубины из-за воздействия высоких атмосферных температур, особенно в июле-сентябре 2022-2023 гг. В связи с падением уровня воды вырос уровень её минерализации, что вело к гибели рыбы из-за критической солёности.

Соленость, близкая к 18-20 г/л, считается жестко лимитирующей возможность существования популяций пеляди *Coregonus peled* в таких водоемах.

Все вышеперечисленные причины не дают возможности арендатору (ООО «НПФ «Сибирская тема») проводить промысел данных видов биологических ресурсов (рыб) в исследованных водоемах в 2022-2024г. в запланированных объемах, утвержденных Нижнеобским территориальным управлением Федерального агентства по рыболовству и минимизировать негативное воздействие на стабильность зооценозов озер. Практически на всех рыбоводных участках невозможно обеспечить гарантированно зимовку рыбы в 2023 – 2024 гг.

УДК 528.854

ДИНАМИКА ПЛОЩАДИ ОЗЕРА КУЛУНДИНСКОЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Г.В. Лукерина, А.Ю. Лукерин

Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»),
Барнаул, Россия, altainiro@vniro.ru

Аннотация. В работе приводятся результаты анализа космоснимков, полученных спутниками Landsat-7 (2008–2014 гг.), Landsat-8 (2015–2017 гг.) и Sentinel-2B (2018–2021 гг.) по площади водной поверхности озера Кулундинское Алтайского края в период 2008–2021 гг. Площадь озера изменялась в пределах 14 % (607–703 км²). Флуктуация площади водной поверхности коррелирует с количеством осадков ($r=-0,503$) и обуславливает межгодовые изменения солености воды ($r=-0,776$). Соленость озера Кулундинское имеет внутри- и межгодовые колебания в пределах 10 % и 120 % соответственно. Площадь озера и соленость воды имеют функциональную зависимость (полином шестой степени). Гидрохимический режим определяет состояние биоты озера Кулундинское, которое относится к промысловым водоемам для осуществления промышленного рыболовства артемии (на стадии цист). Для расчета запаса этого ценного биоресурса необходимы актуальные данные по площади озера, что в полной мере удовлетворяет применение данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ).

Ключевые слова: Гипергалинное озеро, спутниковые наблюдения, геоинформационная система QGIS, площадь поверхности, соленость.

DYNAMICS OF KULUNDINSKOYE LAKE AREA IN THE ALTAI TERRITORY ACCORDING TO SATELLITE DATA

G.V. Lukerina, A.Y. Lukerin

Summary. The paper presents the results of the analysis of data obtained by Landsat-7 (2008-2014), Landsat-8 (2015-2017) and Sentinel-2B (2018-2021) satellites on the water surface area of Kulundinskoye Lake in the Altai Territory in 2008-2021. The lake area varied within 14% (607-703 km²). The fluctuation of the water surface area correlates with the amount of precipitation ($r=-0.503$) and causes interannual changes in water salinity ($r=-0.776$). The salinity of Kulundinskoye Lake has intra- and interannual fluctuations in the range of 10% and 120%, respectively. The area of the lake and the salinity of the water have a functional dependence (a polynomial of the sixth degree). The hydrochemical regime determines the state of the biota of Kulundinskoye Lake, which belongs to commercial reservoirs for industrial fishing of artemia (at the stage of cysts). To

calculate the reserve of this valuable biological resource, up-to-date data on the lake area is needed, which fully satisfies the use of remote sensing data.

Keywords: Hyperhaline lake, satellite observations, geographic information system QGIS, surface area, salinity.

Озеро Кулундинское Алтайского края – самый крупный минерализованный водоем России. Озеро относится к Кучук-Кулундинскому озерному бассейну, расположено в границах Благовещенского, Суетского и Славгородского районов Алтайского края. Площадь озера колеблется в зависимости от наполнения в пределах 615 – 770 км², средняя глубина – в пределах 2,6–3,2 м, максимальная глубина – 3,6 м [14].

Показатель «открытости» озера составляет 280, морфометрия котловины озера Кулундинское характеризуется как блюдцеобразная, округлая, низкая, коэффициент развития береговой линии – 1,86. Берега низкие, местами с солонцово-солончаковыми комплексами, заболоченные, с хорошо выраженными лиманами. Озеро Кулундинское является бессточным, водообмен происходит со стороны рек Кулунда и Суетка [2].

Уровень солености воды в озере (40–132 г/дм³) позволяет развиваться популяции жаброногого рачка *Artemia* Leach, 1819, цисты которого являются ценным биоресурсом, а озеро Кулундинское относится к промысловым водоемам [10]. При расчете запасов артемии (на стадии цист) одним из важных показателей является объем «жилой» зоны рачков и цист артемии, напрямую зависящий от актуальной площади озера и его глубины [9]. Кроме того, площадь озера в условиях аридности климата Кулундинской степи становится одним из основных показателей динамики гидрохимического режима озера и его биологических особенностей.

В настоящее время наземное оценивание гидрологических характеристик водоема не представляется возможным ввиду отсутствия стационарного геодезического пункта наблюдения. Одним из наиболее доступных вариантов оценки площади водоема является применение данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). Этот способ имеет высокий уровень репрезентативности, активно используется для мониторинга водных объектов и их береговых линий [1; 7; 11; 13 и др.].

Цель работы – оценить по спутниковым данным динамику площади озера Кулундинское с 2008 по 2021 гг. в совокупности с периодическим изменением гидрохимического режима водоема.

Материалы и методы

Изучение площади озера Кулундинское было выполнено по данным архива спутниковых снимков Геологической службы США (USGS). За период с 2008 по 2021 гг. проведена выборка спутниковых снимков, полученных спутниками Landsat-7 (2008–2014 гг.), Landsat-8 (2015–2017 гг.) и Sentinel-2B (2018–2021 гг.). Изображения отбирались в период максимальной водности (май – первая половина июня), полученные в безоблачную погоду (уровень облачности менее 10 %) [18].

Обработка и анализ спутниковых снимков осуществлялись с применением свободно распространяемой программы ГИС QGIS v.3.16. Обработка снимков включала в себя атмосферную коррекцию, построение маски облачности и воды. Для снимков с 2008 по 2014 гг. дополнительно применялся алгоритм восстановления границ водного объекта из-за пропусков данных спутниковой системы Landsat-7 [12]. Отделение водной поверхности от суши осуществлялась с помощью индекса NDWI (нормализованный разностный водный индекс). Индекс NDWI использует видимый зеленый канал (G) и ближний инфракрасный канал (NIR) и рассчитывается по формуле:

$$NDWI = \frac{G - NIR}{G + NIR}$$

Положительные значения индекса соответствуют водной поверхности. Оценка площади водного зеркала осуществлялась программным методом. Для исключения влияния

прочих водных объектов на космоснимке применяли слой-маску, сформированную по водному зеркалу водоема в год максимальной водности с участком прилегающей прибрежной полосы ≈ 300 м.

Соленость воды озера Кулундинское получены в ходе проведения государственного мониторинга. Периодичность исследований составляла четыре–шесть съемок в течение вегетационного периода. В 2008–2018 гг. исследования провели на мелководных прибрежных участках (по станциям 2л–10л) при объезде водоема на автомобиле по южному, западному и северному побережьям. В 2019–2023 гг. отбор гидробиологического материала осуществили с борта моторной лодки по всей акватории озера (по 30 станциям). Расположение станций определяли на местности при помощи GPS-навигатора «Navitel C500» (Чехия). В ходе исследований на каждой станции определили соленость воды с помощью рефрактометра «Atago Master-S28 M» (Япония).

Сведения о климатических показателях 2008–2021 гг. (годовое количество осадков, температура воздуха) в районе расположения озера Кулундинское получены из Архивов погоды Алтайского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (метеопост «Степное Озеро» $52^{\circ}46.062'$ с.ш., $79^{\circ}51.048'$ в.д.; 123 м) [17]. Градусодни рассчитаны как сумма активных температур воздуха выше 10°C .

Статистическую обработку материала и построение графиков осуществляли с помощью пакета прикладных программ MS Excel.

Результаты

Наполняемость мелководных равнинных озер находится в зависимости от климатических условий района их расположения. На территории Благовещенского района Алтайского края годовая сумма осадков в 2008–2021 гг. колебалась в пределах 206–379 мм, на период открытой воды (апрель–октябрь) приходится не менее 71 %. На графике прослеживается циклическое изменение периодов с большим увлажнением на периоды с недостатком осадков (рисунок 1). Количество градусодней с суммой активных температур воздуха выше 10°C изменялось в пределах 2371–2975. Корреляционная зависимость между количеством градусодней и суммой осадков достоверная, отрицательная ($r=-0,466$ при $p=0,01$, $n=15$).

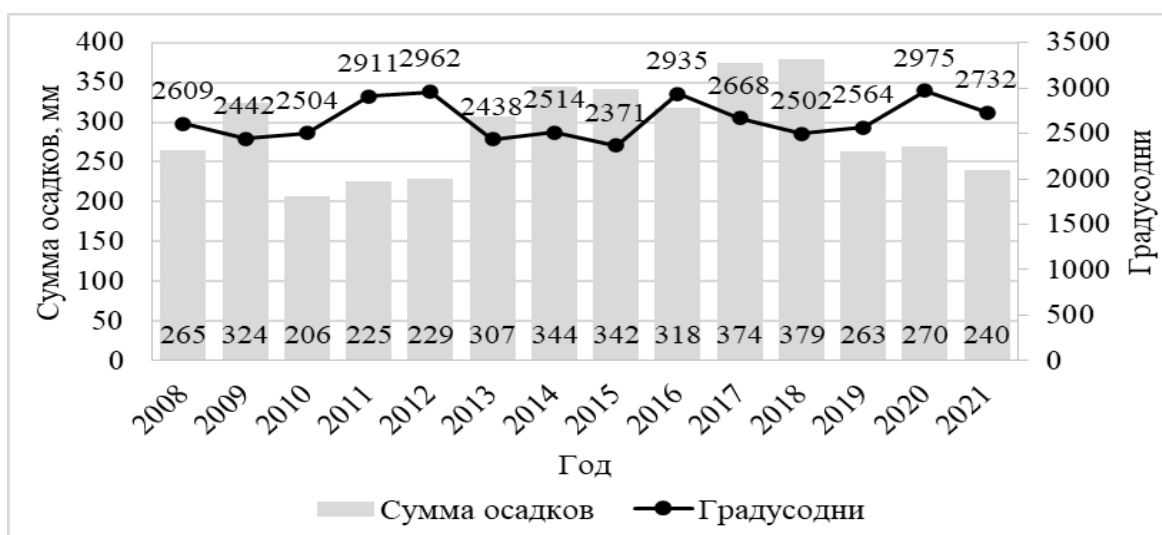


Рис.1. Годовое количество осадков и градусодней на территории расположения озера Кулундинское, 2008–2022 гг.

Изменения солености воды в гипергалинных озерах носят сезонный и межгодовой характер. В озере Кулундинское в 2008–2022 гг. отмечалось весеннее опреснение (69,2–100,5 г/л) и постепенный рост солености воды в пределах 10 % в летне-осенний период (76,0–159,8 г/л). Среднегодовая соленость воды колебалась в пределах 74–163 г/л (рисунок

2). В период проведения исследований отмечался рост солености воды с 2008 г., максимум зафиксирован в 2014 г. Затем уровень среднегодовой солености снижался по 2019 г. В настоящее время наблюдается тенденция роста солености.

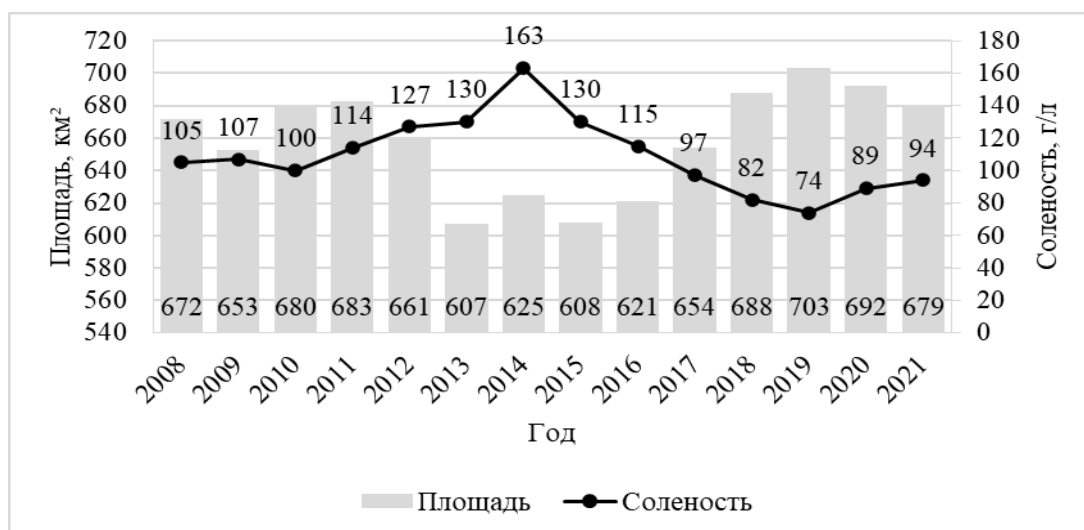


Рис. 2. Динамика изменения солености воды и площади озера Кулундинское в 2008–2021 гг.

Площадь озера Кулундинское, определенная при помощи спутниковых карт в исследуемый период, колебалась от 607,0 до 703,0 км² (рисунок 3). Корреляционный анализ выявил обратную зависимость между площадью и годовым количеством осадков ($r=-0,503$ при $p=0,1$, $n=15$). Корреляция между площадью озера и соленостью воды достоверна и отрицательная ($r=-0,776$ при $p=0,001$, $n=15$). Зависимость солености воды в озере от площади описывается уравнением полинома шестой степени ($R^2 = 0,60$):

$$y = 0,0015x^6 - 0,0692x^5 + 1,1812x^4 - 9,4715x^3 + 35,648x^2 - 57,928x + 160,22.$$

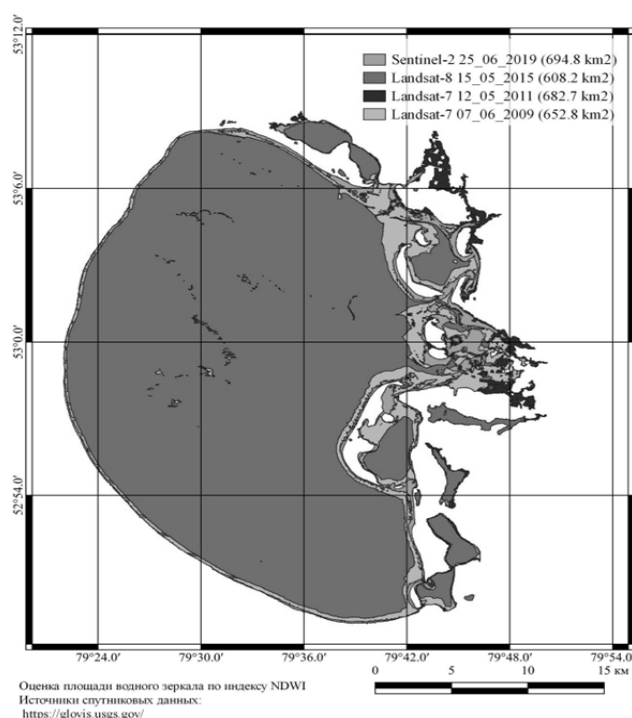


Рис. 3. Обработанные спутниковые снимки водной поверхности озера Кулундинское в разные годы

Обсуждение

Биоценозы гипергалинных водоемов имеют низкую экологическую валентность, что обусловлено низким видовым разнообразием и значительным влиянием основного фактора – солёности воды [8; 9; 14]. Солёность, в свою очередь, обусловлена климатическими условиями района расположения озера, его площадью и объемом водной массы [3]. Так же как солёность воды чувствительна к изменениям климатических условий, площадь озера имеет свои сезонные и межгодовые флуктуации. Учитывая важность показателя площади озера, наиболее подходящим способом его определения являются методы ДДЗ. Спутниковые снимки позволяют определять не только расположение и морфологические параметры водных объектов [4], но и тенденции изменения береговой линии (эрозия, зарастаемость, осушение и др.) [5; 6; 16], а также экологические и биологические аспекты (развитие фитопланктона, учет численности морских млекопитающих и нерестовых миграций рыб) [15]. Применение ДДЗ позволяет более полно охватить труднодоступные или обширные водные объекты, значительно снизить затраты по сравнению с проведением аэрофотосъемок, проводить математическую обработку данных в автоматическом режиме.

Проведенные нами исследования доказывают значительные колебания площади озера Кулундинское в зависимости от уровня увлажненности территории. Увеличение площади озера Кулундинское в период 2008–2021 гг. достигало 14 %, что составляет 96 км². Определенные нами значения (607–703 км²) находятся ниже максимальной площади озера Кулундинское по литературным данным (720–770 км²) [2; 9], что, возможно, обусловлено более длительными циклами смены транс- и регрессивных фаз водности (от 11 и более лет). Также затруднение заключается в определении границ озера Кулундинское, отличающегося разливами и заболоченными территориями вдоль восточного побережья.

Заключение

Площадь озера Кулундинское Алтайского края в период проведения исследований (2008–2021 гг.) изменялась циклически, что обусловлено климатическими особенностями территории расположения водоема, а также его мелководностью. Определяющими факторами флуктуации были количество градусодней и годовая сумма осадков. В функциональной зависимости от площади озера находится солёность воды – основной лимитирующий фактор видового разнообразия биоты и продуктивности озера Кулундинское.

Список литературы

1. Айбулатов, Д. Современные возможности использования методов дистанционного зондирования для получения информации о водных объектах // Д. Айбулатов, Л. Зотов, Н. Фролова, С. Чалов // Earth Observations for Future Earth. – 2015. – С. 34–37.
2. Веснина, Л.В. Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования / Л.В. Веснина, В.Б. Журавлев, В.А. Новоселов и др. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. – 285 с.
3. Веснина, Л.В. Численные и продукционные изменения популяции рачка *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинном озере Кучукское Алтайского края в условиях трансгрессивной фазы водности / Л.В. Веснина, Г.В. Лукерина, Т.О. Ронжина // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2019. – № 49. – С. 36–43. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-49-36-42
4. Донцов, А.А. Автоматизированный мониторинг площадей акваторий озер и водохранилищ по спутниковым данным / А.А. Донцов, И.А. Пестунов, С.А. Рылов, И.А. Суторихин // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т.4. – № 2. – С.38–45. – ISSN 2618-981X.
5. Еремина, Е.С. Динамика площади тростниковых зарослей в заливе Сиваш (Азовское море) по спутниковым данным // Е.С. Еремина, Е.Е. Совга, С.В. Станичный, В.А.

Михайлов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2020. – №4. – С. 54–65. DOI: 10.22449/2413-5577-2020-4-54-65

6. Еремина, Е.С. Особенности использования методов дистанционного зондирования земли при оценке экологического состояния залива Сиваш / Е.С. Еремина, С.В. Станичный, Е.Е. Совга // Моря России: от теории к практике океанологических исследований: тезисы докладов Всерос. науч. конф. – Севастополь: ФГБУН ФИЦ МГИ, 2023. – С. 251–253.

7. Кутявина, Т.И. Современное состояние и проблемы мониторинга поверхностных водных объектов России (обзор) / Т.И. Кутявина, Т.Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 2. – С. 13–21. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-2-013-021

8. Литвиненко, Л.И. Артемия в гипергалинных водоемах России (география, биоразнообразие, экология, биология и практическое использование) / Л.И. Литвиненко, М.А. Корентович, Е.Г. Бойко, А.И. Литвиненко, П.А. Зенкович. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2024. – 364 с. – URL: <http://www.gausz.ru/nauka/setevye-izdaniya/2024/litvinenko.pdf> (дата обращения 01.08.2024).

9. Литвиненко, Л.И. Методические рекомендации по оценке запаса и прогнозированию рекомендованного объема добычи (вылова) артемии / Л.И. Литвиненко, В.А. Бизиков, Н.П. Ковачева и др. М.: Издательство ВНИРО, 2019. – 49 с.

10. Лукерина, Г.В. Современное состояние запасов и промысла короткоциклового беспозвоночного в озерах Алтайского края / Г.В. Лукерина, О.А. Мазникова // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2022. – №1 (192). – С. 52–61. DOI: [10.33920/sel-09-2201-04](https://doi.org/10.33920/sel-09-2201-04)

11. Решетило, Н.С. Возможность использования данных дистанционного зондирования при мониторинге водных объектов / Н.С. Решетило, Е.П. Хлебникова // Науки о Земле и смежные экологические науки. – 2021. – №6. – С. 248–255. DOI: 10.33764/2618-981X-2021-6-248-255

12. Рылов, С.А. Многолетний мониторинг усыхания озера Убинское по спутниковым данным Landsat 4,5,7,8 с помощью специализированных алгоритмов сегментации / С.А. Рылов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2018. – Т.4. – № 1. – С.102–108. – ISSN 2618-981X

13. Рылов, С.А. Определение площадей озер по данным со спутников серии Sentinel-2 / С.А. Рылов, И.А. Пестунов // J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol. DOI: 10.17516/1999-494X-0108

14. Соловов, В.П. Жаброног артемия: история и перспективы использования ресурсов / П.В. Соловов, М.А. Подуровский, Т.Л. Ясюченя. – Барнаул: ОАО «Алтайский полиграфический комбинат», 2001. – 144 с.

15. Сорокина, П.Г. Оценка объема залива Провал озера Байкал в геоинформационных системах QGIS и SAGA GIS / П.Г. Сорокина // System Analysis and Mathematical Modeling. – 2021. – Т. 3, №4. – С. 290–296. DOI: [10.17150/2713-1734.2021.3\(4\).290-296](https://doi.org/10.17150/2713-1734.2021.3(4).290-296)

16. Христодуло, О.И. Мониторинг береговых линий водных объектов с использованием данных дистанционного зондирования / О.И. Христодуло, Н. Волков // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем. – 2008. – С. 177–182.

17. <https://rp5.ru/> (дата обращения: ежемесячно 2019–2021 гг.)

18. <http://glovis.usgs.gov/> (дата обращения: 15.06.2021)

РЕЗУЛЬТАТЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ВЫПУСКОВ МОЛОДИ РУССКОГО ОСЕТРА *ACIPENSER GUELDENSTAEDTII* (BRANDT & RATZEBURG, 1833) В АЗОВО- ЧЕРНОМОРСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАСЕЙНЕ В 2023 ГОДУ

Г.А. Мельников, В.Н. Шевченко, В.Н. Кравченко

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия,
michaelrichman@yandex.ru

Аннотация. В работе проанализированы результаты осуществления мероприятий по выпуску молоди русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt & Ratzeburg, 1833) в водные объекты Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна в 2023 г. В общей сложности было выпущено 6,501067 млн экз. молоди. Показано, что наибольшее количество русского осетра было выпущено в акваторию реки Кубань (Краснодарский край).

Ключевые слова: русский осетр, *Acipenser gueldenstaedtii*, выпуски ВБР, искусственное воспроизводство

THE RESULTS OF THE RELEASES OF THE JUVENILE RUSSIAN STURGEON *ACIPENSER GUELDENSTAEDTII* (BRANDT & RATZEBURG, 1833) IN THE AZOV- BLACK SEA FISHERIES BASIN IN 2023

G.A. Melnikov, V.N. Shevchenko, V.N. Kravchenko

Summary. The paper analyzes the results of the implementation of measures for the release of juvenile Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt & Ratzeburg, 1833) into the waters of the Azov-Black Sea fisheries basin in 2023. A total of 6,501,067 million copies were issued. youngsters. It is shown that the largest number of Russian sturgeon was released into the water area of the Kuban River (Krasnodar Territory).

Keywords: Russian sturgeon, *Acipenser gueldenstaedtii*, VBR releases, artificial reproduction

Цель исследования: анализ результатов выпуска молоди русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt & Ratzeburg, 1833) в водные объекты Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна в 2023 г.

Материалы и методы

Материалом для исследования стали результаты осуществления выпусков молоди русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* в водные объекты рыбохозяйственного значения Азово-Черноморского бассейна. Проанализированы выпуски рыб предприятиями различной формы собственности: ФГБУ (федеральное государственное бюджетное учреждение), ИП (индивидуальный предприниматель), ООО (общество с ограниченной ответственностью), СПК (сельскохозяйственный производственный кооператив) в рамках ГЗ (государственное задание), СС (за счет собственных средств организации) и КВ (компенсационные выпуски).

Результаты

В общей сложности в водные объекты рыбохозяйственного значения Азово-Черноморского бассейна в 2023 г. было выпущено 6,501067 млн экз. русского осетра (табл.

1), составляя 35.29% от общего количества выпущенной молоди осетровых видов рыб (18,422957 млн. экз. молоди стерляди, русского осетра, белуги, севрюги и шипа совокупно).

В структуре выпусков русского осетра наибольшее количество молоди было выпущено за счет собственных средств организаций, составляя 50,18% от общего количества (табл. 1).

Таблица 1. Структура выпусков русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt & Ratzeburg, 1833) в зависимости от цели реализации мероприятий

Субъект РФ, в границах которого осуществлен выпуск	ГЗ ¹		СС ²		КВ ³		ИТОГО
РФ, в границах которого осуществлен выпуск	Кол-во, экз.	т ср, г	Кол-во, экз.	т ср, г	Кол-во, экз.	т ср, г	По субъекту
Ростовская область	1,00	1,55	0,81645	4,985	2,33551	3,22	4,15196
Республика Адыгея	—	—	0,0032	1995,1	—	—	0,0032
Краснодарский край	1,4091	4,5265	0,0103	26,88	0,927	3,062	2,34589
Итого, кол-во, экз.	2,40909		0,829896		3,26206		
ИТОГО, %	37,06		12,77		50,18		

Примечание: 1) государственное задание; 2) собственные средства; 3) компенсационный выпуск

Молодь русского выпускали в 6 различных водных объектов в разном количестве (табл. 2).

Таблица 2. Количество молоди русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt & Ratzeburg, 1833), выпускаемой в различные водные объекты в пределах Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна

Наименование водного объекта	Субъект РФ, в границах которого осуществлен выпуск	Форма собственности организации, осуществляющей выпуск	Кол-во молоди, млн экз.	Общее кол-во молоди, выпущенной в водный объект, млн экз.	Доля от общего кол-ва, %
р. Дон ниже Цимлянского гидроузла	Ростовская область	ИП Десятов Сергей Михайлович	0,04255	4,151964	63,87
		Донской осетровый завод ОСП ФГБУ "Главрыбвод"	4,109414		
	Краснодарский край	ИП глава КФХ Дербе А.А.	0,21858	0,317985	4,89

р. Кубань ниже Краснодарского гидроузла		ООО "Динской РЗ "	0,07045		
		ООО "КИО"	0,02896		
р. Кубань ниже плотины Краснодарского гидроузла (Краснодарское водохранилище)	Республика Адыгея	ГКУ КК «Кубаньбиоресурсы»	0,0015	0,001500	
р. Кубань с притоками	Краснодарский край	Гривенский ОРЗ ОСП ФГБУ "Главрыбвод"	0,716563	1,2182	18,74
		Темрюкский ОРЗ ОСП ФГБУ "Главрыбвод"	0,501637		
р. Кубань с притоками ниже плотины Краснодарского гидроузла	Республика Адыгея	ГКУ КК «Кубаньбиоресурсы»	0,0017	0,0017	0,03
р. Протока с притоками	Краснодарский край	Гривенский ОРЗ ОСП ФГБУ "Главрыбвод"	0,7000	0,809718	12,46
		Ачуевский ОРЗ ОСП ФГБУ "Главрыбвод"	0,10972		

Обсуждение

Среди субъектов РФ, осуществивших в 2023 г. выпуски русского осетра, наибольший вклад в пополнение запасов растительоядных видов рыб внесла Ростовская область, выпустив реку Дон ниже Цимлянского гидроузла более 4 млн экз. сеголетков. Большая часть молоди была получена и выпущена в условиях производственных мощностей Донского осетрового завода ОСП ФГБУ "Главрыбвод". При этом освоение предельно допустимого объема выпуска [1] для реки Дон ниже Цимлянского гидроузла составило менее 23,86% (табл. 3).

Таблица 3. Освоение рекомендованного предельно допустимого объема выпуска сеголетков русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt & Ratzeburg, 1833) в водные объекты Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна

Водный объект	Субъект РФ	Рекомендованный предельно допустимый объем выпуска, млн экз.	Освоение рекомендованного предельно допустимого объема выпуска, %
Река Дон ниже Цимлянского гидроузла	Ростовская область	17,4	23,86
Река Кубань ниже Краснодарского гидроузла	Краснодарский край	4,0	7,99
Река Кубань ниже плотины	Республика Адыгея		

Краснодарского гидроузла (Краснодарское водохранилище)			
р. Кубань с притоками	Краснодарский край	2,2	92,26
р. Кубань с притоками ниже плотины Краснодарского гидроузла	Республика Адыгея		
р. Протока с притоками	Краснодарский край		

Как видно из данных табл. 3, показатель объема выпуска сеголетков русского осетра наибольший для Река Кубань ниже плотины Краснодарского гидроузла, однако наименьший для Краснодарского водохранилища, которое в настоящее время испытывает ряд экологических проблем, связанных с чрезвычайной антропогенной деятельностью человека.

Река Кубань претерпела значительные изменения в результате антропогенной деятельности, что оказало серьезное влияние на её экосистему и население водных организмов. Строительство гидроэлектростанций и плотин изменило естественный поток реки, что привело к изменению уровня воды, скорости течения и образованию новых водоемов. Это повлияло на миграционные маршруты рыбы, включая русских осетров, создавая преграды для их нереста.

Увеличение промышленных выбросов, сельскохозяйственных стоков и бытового мусора привело к ухудшению качества воды. Загрязнение, вызванное пестицидами, удобрениями и тяжелыми металлами, негативно сказывается на здоровье рыбы и других водных организмов, нарушая цепочку питания и экосистемные баланс.

Заключение

В общей сложности в водные объекты рыбохозяйственного значения Азово-Черноморского бассейна в 2023 г. было выпущено 6,501067 млн экз. русского осетра.

Среди субъектов РФ, осуществивших в 2023 г. выпуски русского осетра, наибольший вклад в пополнение запасов растительноядных видов рыб внесла Ростовская область, выпустив в реку Дон ниже Цимлянского гидроузла более 4 млн экз. сеголетков.

Отмечается недостаточное количество выпускаемой молоди русского осетра, необходимого для проведения биологической мелиорации водных объектов Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна.

Список литературы

1. Выписка из протокола заседания Биологической секции ученого совета ФГБНУ «ВНИРО» от 30.03.2023 № 16. — URL: <http://vniro.ru/ru/rekomendatsii-po-predelnodopustimym-ob-emam-vypuskavodnykh-bioresursov-na-2017-2019-gg> (дата обращения 10.07.2024)
2. Головкин, Г. В. Динамика развития макрофитов Веселовского водохранилища и их современное состояние как резерва повышения рыбопродуктивности / Г. В. Головкин, Е. М. Саенко // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2022. – №. 4. – С. 22-40.
3. Головкин, Г. В. Перспективы повышения рыбопродуктивности Веселовского водохранилища / Г.В. Головкин, Е. М. Саенко // Морские технологии: проблемы и решения - 2023: сборник трудов по материалам научно-практических конференций преподавателей,

аспирантов и сотрудников ФГБОУ ВО «КГМТУ» (Керчь, 24–28 апреля 2023 г.). – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. – С. 453-456.

4. Денисенко, О. С. Биологическая мелиорация азовских лиманов Краснодарского края и возможности использования средств, полученных в качестве компенсации ущерба, нанесенного водным биологическим ресурсам /О. С. Денисенко //Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2017. – №. 3. – С. 34-41.

5. Петрашов, В.И. Состояние промысловых запасов рыб азовских лиманов / В.И. Петрашов, С.Л. Вишневецкий, Н.А. Рудакова, О.С. Денисенко, С.Л. Синченко //Вопросы рыболовства. – 2018. – Т. 19. – №. 4. – С. 451-464.

6. FAO, Aquaculture production statistics 1986-1995. (Statistiques de la production de l'aquaculture 1986-1995.)// FAO. Fisheries Circular. – 1997. – № 815 (revision 9) 205 pp.

7. FishBase. Entry for *Ctenopharyngodon idella*. Main ref.: Shireman JV, Smith CD, 1983.

8. Synopsis of biological data on the grass carp, *tenopharyngodon idella* (Cuvier and Valenciennes, 1884). FAO Fish. Synop. –2004. –№ 135. – 86 pp. URL: www.fishbase.org/ (дата обращения 11.07.2024)

9. Froese R., Pauly D., FishBase. – 2019. In: FishBase. URL: <http://www.fishbase.org> (дата обращения 11.07.2024)

УДК 574.589

ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ВИДОВОЙ СОСТАВ ПАРЗИТОФАУНЫ У ЩУКИ *ESOX LUCIUS* (L.)

А.В. Морозко, М.А. Дорогин

Новосибирский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» (ЗапСибНИРО), г. Новосибирск,
Россия

Аннотация. В бассейне Верхней Оби щука распространена неравномерно, в основном в р. Оби выше Новосибирского водохранилища, а в самом водохранилище её значительно меньше, но и в этом водоёме она не теряет своего промыслового значения. Бывают годы со сложными гидрологическими условиями, когда численность щуки в Новосибирском водохранилище значительно возрастает, однако, и в течение года процент щуки в уловах неоднороден, пик приходится на осенний период, поэтому одну из основных ролей в увеличении численности. В ходе исследований у щуки в верхней зоне были зарегистрированы нематоды *Camallanus lacustris*, которые не регистрировались у неё с конца 70х гг., а в средней и нижней зоне трематоды *Ichthyocotylurus variegatus*. Делая выводы о распределении рыб в водоёме по численности, мы можем сказать, что наличие нематоды *C. lacustris* у щуки в верхней зоне водоёма подтверждает факт активного мигрирования рыб с верховьев в годы со сложным водным режимом.

Ключевые слова: щука, численность, паразитофауна, нематоды, трематоды, миграционная активность.

INFLUENCE OF HYDROLOGICAL CONDITIONS ON THE SPECIES COMPOSITION OF PARSITOPAUNA IN PIKE *ESOX LUCIUS* (L.).

Morozko A.V., Dorogin M.A.

Summary. In the Upper Ob basin, pike is distributed unevenly, mainly in the Ob River above the Novosibirsk Reservoir, and in the reservoir itself it is significantly less, but even in this reservoir

it does not lose its commercial value. There are years with difficult hydrological conditions, when the number of pike in the Novosibirsk Reservoir increases significantly, however, during the year the percentage of pike in catches is uneven, the peak occurs in the autumn period, therefore one of the main roles in increasing the number. During the research, nematodes *Camallanus lacustris* were registered in the pike in the upper zone, which had not been registered in it since the late 70s, and trematodes *Ichthyocotylurus variegatus* were registered in the middle and lower zones. Drawing conclusions about the distribution of fish in the reservoir by number, we can say that the presence of the nematode *C. lacustris* in pike in the upper zone of the reservoir confirms the fact of active migration of fish from the upper reaches in years with a complex water regime.

Keywords: pike, number, parasite fauna, nematodes, trematodes, migration activity.

Щука *Esox lucius* (L.) один из самых распространённых видов рыб в северном полушарии, встречается в Европе, Азии и Северной Америке. В Европе повсеместно в бассейнах Северного, Балтийского, Баренцева, Белого, Черного и Каспийского морей. Особенно многочисленна щука в Обь-Иртышском и Волжском бассейнах [1, 2, 4].

В бассейне Верхней Оби она распространена неравномерно, её достаточно много встречается в р. Оби выше Новосибирского водохранилища, а в самом водохранилище (особенно в нижней зоне) её значительно меньше, но и в этом водоёме она не теряет своего промыслового значения.

Поскольку щука, как представитель хищных рыб в Обь-Иртышском бассейне является потенциальным источником опасного для человека заболевания дифиллоботриоз, то необходим периодический паразитологический мониторинг, благодаря которому в том числе можно проследить закономерности её экологии.

Цель работы – выявить закономерности влияния гидрологического режима Новосибирского водохранилища на видовой состав паразитов у щук.

Материал и методы

Сбор материалов для оценки ихтиопатологического состояния щуки в верхней зоне проводился из траловых уловов ООО «Каменский рыбзавод», а также из сетных уловов контрольно-научных пунктов, расположенных в средней и нижней зоне водохранилища.

Порядок патологоанатомического вскрытия отобранного материала проводился по общепринятым методикам [5]. Определение зарегистрированных паразитов до вида проводилось с помощью Определителя паразитов пресноводных рыб СССР [3].

Результаты и их обсуждение

Бывают годы, когда численность щуки в Новосибирском водохранилище значительно возрастает, она фиксируется как в промысловых, так и в любительских уловах. При чём и в течение года процент щуки в уловах неоднороден, пик приходится на осенний период, поэтому одну из основных ролей в увеличении численности, по-видимому, играет гидрологический режим Верхней Оби.

Так в предыдущие периоды наибольшую численность щуки регистрировали в 2016 и 2021 годах [6], когда после обильного притока воды в весенне-летний период последовало резкое падение уровней воды в осенний период [7].

По нашим многолетним данным наибольшая численность щуки наблюдается в верхней зоне Новосибирского водохранилища (рис.1), что в целом подтверждает общие закономерности её экологии.

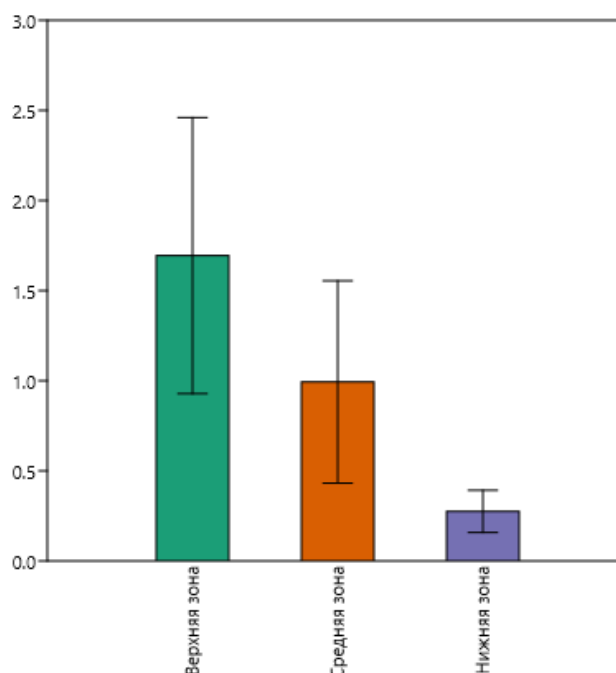


Рис. Средняя численность щуки по зонам Новосибирского водохранилища за период с 2010 по 2024 гг. (экз./га)

В Верхней Оби щука преимущественно обитает на пойменных участках, где она может проводить основной нагул, питаясь мелким частиком. Наступление межени заставляет её выходить на русло, где добыча кормовых ресурсов затруднена и ей приходится совершать кормовые миграции ниже по течению. Верхняя зона Новосибирского водохранилища начинается от г. Камень-на-Оби поэтому численность рыб на этом участке напрямую зависит от ската щуки с реки, которая в поисках кормовых объектов рыба вынуждена перераспределяться.

Возраст исследованной щуки составил 3-4 года, длиной от 25 до 42 см. В ходе исследований у щуки в верхней зоне были зарегистрированы нематоды *Camallanus lacustris* а в средней и нижней зоне трематоды *Ichthyocotylurus variegatus*. Результаты паразитологического исследования щук из разных зон приведены в таблице.

Таблица – Показатели заражённости щуки из разных зон Новосибирского водохранилища в 2024 году.

Место отлова щуки	Вид паразита	Экстенсивность инвазии	Индекс обилия	Интенсивность инвазии
Верхняя зона (г. Камень-на-Оби)	<i>C. lacustris</i>	60%	3,6	6,0
Средняя зона (с. Береговое)	<i>I. variegatus</i>	30%	1,9	6,3
Нижняя зона (с. Морское)	<i>I. variegatus</i>	10%	0,9	9

Анализируя таблицу, можно сказать, что *I. variegatus* – типичный паразит для хищных рыб Новосибирского водохранилища, часто регистрируемый у других видов, таких как судак и окунь. А нематоды *C. lacustris* регистрировались у рыб Новосибирского водохранилища достаточно давно (Скрипченко и др., 1979).

В Верхней Оби щука преимущественно обитает на пойменных участках, где она может проводить основной нагул, питаясь мелким частиком. Наступление межени заставляет её выходить на русло, где добыча кормовых ресурсов затруднена и ей приходится совершать кормовые миграции ниже по течению. Верхняя зона

Новосибирского водохранилища начинается от г. Камень-на-Оби поэтому численность рыб на этом участке напрямую зависит от ската щуки с реки, которая в поисках кормовых объектов рыба вынуждена перераспределяться. Делая выводы о распределении рыб в водоёме по численности, мы можем сказать, что наличие нематоды *C. lacustris* у щуки в верхней зоне водоёма подтверждает факт активного миграирования рыб с верховьев в годы со сложным водным режимом.

В средней и нижней зоне водохранилища в меженный период таких миграций ей совершать не требуется, потому что уровни воды в этих зонах более стабильны и не подвержены таким сильным колебаниям, как в верхней. Это подтверждает незначительное наличие трематоды *I. variegatus* первыми промежуточными хозяевами которого являются брюхоногие моллюски *Planorbis planorbis*, обитающие в основном на мелководьях и в устьях притоков водоёма.

Заключение

Таким образом, понимая ситуацию распределения рыб, заражённых тем или иным видом паразитов, в целом, можно делать аккуратные выводы об их миграционной активности в пределах водоёма, что подтверждают и наши наблюдения.

Распределение щук по акватории Верхней Оби регулирует у них горизонтальный перенос возбудителей паразитозов. Рыбы, совершая кормовые миграции в зависимости от залития поймы, переносят с собой и паразитофауну. Если количество стока воды в последующие годы будет на том же уровне, что и в 2024 г., то поскольку, для жизненных циклов нематод не требуется наличие промежуточных хозяев, то можно прогнозировать, что можно будет ожидать реинвазию *C. lacustris* в Новосибирское водохранилище.

Список литературы

1. Аннотированный каталог круглоротых и рыб континентальных вод России / Под ред. Ю.С. Решетникова. – М.: Наука, 1998. – 218 с.
2. Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. Т.1. / Под ред. Ю.С. Решетникова. – М.: Наука, 2002. – 379 с.
3. Бауэр, О.Н. Определитель паразитов пресноводных рыб Т. 1-3 / О.Н. Бауэр. – Л.: Наука, 1987.
4. Берг, Л.С. Рыбы пресных вод СССР, ч. I. / Л.С. Берг. – М., Л.: Наука, 1948. – 466 с.
5. Быховская–Павловская, И.Е. Паразиты рыб. Инструкция по изучению / И.Е. Быховская–Павловская. – Л.: Наука. – 1985. – 121 с.
6. Дайтхе, А.А. Сравнение показателей заражённости окуня (*Perca fluviatilis* (L.)) и щуки (*Esox lucius* (L.)) Новосибирского водохранилища, трематодой (*Ichthyocotylurus variegatus* (Creplin, 1825)) / А. А. Дайтхе, А. В. Морозко, М. А. Дорогин // Современное состояние водных биоресурсов : материалы VI международной конференции, Новосибирск, 11–13 ноября 2021 года / Новосибирский государственный аграрный университет; Новосибирский филиал ФГБОУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2021. – С. 71-75.
7. Сотникова, Е. Э. Состояние паразитофауны леща и плотвы на фоне экстремальных колебаний уровня воды в Верхней Оби в 2021 г / Е. Э. Сотникова, А. В. Морозко, А. А. Дайтхе // Современное состояние водных биоресурсов: материалы VI международной конференции, Новосибирск, 11–13 ноября 2021 года / Новосибирский государственный аграрный университет; Новосибирский филиал ФГБОУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2021. – С. 203-207.

**ДЕГРАДАЦИЯ ООЦИТОВ ТРОФОПЛАЗМАТИЧЕСКОГО РОСТА ПРИ
НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ СОДЕРЖАНИЯ СОЗРЕВАЮЩИХ САМОК
НА ПРИМЕРЕ ГИБРИДА АМУРСКОГО ОСЕТРА И КАЛУГИ
(*ACIPENSER SCHRENCKII* X *HUSO DAURICUS*)**

Я.Г. Меркулов¹, И.А. Марков²

¹ГКУ КК «Кубаньбиресурсы», г. Краснодар, Россия, klimko2014@gmail.com

²Образовательный онлайн-проект «Школа осетроводства», Краснодар, Россия,
osetrovod.ru@gmail.com

Аннотация. Репродуктивная система самок на этапе завершения полового цикла (конец III стадии зрелости и переход к IV стадии) в условиях, не соответствующих экологическим предпочтениям вида, характеризуется повышенной чувствительностью к воздействию дополнительных неблагоприятных факторов. В результате такого воздействия в гонадах повышается риск необратимых процессов дегенерации ооцитов фазы трофоплазматического роста, что проявляется в потере частью ооцитов способности к овуляции. Значения индекса поляризации, превышающие 0,30–0,32 ед., а также вариабельность индекса поляризации (разница между минимальным и максимальным значениями), близкая или превышающая значение 0,19 ед., свидетельствуют о процессах деградации ооцитов, происходящих в период трофоплазматического роста (III ст. зрелости). Процесс деградации яйцеклеток сопровождается изменением их эхогенности, что соответствующим образом отображается на эхограммах. Данное сообщение носит предварительный характер. В настоящее время мы продолжаем разработку алгоритмов снижения негативного воздействия неблагоприятных условий на развитие ооцитов в период трофоплазматического роста.

Ключевые слова: осетровые, гаметогенез, трофоплазматический рост, ооцит, индекс поляризации ооцита.

**OOCYTE DEGRADATION AT THE TROPHOPLASMIC GROWTH PHASE UNDER
UNFAVORABLE CONDITIONS OF KEEPING MATURING STURGEON FEMALE**

Ian Merkulov, Ivan Markov

Summary. The reproductive system of females at the stage of completion of the sexual cycle (end of maturity stage III and transition to stage IV) in conditions that do not correspond to the ecological preferences of the species is characterized by increased sensitivity to the impact of additional adverse factors. As a result of such impact in the gonads, the risk of irreversible processes of oocyte degeneration at the phase of trophoplasmic growth increases, which manifests itself in the loss of a part of oocytes ability to ovulate. The polarization index values exceeding 0.30–0.32 as well as the polarization index variability (difference between the minimum and maximum values) close to or exceeding the value of 0.19 indicate the processes of oocyte degradation occurring during the period of trophoplasmic growth. The process of oocyte degradation is accompanied by a change in the echogenicity of eggs, which is shown on sonograms. This message is preliminary. Currently, we continue to develop algorithms to reduce the negative impact of unfavorable conditions on oocyte development during trophoplasmic growth.

Keywords: sturgeon, gametogenesis, trophoplasmic growth, oocyte, oocyte polarization index.

Использование систем замкнутого/оборотного водоснабжения с постоянной нагульной температурой для содержания продуктивных икорных стад осетровых

актуализировало проблему сохранения репродуктивных показателей созревающих самок до их перевода на искусственную зимовку. Большинство существующих осетроводных комплексов не оборудованы отдельными специализированными участками, способными обеспечить оптимальный температурный режим прохождения этапа трофоплазматического роста (III стадии зрелости), что приводит к различным нарушениям гонадогенеза и в результате – возможному снижению продуктивных показателей при прижизненном получении икры.

Наиболее часто негативные последствия непрерывного нагула проявляются асинхронностью созревания рыб. Это относится как к асинхронному, растянутому на несколько месяцев, достижению IV стадии зрелости самками внутри однородной группы, так и к индивидуальной асинхронности развития ооцитов в гонадах одной особи, особенно на этапе завершения трофоплазматического роста (переход от III к IV ст. зрелости), что находит отражение в существенной вариабельности индекса поляризации ооцитов, обычно не превышающей 0,1 единицы. Такая асинхронность в большинстве случаев поддается частичной корректировке на этапе нагула способами, в том числе не предусматривающими изменения температуры содержания рыб, и окончательно нивелируется в период зимовки, не оказывая существенного влияния на итоговые продуктивные показатели. И это не является неразрешимой проблемой для большинства УЗВ.

В нашей практике мы впервые встретились с ситуацией, когда в гонаде одной особи часть ооцитов нормально развивается, а другая часть утрачивает часть функций, сохраняя при этом способность к накоплению трофических веществ.

Случаи деградации ооцитов в период трофоплазматического роста уже отмечались ранее у рыб в естественных водоемах [4], но нам не удалось найти подробного описания таких ооцитов и возможных причин их появления в гонадах «диких» рыб.

Целью проведенных исследований являлось совершенствование методов мониторинга репродуктивной системы самок осетровых, содержащихся в условиях постоянного нагула, в части раннего выявления нарушений гонадогенеза, которые могут привести к снижению продуктивных показателей рыб.

Материалы и методы

Материалом для работы послужили данные, полученные в ходе экспериментов по оптимизации использования/эксплуатации продуктивного икорного стада гибрида амурского осетра и калуги (*Acipenser schrenckii* x *Huso dauricus*), содержащихся в УЗВ в одной из стран Юго-Восточной Азии.

Биологический возраст самок составлял 7 лет, средняя масса 14-20 кг; часть самок созревала впервые, другая часть - уже нерестилась 1 или 2 раза. Оценку состояния гонад и ооцитов проводили методами ультразвуковой диагностики и определения индекса (коэффициента) поляризации ооцитов (КП). Скрининг репродуктивной системы самок проводили трижды, с интервалом 2 месяца.

Результаты исследования и обсуждение

В первой половине 2023 нам поступил запрос на помощь в установлении причин снижения продуктивных показателей самок гибрида амурского осетра и калуги, содержащихся в УЗВ при постоянной нагульной температуре 21-23 °С с целью получения овулированной икры для пищевого производства.

Проводя дистанционный ретроспективный анализ состояния репродуктивной системы, мы обратили внимание на существенную разнородность эхограмм гонад IV стадии зрелости, и затем, проанализировав КП ооцитов, выявили значительную группу особей, у которых показатели асинхронности развития ооцитов периода трофоплазматического роста существенно превышали типичные для УЗВ. У этой группы был отмечен существенно больший разброс значений индекса поляризации ооцитов при одинаковом размере икринок, соответствующему дефинитивному. При этом, у всех

имеющих эту проблему самок такой значительный разброс значений КП остался неизменным и после зимовки (Табл. 1).

Таблица 1. Примеры значений индекса поляризации ооцитов в различных группах самок

Группа самок	Ранжированные значения индекса поляризации ооцитов, ед.					
	После нагула			После зимовки		
	средние мин.	средние макс.	экстремум макс	средние мин.	средние макс.	экстремум макс
1. Норма	0,161	0,181	0,189	0,123	0,153	-
	0,158	0,173	0,199	0,10	0,124	-
	0,185	0,200	0,209	0,109	0,113	-
2. Обратимая асинхронность	0,17	0,192	0,224	0,117	0,131	-
	0,173	0,187	0,212	0,112	0,137	-
	0,14	0,191	0,247	0,13	0,152	-
	0,173	0,198	0,238	0,148	0,168	-
3. Необратимые нарушения (деградация ооцитов)	0,127	0,164	0,347	0,111	0,138	0,354/0,382
	0,18	0,18	0,323	0,125	-	0,374/0,389
	0,159	0,200	0,391	0,151	-	0,306/0,320
	0,166	0,231	0,375	0,140	-	0,380/0,405
	0,169	0,216	0,363	0,102	0,158	0,319/0,326
4. Незрелые самки	0,199	0,223	0,227	0,18	0,198	0,203
	0,188	0,229	0,254	0,208	0,225	0,242

Нами было выделено три группы зрелых самок, готовых к переводу на зимовку.

1. Рыбы, гонадогенез, у которых соответствует норме. Значения индекса поляризации ооцитов у таких рыб находятся в диапазоне от 0,155 до 0,210. Величина разброса между средними ранжированными минимальным и максимальным значениями не превышает 0,034 единицы перед переводом на зимовку и 0,02 после ее окончания.

2. Имеющие обратимые нарушения гонадогенеза, выражающиеся в существенной асинхронности прохождения ооцитами этапа трофоплазматического роста. Верхняя граница диапазона значений КП у таких рыб достигает значений до 0,247. Вариабельность значений КП близка к 0,068 и 0,02 единицы до и после зимовки соответственно.

3. Имеющие необратимые нарушения гонадогенеза, характеризующиеся началом процесса деградации ооцитов ещё на этапе трофоплазматического роста (III стадии зрелости). Верхняя граница индивидуального диапазона значений КП у таких рыб достигает значений более 0,32 при минимуме 0,16. За период зимовки индекс поляризации таких ооцитов остается неизменным или увеличивается, вероятно вследствие увеличения размера ооцитов, происходящего за счет гидратации желточных гранул. Вариабельность значений КП высокая и составляет от 0,19 до 0,23 ед. как до зимовки, так и после неё.

Внешний вид ооцитов, имеющих нарушения развития (значения КП более 0,31), не отличается от нормально развивающихся. Их форма и пигментация соответствуют типичным для вида (гибрида), анимальный полюс хорошо выражен. Возможно их размер несколько меньше, но статистически достоверного подтверждения различий мы не получили. Макроскопические отличия во внутреннем строении проявляются после

термической фиксации. На срезах таких ооцитов отчетливо заметно, что область мелкозернистого желтка, прилегающая к анимальному полюсу, существенно меньше таковой у нормально развивающихся яиц (рис. 1).

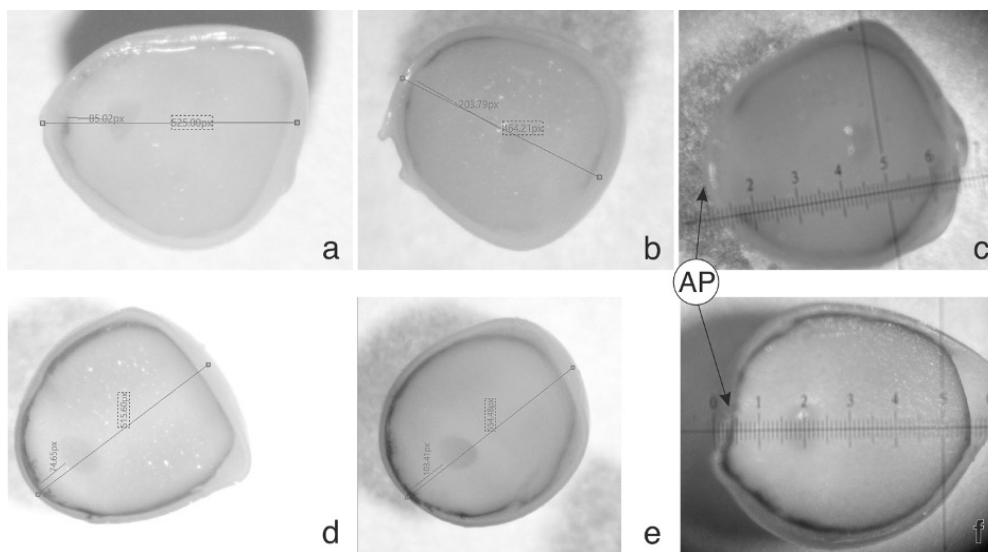


Рис.1. Срезы ооцитов* с нормальным (а) и нарушенным (б) развитием, извлеченных из гонады одной самки; внешний вид (с) аномально развивающегося ооцита при увеличении 2х16; Срезы (d, e) и внешний вид (f) нормально развивающихся ооцитов из гонады другой самки той же группы, содержащейся в таких же условиях (AP – анимальный полюс).

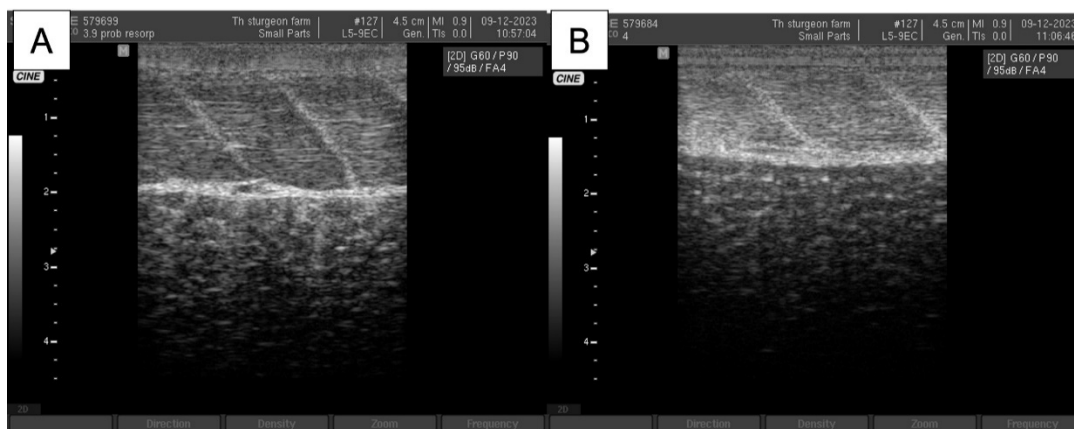


Рис.2. Эхограммы самок, ооциты которой представлены на рис. 1 (с нарушением развития (а-с) и нормальным развитием (d-f)), соответственно.

Возможность провести детальные цитологические исследования с использованием гистологических препаратов у нас отсутствовала, однако обычные микроскопические исследования не выявили признаков аномального развития ооцитов, описанных ранее для сибирского осетра [6], таких, как: вакуолизация ядер, неправильная форма ядра, полости среди желтка вегетативного полюса и пр., а также признаков отслоения и локального разрушения фолликулярных оболочек или образования вакуолей в студенистой оболочке, которые бы могли свидетельствовать о возможных гормональных нарушениях.

Как отмечено выше, мы обратили внимание на разнородность генеративной ткани в отображаемой на экране УЗИ-сканера части гонады (рис. 2).

Как показано на рисунке, ооциты на эхограмме самки, имеющей нарушения гонадогенеза (2А), визуально отображаются разреженно, между ними хорошо различимы участки стромы гонады, ряды ооцитов выражены слабо, линии дистального усиления под рядами также выражены слабо, местами отсутствуют. По нашему мнению, это вероятно

связано с нарушением биохимической структуры желточных гранул в ооцитах, подвергшихся дегенеративным изменениям, с соответствующим изменением эхогенности таких икринок.

Следует отметить, что несмотря на возможное некоторое сходство, с эхограммами резорбирующих самок, отображение на эхограммах гонад рыб с нарушением гонадогенеза (рис. 3) отличается от них по ряду критериев (размер и форма отдельных ооцитов, однородность линий дистального усиления под рядами ооцитов) [3].

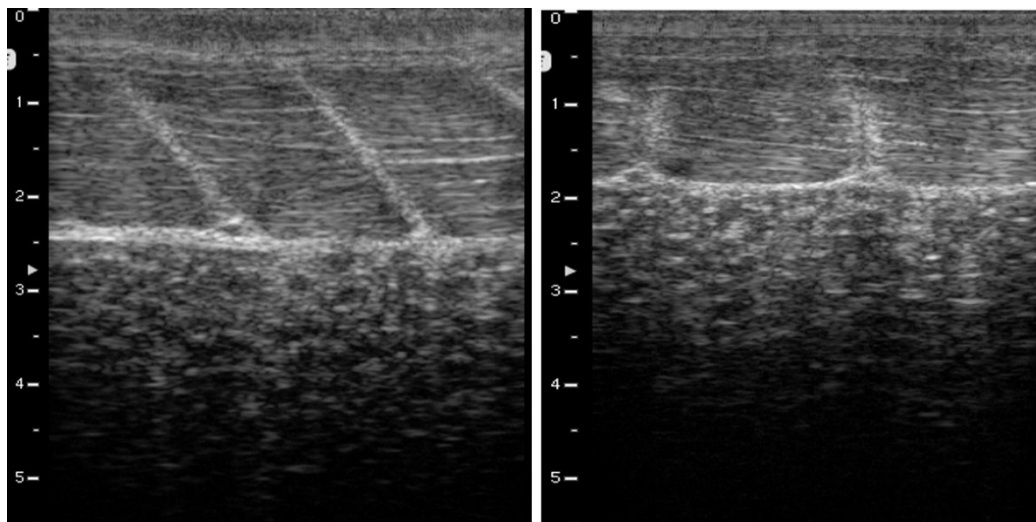


Рис 3. Сравнение эхограмм самок с нарушением развития ооцитов (слева) и резорбирующих самок (справа)

Позднее в ходе исследования состояния репродуктивной всего маточного стада мы выявили сходные признаки на эхограммах гонад части самок близких к завершению III стадии зрелости (рис. 4).

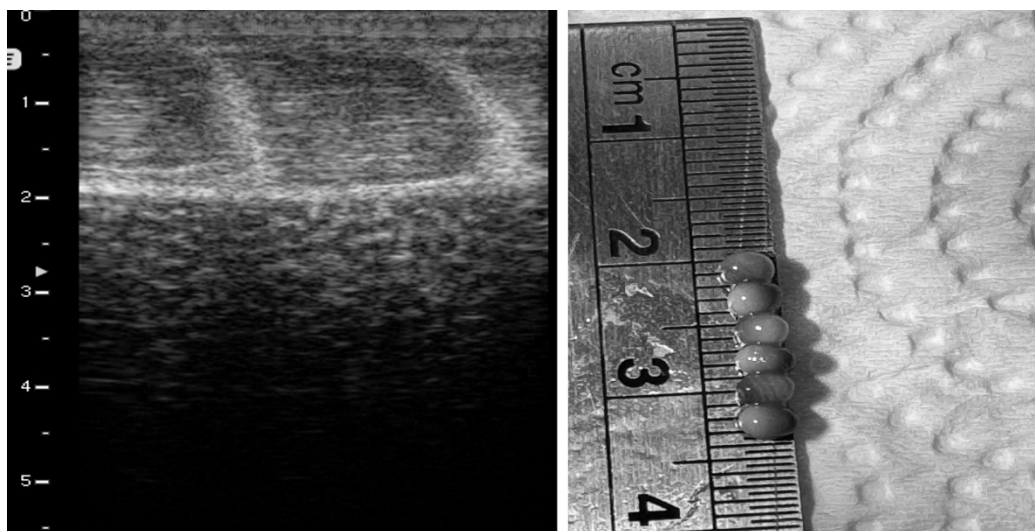


Рис 4. Визуальное отсутствие ооцитов трофоплазматического роста на отдельных участках (светлые области) на эхограмме яичника III стадии зрелости и внешний вид ооцитов в биопсийном образце.

При отборе биопсийной пробы у таких рыб в шупе отсутствовали поврежденные (резорбирующие) яйца или яйца младшей генерации, что свидетельствует об отсутствии процессов резорбции или существенной асинхронности гонадогенеза. По внешнему виду, включая размер и пигментацию, икринки соответствовали стадии, которая определялась эхограммой (III стадия зрелости).

На основании этого нами была выдвинута гипотеза о том, что выявленные дегенеративные изменения ооцитов возникают в период прохождения трофоплазматического роста (3 стадия зрелости).

Мы целенаправленно привели в таблице 1 данные по нескольким незрелым самкам, ошибочно помещенным на зимовку (п. 4), для того чтобы обозначить «точку отсчета» индекса поляризации у рассматриваемого гибрида при переходе от III к IV стадии зрелости.

Большинство исследователей, и это подтверждается нашей многолетней практикой, придерживаются мнения, что в норме, при переходе от 3 к 4 стадии позиция ЗП соответствует значениям КП в интервале $0.24-0.26 \pm 0.02$

Как показано в п. 4 таблицы 1, максимальные значения КП составляющие 0,23-0,25 ед. за период зимовки практически не изменились, соответственно в ооцитах этой группы трофоплазматический рост не был завершен, и они не перешли к этапу созревания. Вместе с тем снижение минимальных значений свидетельствует, что выбранный интервал КП действительно соответствует точке перехода от трофоплазматического роста к созреванию ооцитов (от 3 к 4 стадии зрелости).

Это также косвенно подтверждает рабочую гипотезу, о возникновении отклонений от нормального развития ооцитов на более ранних этапах. Экстраполируя данные о местоположении зародышевого пузырька в ооцитах осетровых на ранних этапах трофоплазматического роста и имеющихся значениях расстояния ядра от вегетативного полюса, мы определили, что в предполагаемый период начала нарушения развития физический диаметр ооцитов составлял 0,9-1,2 мм.

Известно, что в процессе прохождения этапа трофоплазматического роста ооциты выделяют две фазы: вакуолизации (у осетровых образования кортикальных гранул на периферии ооцита) и непосредственного накопления питательных веществ [1,2]. Также известно, что на этих этапах ооцит находится в разном физиологическом состоянии и, соответственно, характеризуется различной устойчивостью к воздействию неблагоприятных (повреждающих) внешних факторов [5]. Ооциты второй фазы менее устойчивы к такому воздействию, что также отражается на эхограммах.

Следует отметить, что процесс деградации охватывает не все ооциты в гонаде. Точное значение доли необратимо поврежденных ооцитов в гонаде одной самки прижизненными методами установить невозможно, но в среднем, по результатам нерестовых кампаний, продуктивность таких самок, по сравнению с самками с нормальным гонадогенезом, была ниже на 40-60 %.

Основываясь на личном опыте, мы предположили наличие нескольких факторов, которые, по нашему мнению, могут оказывать негативное влияние как на общее физиологическое состояние рыб, так и на репродуктивные процессы в частности. После проведения необходимых исследований эти предположения подтвердились, и были приняты комплексные меры по устранению или минимизации влияния неблагоприятных факторов на созревающих самок.

В период воздействия неблагоприятных факторов соотношение самок с нормальным гонадогенезом, обратимой и необратимой асинхронностью составило 56:20:24 соответственно. Через два месяца после частичного устранения этих факторов ситуация улучшилась, но последствия оказались долгосрочными, и даже через 7 месяцев после устранения воздействия мы отмечали единичные случаи подобных нарушений гонадогенеза.

Выводы

Репродуктивная система самок на этапе завершения полового цикла (конец III стадии зрелости и переход к IV стадии) в условиях, не соответствующих экологическим предпочтениям вида, характеризуется повышенной чувствительностью к воздействию дополнительных неблагоприятных факторов. В результате такого воздействия в гонадах повышается риск необратимых процессов дегенерации ооцитов этапа

трофоплазматического роста, что проявляется в потере частью ооцитов способности к овуляции.

Ооциты, достигшие дефинитивного размера и имеющие значение КП более $0,31 \pm 0,02$, имеют высокую вероятность утраты способности к овуляции.

Значения индекса поляризации, превышающие 0,30-0,32 ед., а также вариабельность индекса поляризации (разница между минимальным и максимальным значениями), близкая или превышающая значение 0,19 ед., свидетельствуют о процессах деградации ооцитов, происходящих в период трофоплазматического роста.

Процесс деградации ооцитов сопровождается изменением экзогенности яйцеклеток, что соответствующим образом отображается на эхограммах.

Регулярное ультразвуковой скрининг репродуктивной системы самок позволяет своевременно выявить начало процесса деградации ооцитов периода трофоплазматического роста (III стадия зрелости).

Список литературы

1. Казанский, Б.Н. Закономерности гаметогенеза и экологическая пластичность размножения рыб/ Б.Н. Казанский // В кн: Экологическая пластичность половых циклов и размножения рыб. –Л.: ЛГУ, 1975. –С 3-32.
2. Майен, В.А. К вопросу о годовом цикле изменений яичников костистых рыб / В.А. Майен. – Изв. АН СССР, 1939. – Серю биол. № 3 – С. 17-27.
3. Меркулов, Я.Г. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике осетровых / Я. Г. Меркулов, И.А. Марков – Applied sturgeon agency, Russia, 2019
4. Рубан, Г.И. Аномалии гаметогенеза сибирского осетра (*Acipenser baerii* Brandt) реки Енисей /Г.И. Рубан, Н.В. Акимова, Ю.В. Михалев. // Технический отчет. Аквакультура осетровых: Достижения и перспективы развития: Материалы 4-й Международной научно-практической конференции, 13-15 марта 2006 года Астрахань. – М.: Изд-во ВНИРО. – С. 211-213
5. Фалеева, Т.И. Сравнительный и экспериментальный анализ атрезии овариальных фолликулов при нарушениях размножения у рыб/ Т.И. Фалеева. – СПб.: СПб ун-т, 2008. – 126 с.
6. Ruban, G.I. Atlas of Abnormalities in gametogenesis and early life stages of sturgeons/ G.I. Ruban, N.V. Akimova, V.B. Goriounova, E.V. Mikodina, M.P. Nikolskaya, A.V. Novosadova, H.K. Rosenthal, S.A. Sokolova, V.G. Shagayeva, M.I. Shatinovsky. – Books on Demand, Norderstedt, Germany, 2015. – 93 с.

УДК 639.3; 579.64

РЕЗУЛЬТАТЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ШТАММОВ КИШЕЧНОЙ МИКРОФЛОРЫ БОЛЬНЫХ И УСЛОВНО-ЗДОРОВЫХ ОСОБЕЙ МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ

*И.В. Морузи¹, А.И. Михайлов¹, Г.В. Калмыкова², С.В. Севастеев¹, Е.В. Пищенко¹,
Е.А. Елисеева¹, Н.Н. Разоков¹, Р.А. Олифер³, О.А. Рысев³*

¹Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия, e-mail: irina.moruzi@yandex.ru

²ООО «Микопро», Новосибирск, Россия

³ООО «Аквамарус», Новосибирск, Россия, e-mail: Aquamarus.pro@gmail.com

Аннотация. Производство новых отечественных комбикормов связано с разработкой новых уникальных биопрепаратов, позволяющих улучшить их переваримость, обеспечить высокий кормовой коэффициент. Разработка биологически активных препаратов должна

учитывать вид рыб, т.к. структура желудочно-кишечного тракта различна у рыб разных семейств. На ряду с общими для всех видов рыб микроорганизмами в кишечниках встречаются и водоспецифичные формы. Нами была изучена микрофлора ЖКТ здоровых и больных тимпанией особей молоди стерляди при выращивании в УЗВ. Выделены возможные пробиотические штаммы среди них *Enterococcus multdii*. Было проведено биотестирование чистой биокультуры и проведена ее эффективность ее воздействия на прирост биомассы молоди стерляди в условиях УЗВ.

Ключевые слова: пробиотические препараты, штаммы, стерлядь, гематологические показатели крови.

THE RESULTS OF BIOTESTING OF ISOLATED STRAINS OF INTESTINAL MICROFLORA OF SICK AND CONDITIONALLY HEALTHY INDIVIDUALS OF JUVENILE STERLET

I.V. Moruzi, A.I. Mikhailov, G.V. Kalmykova, S.V. Sevasteev, E.V. Pishchenko, E.A. Eliseeva, N.N. Razokov, R.A. Olifer, O.A. Rysev

Summary. The production of new domestic compound feeds is associated with the development of new unique biological products that improve their digestibility and ensure a high feed ratio. The development of biologically active drugs should take into account the type of fish, because the structure of the gastrointestinal tract is different in fish of different families. Along with the microorganisms common to all fish species, water-specific forms are also found in the intestines. We studied the microflora of the gastrointestinal tract of healthy and tympanic individuals of juvenile sterlet when grown in the USV.

Keywords: probiotic drugs, strains, sterlet, hematological parameters of blood.

В настоящее время перед аквакультурой России стоит задача производства высокоэффективных стартовых и продукционных кормов для широкого применения в производстве рыбы в различных рыбоводных системах. Развитие кормопроизводства невозможно без разработки новых видоспецифичных микробиальных препаратов, обеспечивающих не только здоровье рыб, но и лучшую переваримость корма [4]. Известно, что зарубежные производители в состав корма вводят целый ряд биологически активных веществ, что обеспечивает высокую усвояемость комбикормов и прирост массы рыб.

Анализ литературных источников говорит о том, что в целом физиология крови водных животных на фоне других видов, разводимых человеком, изучена недостаточно глубоко. Что касается иммунитета, то этот раздел физиологии культивируемых видов рыб долгое время подробно не изучался [9, 6].

Нет общепринятых формул норм крови для основных видов разводимых рыб, многие авторы приводят в своих работах состав крови ее гематологические характеристики, но чаще всего их связывают с условиями выращивания, или с особенностями изменения функционального состояния крови осетровых рыб при половом созревании в установках замкнутого водоснабжения [9, 6, 5, 3, 8, 1]

Целью работы: на основе изучения кишечной микрофлоры желудочно-кишечного тракта молоди стерляди методами посева на средах выявить возможные пробиотические культуры и провести апробацию их воздействия на прирост массы и гематологические показатели молоди стерляди, выращиваемой в условиях УЗВ.

Материал и методы исследования

Для исследования и разработки новых уникальных пробиотических препаратов были выделены бактерии из 40 проб здоровой и больной молоди стерляди. На искусственных питательных средах были получены чистые культуры патогенных и потенциальных пробиотических штаммов из желудочно-кишечного тракта осетров.

Затем была проведена идентификация выделенных бактерий с использованием культурально-морфологических и молекулярных методов для точного определения их родовой и видовой принадлежности. Выделенные культуры прошли оценку на пробиотические характеристики путем тестирования их антимикробной активности против патогенных микроорганизмов, а также по ферментативной активности (протеолитическая, амилазная, липазная).

Из изученного пула были выбраны бактерии, обладающие потенциалом для создания пробиотиков для осетровых рыб, и разработаны модельные образцы потенциальных пробиотических штаммов для последующего тестирования в аквакультуре.

Для биотестирования на осетровых рыбах были подготовлены модельные образцы штамма, выделенного из здоровых особей стерляди *Enterococcus multdii* и тест-культура *Lactobacillus plantarum*. Штаммы культивировались на MRS агаре в течение 48 часов при температуре 37 °С. После этого были приготовлены суспензии с титром $1,5 \times 10^9$ кое/мл для *Enterococcus multdii* и $1,2 \times 10^9$ кое/мл. Полученные суспензии были переданы для проведения биотестирования при выращивании молоди стерляди в условиях УЗВ.

Биотестирование штамма *Lactobacillus plantarum* на молоди стерляди проводилось с использованием трех групп стерляди, сформированных по принципу аналогов по массе, каждая из которых состояла из 30 особей. Контрольная группа получала основной рацион, состоящий из корма «Аквамарус» 50/15 (ОР), опыт 1 — использовался корм (ОР) с добавлением *Enterococcus multdii*, опыт 2 — корм (ОР) с добавлением *Lactobacillus plantarum*. Проведенный математический анализ подтвердил, что характер распределения особей по массе в группах нормальный (анализ, проведенный с помощью критерия Шавпиро-Уилка показал, что значение p-value не ниже 0,05).

Рыб кормили комбикормом ООО «Аквамарус» величина крупки 1,5 мм. Данный корм обладает достаточной питательной ценностью для обеспечения нормального роста молоди стерляди. Валовая энергия корма составила 20,07 Мдж/кг. Состав комбикорма: рыбная мука, глютен пшеничный, пшеница кормовая, мука мясокостная, жир рыбий, изолят соевого белка, масло подсолнечное, гаммарус, аминокислоты, Дельта фидс премикс, говяжий гемоглобин в порошке, сухая плазма крови, соль, монокальцийфосфат, дефторированный фосфат, сода, комплекс ферментов, витамин С.

Комбикорм, используемый в данном исследовании, является полноценным и хорошо сбалансированным, с содержанием около 10% муки гаммаруса в его составе. Предварительные испытания показали, что кормовой коэффициент составляет 1,1 кг корма на кг прироста массы при выращивании молоди стерляди в условиях УЗВ. Данный комбикорм был применен для кормления молоди стерляди в процессе биотестирования.

Кровь брали из хвостового гемального канала шприцем в вакуумные пробирки с гепарином. Изучение гематологических показателей крови проводили по общепринятым методикам определяли: концентрацию гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов, лейкоцитарную формулу [Серпунин].

Идентификацию форменных элементов крови проводили по классификации Т.Н. Ивановой, *цит. по Пронина Г. И.* [Пронина]. Обработка исходных данных проводилась с использованием языка статистического программирования среды анализа данных RStudio (1.2.5033).

Результаты и их обсуждение

Изучение влияния штаммов микроорганизмов, выделенных из организма здоровых и больных рыб, являющихся возможными претендентами на роль пробиотических культур, было проведено в 3-х опытных группах.

Начальная масса молоди в группах лежала в пределах 16,29 – 16,33 г. В контрольной группе молодь стерляди получала корм без добавления изучаемых микроорганизмов. Нормы кормления рассчитывали еженедельно по привесу исходя из рекомендаций производителя. Рыбам опытных групп в комбикорм вводили 10% суспензии от массы

корма возможных пробиотических штаммов. Группе опыт 1 вводили *Enterococcus multdii* с титром $1,5 \times 10^9$ кое/мл, группе опыт 2 – *Lactobacillus plantarum* 2336, для штамма 162 St. с титром $1,2 \times 10^9$ кое/мл.

Прирост массы в группах был неравномерным, при этом рыбы в контрольной группе на протяжении всего эксперимента имели более высокую среднюю массу тела. Средняя масса рыб начиная с 40 суток выращивания в группах, получавших *Enterococcus multdii* с титром $1,5 \times 10^9$ кое/мл была ниже, чем в группе, получавшей с кормом *Lactobacillus plantarum* 2336 для штамма 162 St. с титром $1,2 \times 10^9$ кое/мл (таблица 1, рис.).

Таблица 1. Среднесуточный прирост массы (г) в группах за период наблюдений

Дата	Масса, г		
	*Контроль (ОР)	Опыт 1 (ОР+Е)	Опыт 2 (ОР+L)
Начальная масса, г	16,33±0,51	16,29±0,50	16,47±0,63
Масса молоди, г:			
10 суток	27,30±0,66	24,59±1,01	25,28±0,67
20 суток	43,23±1,53	38,30±1,82	39,21±1,08
30 суток	60,76±2,04	53,19±2,25	55,37±1,50
40 суток	78,57±3,30	71,64±3,19	73,56±2,60
50 суток	98,08±3,17	91,12±3,77	95,11±2,80
60 суток	115,12±3,78	109,79±4,47	110,91±3,58

*Примечание: ОР-основной рацион, ОР+Е - основной рацион+ *Enterococcus multdii*, ОР+ *Lactobacillus plantarum*.

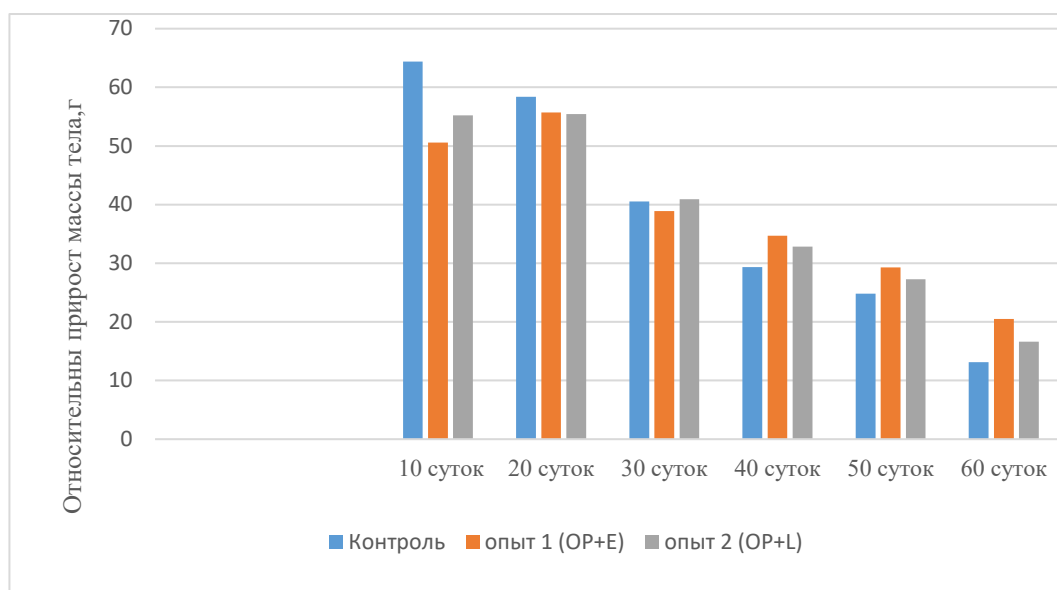


Рис. Относительный прирост массы в %

Изучение относительного прироста массы за период наблюдений показало, что введение штаммов микроорганизмов приводит к некоторому повышению относительной скорости роста рыб в опытных группах (рисунок). Отмечается характерное снижение скорости прироста массы по мере увеличения возраста наблюдаемое у молоди рыб. При этом снижается прирост рыб в контрольной группе, и увеличивается в опытных (опыт 1 на 6,35% и в опыт 2 – 3,45%).

Выживаемость составила группе, получавшей *Enterococcus multdii* - 96,7%, группе контроля - 95,7%, а в группе с *Lactobacillus plantarum* 2336 - 100% (таблица 2).

Таблица 2. Выживаемость в группах наблюдения

Показатели	Контроль (ОР)	Опыт 1 (ОР+Е)	Опыт 2 (ОР+L)
Общее количество, шт.	30	30	30
Выживаемость: экз.	29	30	29
%	95,7	96,7	100

Изучение особенностей структуры красной и белой крови у молоди стерляди показало, что при выращивании групп, получавших возможные пробиотические штаммы микроорганизмов, количество гемоглобина в крови рыб в опытной группе 1(ОР+Е) было на 6,75 % выше, чем в контроле, но ниже, чем в группе, получавшей с кормом *Lactobacillus plantarum* (ОР+L) 2336 на 6,53% (таблица 3). Количество эритроцитов, 10^6 /мкл было выше в контрольной группе, при этом в опыте (ОР+L) отмечено наиболее низкое содержание эритроцитов.

Таблица 3. Гематологические показатели молоди стерляди

Показатели	Среднее за период наблюдений						Данные других авторов
	контроль		опыт 1 (OP+E)		опыт 2 (OP+L)		
	<i>M</i>	$\pm m$	<i>M</i>	$\pm m$	<i>M</i>	$\pm m$	
Гемоглобин, г/%	5,52	$\pm 1,12$	37,66	$\pm 0,38$	40,12	$\pm 1,24$	11[4;5]
Эритроциты, 10 ⁶ /мкл	0,181	$\pm 0,0,1$	0,15	$\pm 0,01$	0,10	$\pm 0,01$	0,12[6]; 1,23[1]
Лейкоциты, 10 ³ /мкл	19,6	$\pm 0,49$	17,08	$\pm 0,34$	18,32	$\pm 0,58$	21,8 [4];
Лейкоцитарная формула, %:							
Лимфоциты:	68,94	$\pm 1,49$	67,66	$\pm 0,75$	72,32	$\pm 0,32$	32,8-71,3[8]
Миелобласты	4,48	$\pm 0,54$	4,54	$\pm 0,08$	4,58	$\pm 0,23$	
Моноциты	4,48	$\pm 0,95$	3,38	$\pm 0,18$	3,34	$\pm 0,16$	5,2-12,0[8]
Эозинофилы	6,72	$\pm 1,9$	9,24	$\pm 0,76$	6,36	$\pm 0,11$	3.1-12,8[8]
Палочкоядерные нейтрофилы	7,46	$\pm 0,4$	6,20	$\pm 0,14$	8,14	$\pm 0,17$	8,5-12,8[8]
Сегментоядерные нейтрофилы	3,00	$\pm 0,21$	3,48	$\pm 0,25$	1,08	$\pm 0,16$	1,8-2,5[8; 7;4]
Миелоциты	1,08	$\pm 0,16$	0,98	$\pm 0,18$	1,14	$\pm 0,13$	1,35[8]
Промиелоциты	1,94	$\pm 0,18$	1,8	$\pm 0,15$	0,8	$\pm 0,15$	
Метамиелоциты	1,28	$\pm 0,25$	1,46	$\pm 0,21$	1,22	$\pm 0,15$	
Всего: нейтрофильных форм	17,18		18,92		15,52		
Миелоцитов	4,3		4,2		3,12		

Количество лейкоцитов равно $19,6 \pm 0,49 \times 10^3$ /мкл наибольшее у рыб в контрольной группе, а у особей группы опыт 1 (ОР+Е), получавшей *Enterococcus multidi* их количество было наименьшим и составляло $17,08 \pm 0,34 \times 10^3$ /мкл. При изучении структуры лейкоцитарной формулы рыб из опыта 1 выявлено, что в данной группе больше лейкоцитов нейтрофильной природы (эозинофилов, палочкоядерные нейтрофилы, сегментоядерные нейтрофилы), чем в контроле и опыте 2, что по мнению ряда авторов является иммунным ответом на некоторые группы микроорганизмов или воспаление [Серпунин, Рамазанова]. Этот показатель так же изменяется у рыб в сторону увеличения при переходе из пресной

воды в соленую [5]. Исходя из нашего результата можно говорить, что иммунный ответ на введение в корм *Enterococcus multidi* больше, чем на *Lactobacillus plantarum*.

Заключение

Таким образом, биотестирование показало, что *Enterococcus multidi* вызывали у молоди стерляди повышение прироста массы в сравнении с контролем на 7,35%, а в сравнении с особями, получавшими *Lactobacillus plantarum* на 3,89%. При оценке гематологического профиля показано, что применение *Enterococcus multidi* вызывает у молоди осетра более сильный иммунный ответ. В лейкоцитарной формуле крови наблюдается повышенное количество молодых форм лимфоцитов нейтрофильной группы, что может быть иммунным ответом на некоторые группы микроорганизмов или изменение условий содержания.

Список литературы

1. Аверина, О.В. Влияние пробиотиков на продукцию цитокинов в системах in vitro и in vivo / О. В. Аверина, Е. И. Ермоленко, А. Ю. Ратушный, Е.А. Тарасова, Ю.Ю. Борщев, Г.Ф. Леонтьева, Т.А. Крамская // Медицинская иммунология. – 2015. – Т. 17, № 5. – С. 443-454. – DOI 10.15789/1563-0625-2015-5-443-454.
2. Величко, М. С. Адаптационные возможности молоди стерляди (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) при выращивании в различных рыбоводных системах: специальность 03.00.10: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Величко Марк Сергеевич. – Калининград. – 2009. – 24 с.
3. Матишов, Г.Г. Основы осетроводства в условиях замкнутого водообеспечения для фермерских хозяйств / Г.Г. Матишов, Д.Г. Матишов, Е.Н. Пономарёва, М.Н. Сорокина, А.В. Казарникова, М.В. Коваленко // Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. – 2008. – 112 с.
4. Моружи, И. В. Влияние комплексного бактериального микробиологического препарата на рост и показатели внутренней среды организма у молоди стерляди сибирской *Acipenser ruthenus marsiglii* Brandt / И. В. Моружи, Е. В. Пищенко, Г. В. Калмыкова [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2024. – Т. 18, № 2(217). – С. 130-140. – DOI 10.33920/sel-09-2402-06.
5. Пономарева, Е.Н. Особенности изменения функционального состояния осетровых рыб при созревании в установках замкнутого водоснабжения / Е. Н. Пономарева, Г. Ф. Металлов, В. А. Григорьев, М.Н. Сорокина, П.П. Гераскин, А. Н. Неваленный, Федоровых Ю.В // Биология внутренних вод. – 2021. – Том 14, № 1. – С. 87-93. – DOI 10.1134/S1995082921010107
6. Пронина, Г. И. Физиолого-иммунологическая оценка культивируемых гидробионтов: карпа, сома обыкновенного, речных раков: специальность 03.03.01 "Физиология": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Пронина Галина Иозеповна. – Москва. – 2012. – 36 с.
7. Рамазанова, М. Г. Изменения морфофизиологических показателей крови стерляди (*Acipenser ruthenus*) при их выращивании в искусственных условиях / М. Г. Рамазанова, Н. М. Абдуллаева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2017. – Т. 19, № 2-3. – С. 513-517.
8. Сементина, Е. В. Ихтиогематологические показатели как критерий условий выращивания и обитания рыб: специальность 03.02.06 «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Сементина Евгения Владимировна. – Калининград. – 2011. – 23 с.
9. Серпунин, Г. Г. Гематологические показатели сеголетков стерляди при выращивании в бассейнах и садках на корме «Aller Futura» в Калининградской области / Г. Г. Серпунин, Л. В. Савина, Е. И. Хрусталева, М. С. Величко // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: матер. докл. IV междунар. науч.-практ. конф. - М.: ВНИРО. – 2006. – С. 270-272.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ РЕКИ МЁШИ

Л.В. Новикова, Н.Ю. Степанова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Российская Федерация,
ludmila.novikova@kpfu.ru

Аннотация. Выполнена оценка содержания растворенных форм металлов (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Zn), мышьяка, хлоридов и сульфатов в воде реки Мёши Республики Татарстан. Отмечено, что в осенний период содержание большинства металлов снижается в несколько раз по сравнению с результатами, полученными в ходе весенней экспедиции. В сезон осенней межени наблюдается рост содержания стронция и сульфатов. Такие показатели как содержание хлоридов, кобальта и молибдена не подвержены сезонным колебаниям. Верхнее течение реки отличается от нижнего вне зависимости от сезона повышенным содержанием молибдена и стронция.

Ключевые слова: поверхностные воды, металлы, Мёша, экологический мониторинг, Республика Татарстан.

SEASONAL DYNAMICS OF THE WATER CHEMICAL COMPOSITION OF MESHA RIVER

L.V. Novikova, N.Yu. Stepanova

Summary. This study analyzed the concentrations of dissolved metals (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Zn), arsenic, chlorides and sulfates in the water of the Mesha River in the Republic of Tatarstan. In the autumn period the content of most metals decreases several times compared to the results obtained during the spring expedition are shown. Results showed that during the autumn low-water season an in the content of strontium and sulfates increased. Indicators as the chlorides, content of cobalt and molybdenum are not subjected to seasonal fluctuations. It was found that the upper reaches of the river differ from the lower reaches of the river, regardless of the season, by an highest concentration of molybdenum and strontium.

Keywords: waters, metals, Mesha, environmental monitoring, Republic of Tatarstan.

Реки важнейшие составляющие природных экосистем, испытывающие негативное влияние от антропогенной деятельности как прямо, так и косвенно, в результате трансформации отдельных компонентов природной среды (почвы, растительности). Оценка состояния водных экосистем позволяет своевременно выявлять негативные изменения и реализовывать мероприятия по их купированию.

Река Мёша – правый приток реки Камы, впадает в Камский залив Куйбышевского водохранилища. Площадь водосбора составляет 4,18 тыс. км², густота речной сети 0,35 км/км². По гидрохимическому режиму вода относится к гидрокарбонатно-кальциевому типу с малой минерализацией в межень. Питание преимущественно снеговое (до 70%) [6]. Территория бассейна реки активно используется в сельскохозяйственных и рекреационных целях.

По данным Государственных докладов качество в реке Мёше по показателю УКИЗВ в 2022 году соответствовало классу 3б «очень загрязненная» [4], в 2023 году – 4а «грязная» [3]. В 2023 году наблюдаются среднегодовые превышения ПДК в н.п. Узьяк по иону аммония (1,1 ПДК) и железу (1,1 ПДК). В н.п. Карадули перечень показателей со среднегодовой концентрацией, превышающей 1ПДК больше: железо (2,7 ПДК), никель (1,5 ПДК), марганец (1,3 ПДК), медь (1,1 ПДК).

Цель исследования: оценка состояния воды реки Мёши в сезонном аспекте.

Материалы и методы

Во время экспедиционных работ в мае и сентябре 2024 года по течению реки были отобраны образцы поверхностных вод в 21 точке (рисунок 1) для количественного химического анализа.

В воде определяли pH, минерализацию, содержание нефтепродуктов (ПНД Ф 14.1:2:4.273-2012, [11]), хлориды (ПНД Ф 14.1:2:3.96-97, [9]), сульфаты (ПНД Ф 14.1:2.159-2000, [8]). Для определения металлов пробы воды фильтровали через мембранный фильтр в одноразовые пробирки объемом 50 мл из полимерного материала. Для консервации добавляли концентрированную азотную кислоту. Определение концентраций элементов (Al, As, Co, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Zn) в пробах воды выполнялось по методике ПНД Ф 14.1:2:4.135-98 [10] с использованием оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой ICPE 9000. Качество анализа обеспечивалось тремя параллельными определениями и калибровкой спектрометра.

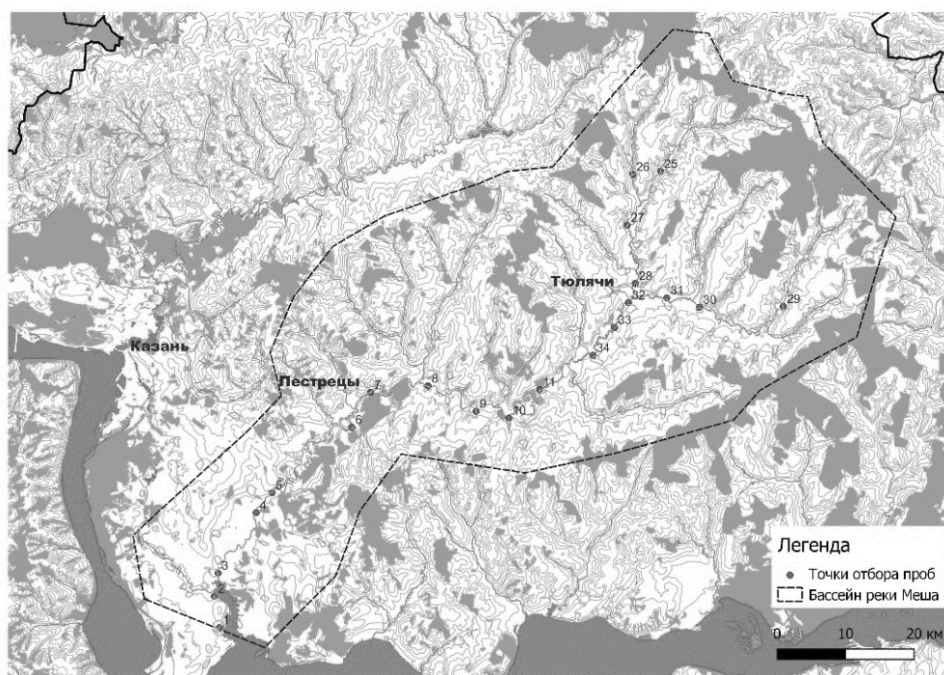


Рис. 1. Места отбора проб

Результаты и их обсуждение

pH изменяется в весенний период от 7,6 до 9,5, а в осенний период от 8,2 до 8,6 единиц. Средняя температура воды в реке Меше составила в весенний период $11,7 \pm 0,6^\circ\text{C}$, в осенний период – $16,0 \pm 0,4^\circ\text{C}$ (таблица 1). Минерализация от весеннего половодья ближе к осенней межени увеличивается примерно в 1,4 раза с $504,9 \pm 40,32$ до $715,48 \pm 19,86$ мкС/см. Данные изменения обусловлены преимущественно сокращением стока в осенний период.

Содержание хлоридов, кобальта и молибдена остается неизменным вне зависимости от сезона, что подтверждается рассчитанным U критерием Манна-Уитни, опровергающем гипотезу о наличии различий между сезонами. Среднее содержание хлоридов за рассматриваемый период составило $14,06 \pm 0,35$ мг/л, что ниже установленных нормативов ПДК. Содержание молибдена примерно в 4 раза выше норматива и составляет $3,87 \pm 0,15$ мкг/л, что возможно обусловлено выходом полей молибдена, свойственных Восточно-Европейской геохимической провинции [15]. Для кобальта свойственно относительно равномерное распределение по сезонам, но изменение в широких пределах по течению реки – от 0 до 28,8 мкг/л при среднем содержании $18,52 \pm 1,42$ мкг/л.

Таблица 1. Результаты анализа поверхностных вод

Показатели	ПДК	Кларковое значение [5]	Сезон	
			Весна	Осень
t°C			$\frac{11,7 \pm 0,6}{7,3 - 15,5}$	$\frac{16,0 \pm 0,4}{14,0 - 21,6}$
pH			$\frac{8,5 \pm 0,1}{7,6 - 9,5}$	$\frac{8,4 \pm 0,03}{8,2 - 8,6}$
Минерализация, мкС/см			$\frac{504,9 \pm 40,3}{316 - 647}$	$\frac{715,5 \pm 19,9}{534 - 861}$
Хлориды, мг/л	300		$\frac{14,6 \pm 0,5}{10,6 - 19,1}$	$\frac{13,6 \pm 0,5}{9,9 - 21,3}$
Сульфаты, мг/л	300		$\frac{85,7 \pm 10,5}{0 - 181,6}$	$\frac{127,7 \pm 13,3}{24,1 - 258,1}$
Нефтепродукты, мг/л	0,05		$\frac{0,54 \pm 0,16}{0,2 - 2,3}$	$\frac{0,23 \pm 0,03}{0,08 - 0,6}$
Al, мкг/л	40	50	$\frac{31,3 \pm 2,0}{16,8 - 46,7}$	$\frac{12,7 \pm 1,5}{0 - 24,6}$
As, мкг/л	50	2	$\frac{19,6 \pm 2,4}{0 - 44,9}$	$\frac{3,2 \pm 0,7}{0 - 10,8}$
Cd, мкг/л	5	0,2	Нпо ¹	Нпо
Co, мкг/л	10	0,3	$\frac{17,6 \pm 1,8}{0 - 27,6}$	$\frac{19,4 \pm 2,2}{0 - 28,8}$
Cr, мкг/л	20	1	$\frac{0,7 \pm 0,1}{0,3 - 2,1}$	$\frac{0,3 \pm 0,04}{0 - 0,5}$
Cu, мкг/л	1	7	$\frac{25,7 \pm 1,9}{11,0 - 43,9}$	$\frac{3,7 \pm 0,5}{0 - 9,7}$
Fe, мкг/л	100		$\frac{121,9 \pm 4,1}{75,9 - 150,0}$	$\frac{44,6 \pm 4,1}{21,2 - 106,0}$
Mn, мкг/л	10	10	$\frac{94,2 \pm 4,5}{39,6 - 128,3}$	$\frac{37,2 \pm 2,9}{19,6 - 75,0}$
Mo, мкг/л	1	1	$\frac{3,7 \pm 0,2}{2,2 - 5,1}$	$\frac{4,0 \pm 0,2}{2,5 - 5,9}$
Ni, мкг/л	10	2	$\frac{29,6 \pm 1,8}{11,9 - 45,8}$	$\frac{3,9 \pm 0,3}{2,6 - 9,7}$
Pb, мкг/л	6	1	Нпо	Нпо
Sr, мкг/л	400	80	$\frac{870,2 \pm 59,2}{379,0 - 1307,0}$	$\frac{1327,1 \pm 106,1}{639,2 - 2187,2}$
Zn, мкг/л	10	20	$\frac{39,4 \pm 2,1}{17,0 - 55,7}$	$\frac{16,0 \pm 4,3}{1,3 - 81,5}$

Примечание: ¹ Ниже порога обнаружения

Со снижением поверхностного стока с водосбора уменьшается и содержание большинства элементов в воде, многие из которых выщелачиваются из карбонатных осадочных пород, являющихся основой геологического строения бассейна Меши, например, цинк и медь. Также в период половодья усиливается транспорт многих органических веществ, с которыми металлы образуют комплексы. Причем степень связывания зависит от сезона. Медь помимо того, что образует прочные комплексы с органическими веществами, входит в состав ряда пестицидов и фунгицидов, что вероятно приводит к высокой концентрации в весенний период $25,7 \pm 1,9$ мг/л – в 7 раз выше по сравнению с осенним отбором $3,7 \pm 0,5$ мг/л. Несмотря на то, что ПДК содержания меди

превышена, мы не можем говорить о токсичности и загрязненности вод, так как ПДК установлен для наиболее токсичных свободных ионов меди, а в воде медь связана в органические комплексы [14]. Характер сезонной изменчивости растворенных форм цинка в реках разнообразен, в осенний период его содержание не превышает кларковых значений и составляет в среднем $16,0 \pm 4,3$ мкг/л, в весенний – $39,4 \pm 2,1$ мкг/л. Миграционная способность никеля зависит от содержания органических веществ, которые в свою очередь зависимы от pH, что при некоторых условиях может приводить к образованию нерастворимых соединений [7]. Среднее содержание в весенний период составляет $29,6 \pm 1,8$ мкг/л, в осенний период в 7,5 раз ниже – $3,9 \pm 0,3$ мкг/л. Наблюдается сходное изменение концентраций цинка, меди и никеля по течению реки, что, вероятнее всего, связано с одинаковым источником поступления – цинк и медь считаются индикаторами сжигания жидкого топлива [2]. Коэффициент корреляции Спирмена ($p < 0,05$) в весенний период для пары Zn – Cu составляет 0,75; для пары Zn – Ni 0,64; в осенний период для пары Zn – Cu 0,87.

Концентрация мышьяка в водах изменяется в широких пределах от 0 до $44,9$ мкг/л и не превышает установленных нормативов 50 мкг/л. Вероятный поставщик мышьяка в поверхностные воды – нерациональное использование мышьяк-содержащих пестицидов и гербицидов в сельском хозяйстве [12]. Мышьяк может адсорбироваться оксидами железа, алюминия и марганца [12].

По сравнению с весенним периодом концентрации алюминий и марганец к осенней межени снижаются в 2,5 раза до $12,7 \pm 1,5$ и $37,2 \pm 2,9$ мкг/л соответственно. Марганец, в отличие от других металлов, менее всего связывается в комплексы и его содержание зачастую обусловлено соотношением поверхностного и подземного стока [13]. Сезонные изменения железа обусловлены вариациями гидрологического режима и к осенней межени наблюдается снижение содержания железа до $44,6 \pm 4,1$ мкг/л, что примерно в 3 раза ниже весенних значений.

Нефтепродукты попадают преимущественно в поверхностные воды в период весеннего половодья, когда сток формируется на всех геоморфологических уровнях [1]. Концентрация нефтепродуктов в весенний период составляет $0,54 \pm 0,16$ мг/л, что выше концентрации в осенний период почти в 2 раза.

По сравнению с весенним периодом осенью наблюдается рост содержания сульфатов и стронция примерно в 1,5 раза с $85,7 \pm 10,5$ до $127,7 \pm 13,3$ мг/л с $870,2 \pm 59,2$ до $1327,1 \pm 106,1$ мкг/л для каждого из показателей соответственно. Увеличение содержания стронция и сульфатов может быть обусловлено применением удобрений и мелиорантов в сельском хозяйстве.

По значениям усредненных концентраций металлы и As образуют следующий ряд убывания:

Весной: Sr > Fe > Mn > Zn > Al > Ni > Cu > As > Co > Se > Mo > Cr > Cd-Pb

Осенью: Sr > Fe > Mn > Co > Zn > Al > Se > Mo > Ni > Cu > As > Cr > Cd-Pb

Достоверное различие по U критерию Манна-Уитни между верхним течением и средним наблюдается весной по такому показателю как молибден ($p=0,02$), содержание которого и в весенний, и в осенний период увеличивается в среднем течении (таблица 2). Также в осенний период отмечается рост концентрации стронция ($p=0,005$) и минерализации ($p=0,003$) в среднем течении по сравнению с верхним. Среднее течение отличается от устья более низкими концентрациями в весенний и осенний период медь ($p=0,008$) и стронций ($p=0,02$ и $p=0,001$ соответственно), в осенний – сульфатов ($p=0,03$), молибден ($p=0,01$) и цинк ($p=0,005$), а также высокой концентрацией кобальта ($p=0,02$). Нижнее течение реки отличается от верхнего повышенным содержанием молибдена ($p=0,006$ и $0,0006$ весной и осенью соответственно) и стронция ($p=0,006$ и $0,0003$ соответственно), в весенний период также меди ($p=0,006$). В осенний период устье реки характеризуется более высокой минерализацией ($p=0,0003$), повышенным содержанием цинка ($p=0,004$) и сульфатов ($p=0,006$), пониженным содержанием кобальта ($p=0,03$).

Таблица 2. Изменение показателей по течению реки

Показатели	Весна			Осень		
	Верховье	Среднее течение	Устье	Верховье	Среднее течение	Устье
t°C	14,4±0,2	10,1±1,3	10,0±0,5	15,4±0,4	15,8±0,3	16,9±0,9
pH	8,6±0,04	8,3±0,1	8,4±0,3	8,4±0,04	8,5±0,04	8,4±0,1
Хлориды, мг/л	14,5±0,9	15,0±0,8	14,3±0,5	12,8±0,5	12,8±0,4	15,2±1,2
Сульфаты, мг/л	64,3±18,4	97,8±18,8	99,8±16,1	85,1±16,0	119,4±15,9	183,5±19,5
Нефтепродукты	0,71±0,3	0,28±0,04	0,36±0,05	0,17±0,02	0,28±0,08	0,24±0,03
Al мкг/л	32,0±3,4	26,9±2,2	34,3±4,1	11,4±2,7	10,8±2,6	15,9±2,6
As мкг/л	24,1±4,3	18,0±5,1	15,9±3,1	4,8±1,3	1,6±1,1	2,7±0,9
Co мкг/л	14,2±3,3	18,0±3,9	21,1±1,9	23,2±1,0	25,7±1,1	9,8±4,7
Cr мкг/л	0,9±0,2	0,6±0,1	0,8±0,1	0,4±0,1	0,3±0,1	0,2±0,1
Cu мкг/л	20,3±2,2	22,7±2,3	34,4±2,6	3,0±0,8	2,5±0,5	5,4±0,9
Fe мкг/л	129,4±5,1	125,8±5,7	110,0±8,4	40,9±5,1	35,0±2,5	57,2±9,5
Mn мкг/л	91,4±4,6	105,1±4,9	88,0±11,4	33,6±3,5	33,2±1,8	44,9±7,3
Mo мкг/л	3,0±0,3	3,8±0,2	4,5±0,2	3,1±0,2	4,0±0,2	5,1±0,3
Ni мкг/л	30,7±4,2	30,4±3,4	27,6±0,9	3,5±0,2	3,6±0,3	4,7±0,9
Se мкг/л	10,7±0,8	10,7±0,6	10,4±0,8	11,9±0,5	12,2±0,7	11,9±0,3
Sr мкг/л	692,6±77,9	826,8±63,6	1110,3±90,3	889,4±62,7	12122±53,1	1925,7±84,5
Zn мкг/л	36,0±4,0	37,6±2,8	45,0±2,9	6,8±1,8	5,4±0,8	35,7±9,3

Заключение

В сезон осенней межени наблюдается снижение значений показателей и содержание большинства элементов. Содержание хлоридов, кобальта и молибдена остается неизменным вне зависимости от сезона. Увеличение содержания стронция и сульфатов может быть обусловлено применением удобрений и мелиорантов в сельском хозяйстве. Сходное изменение концентраций цинка, меди и никеля по течению реки вероятнее всего обусловлено одинаковым источником поступления.

Нижнее течение реки отличается от верхнего повышенным содержанием молибдена и стронция. В осенний период устье реки характеризуется более высокой минерализацией, повышенным содержанием цинка и сульфатов, а также пониженным содержанием кобальта.

Список литературы

1. Воробьев, Д.С. Нефтепродукты в воде и донных отложениях бассейна реки Васюган / Д.С. Воробьев, В.К. Попков // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308, № 4 – С. 48-50
2. Голованова, О.А. Динамика загрязнения ионами тяжелых металлов поверхностных вод рек Сибирского региона / О.А. Голованова, Е.А. Маловская // Вестник Омского университета. – 2016. – № 3. – С. 64–73.
3. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2023 году». – URL: [https://tatarstan.ru/file/File/Tatarstan_Doklad%202024%20правки%207-2%20\(1\).pdf](https://tatarstan.ru/file/File/Tatarstan_Doklad%202024%20правки%207-2%20(1).pdf) (дата обращения: 10.10.2024)
4. Государственный Доклад. «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2022 году» – URL: <https://tatarstan.ru/file/File/Госдоклад%202022.pdf> (дата обращения: 10.10.2024)

5. Добровольский, В. В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние / В.В. Добровольский – М.: Мысль, 1983. – 271с.
6. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ // Под ред. проф. О.П. Ермолаева. – Казань: «Слово», 2007. – 411с.
7. Мур, Д.В. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния / Дж. В. Мур, С. Рамамурти; пер. с англ. Д. В. Гричука [и др.] ; под ред. Ю. Е. Саета. – Москва: Мир, 1987. – 285с.
8. ПНД Ф 14.1:2.159-2000 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах природных и сточных вод турбидиметрическим методом. – Москва: Стандартинформ, 2000. – 14с.
9. ПНД Ф 14.1:2:3.96-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации хлоридов в пробах природных и очищенных сточных вод аргентометрическим методом. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 23с.
10. ПНД Ф 14.1:2:4.135-98 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадков методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (с Изменениями). – Москва: Стандартинформ, 2008. – 27с.
11. ПНД Ф 14.1:2:4.273-2012 Количественный химический анализ вод. Методика (метод) измерений массовой концентрации нефтепродуктов и жиров (при их совместном присутствии) в пробах питьевых, природных и очищенных сточных вод методом ИК-спектроскопии с применением концентратометров серии КН- 10. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 32с.
12. Путилина, В. С. Поведение мышьяка в почвах, горных породах и подземных водах. Трансформация, адсорбция / десорбция, миграция / В. С. Путилина, И. В. Галицкая, Т. И. Юганова; Учреждение Рос. акад. наук Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния РАН, Учреждение Рос. акад. наук Ин-т геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2011. – 249 с.
13. Шестеркина, Н.М. Микроэлементы в воде притоков Нижне-Бурейского водохранилища / Н.М. Шестеркина, В.П. Шестеркин // Водное хозяйство России. – 2016. – №3. – С. 15 – 28
14. Шулькин, В.М. Тяжелые металлы в речных и прибрежно-морских экосистемах: 25.00.36: автореф. дис. ... доктора геогр. наук: // В.М. Шулькин; Тихоокеан. ин-т географии ДВО РАН. – Владивосток, 2007. – 37 с.
15. Янин, Е.П. Региональная природная неоднородность химического состава поверхностных вод суши и необходимость ее учета при оценках их экологического состояния и интенсивности техногенного загрязнения / Е.П. Янин, В.Н. Кузьмич, О.М. Иваницкий // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2016. – № 6. – С. 3–72.

УДК 597.442

СОСТОЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ СИБИРСКОГО ОСЕТРА *ACIPENSER BAERI* BRANDT, 1869 СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ЛЕНА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А.В. Новосадова, О.Ю. Вилкова

Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия, novosadova@vniro.ru

Аннотация. Работы по исследованию сибирского осетра (*Acipenser baerii*) были проведены в 2022 году на среднем течении реки Лена, на участке от г. Якутска до устья реки Вилюй с использованием плавных донных и ставных сетей. В данной работе представлена современная биологическая характеристика особей сибирского осетра: данные размерно-массового состава особей, стадии зрелости гонад. Проведено гистологическое исследование состояния генеративной ткани самцов и самок из естественной среды обитания. Анализ показал наличие незначительного количества патологических изменений в строении репродуктивной системы.

Ключевые слова: сибирский осетр, *Acipenser baerii*, река Лена, репродуктивная система, гистологические исследования гонад, ооциты.

STATE OF THE REPRODUCTIVE SYSTEM SIBERIAN STURGEON *ACIPENSER BAERII* BRANDT, 1869 OF THE MIDDLE LENA RIVER IN MODERN CONDITIONS

A.V. Novosadova, O.Y. Vilkova

Summary. Research work on Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) was carried out in 2022 on the middle reaches of the Lena River, in the area from Yakutsk to the mouth of the Vilyui River, using floating bottom and fixed nets. This paper presents modern biological characteristics of the Siberian sturgeon individuals: data on the size and weight composition & the stage of gonad maturity. A histological study of the generative tissue state of males and females from their natural habitat was carried out; the analysis showed the presence of pathological changes in the structure of the reproductive system.

Keywords: Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*; Lena River, reproductive system, histological studies of gonads, oocytes.

Под воздействием антропогенных факторов произошло грандиозное по своим масштабам сокращение ареала и численности всех видов осетровых рыб [24]. Река Лена – единственный водный объект Российской Федерации, где в настоящее время ведется промысел осетровых. В последние годы объем добычи сибирского осетра составляет около 35 т., однако, отчетность по вылову осетра ставными и плавными сетями представителями КМНС не является обязательной, поэтому фактический вылов рыбы неизвестен [7].

Сибирский осетр реки Лена представляет собой форму осетровых, обитающую в крайне суровых условиях, это наложило отпечаток на всю его биологию. Особенности этой популяции, в сравнении с популяциями р. Обь и р. Енисей, являются небольшие размеры и масса тела, а также ярко выраженная морфологическая изменчивость. Начиная с середины прошлого века начато разностороннее изучение этого вида учеными, накоплен широкий спектр материалов по его питанию, росту, морфологии, популяционной структуре, созреванию, плодовитости, и гаметогенезу [3; 16; 18-21]. Однако в последние десятилетия специализированных исследований состояния популяции сибирского осетра бассейна реки Лена не проводилось.

Мониторинг размерно-массовых показателей сибирского осетра и состояния репродуктивной системы имеет несомненную актуальность, главным образом, с точки зрения оценки состояния популяции и рационального использования запасов.

Цель работы - исследовать размерно-массовый состав особей и гистофизиологическое состояние гонад сибирского осетра реки Лена для оценки репродуктивного статуса и состояния популяции в современный период.

Материал и методы

Объектами исследования послужили особи сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt, 1869. Работы были проведены в период с 5 по 27 июля 2022 года на среднем течении

реки Лена, на участке от г. Якутска до устья реки Вилюй с использованием плавных донных и ставных сетей. Всего за период исследования было отловлено 102 экземпляра сибирского осетра.

Биологический анализ рыб проводили по общепринятой методике [12]. У всех рыб измеряли абсолютную, или зоологическую, длину тела, (АВ) – от вершины рыла до конца верхней лопасти хвостового плавника, промысловую длину тела (АС) – от вершины рыла до конца средних лучей выемки хвостового плавника, также определяли массу тела. Из числа выловленных рыб было отобрано 28 экземпляров для определения половой принадлежности, что составило 26,5% от общей выборки. Визуальное определение пола и стадии зрелости гонад осуществляли по шкале В.З. Трусова [23].

Гистологический анализ проб генеративной ткани проводили по общепринятым методикам [10; 15]. Образцы для исследования отбирали не позднее 15–20 минут после отлова рыб, фиксацию проб производили в 4% формалине. Проводку осуществляли путем обезвоживания тканей через этанол возрастающих концентраций и ксилол с последующей заливкой в парафин. Серийные гистологические срезы толщиной 4 мкм окрашивали гематоксилином по Эрлиху с докрасиванием эозином. Готовые препараты исследовали при различном увеличении с помощью светового микроскопа Levenhuk 740T, оборудованного цифровой камерой Levenhuk M1200.

Математическую обработку данных проводили стандартными вариационно-статистическими методами [11] с использованием программ Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение

Общая зоологическая длина выловленных в период проведения работ особей сибирского осетра (n=102 экз.) варьировала в пределах от 25 до 97 см, а масса тела – от 40 г до 3,8 кг (рис. 1).

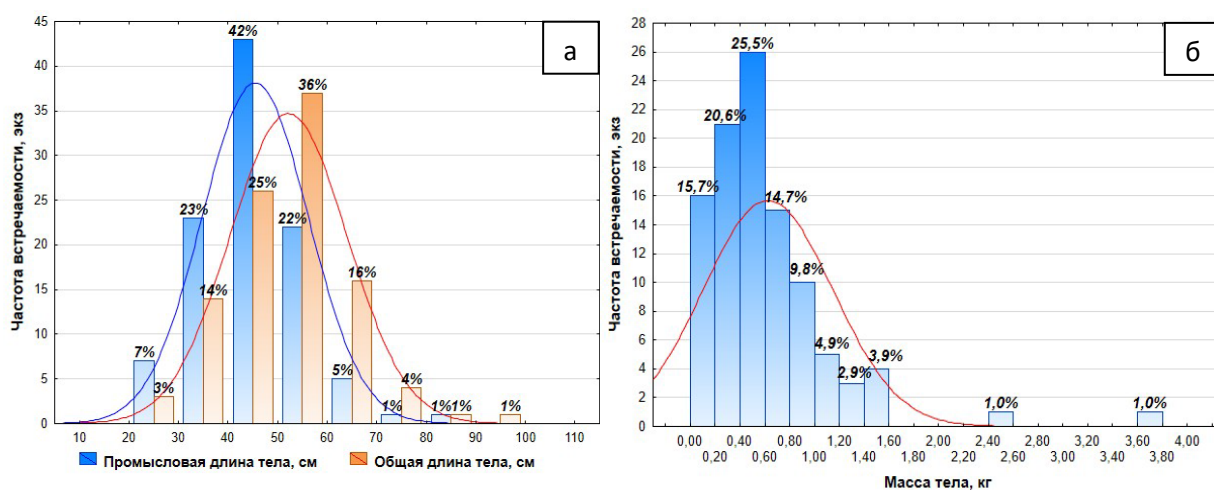


Рис.1 Распределение частот встречаемости особей сибирского осетра: а – по длине тела, б – по массе тела (n = 102 экз.).

Масса тела исследованных рыб сибирского осетра составила в среднем $0,621 \pm 0,0514$ кг, абсолютная длина тела в среднем $51,96 \pm 1,162$ см, промысловая длина — $45,27 \pm 1,057$ см. Распределение встречаемости особей сибирского осетра по длине и по массе представлено на рисунке 1. Из 28 случайным образом отобранных для определения половой принадлежности экземпляров, 14 рыб оказались самцами, и 14 – самками. Таким образом, соотношение самцов и самок по результатам исследования составило 1:1, что согласуется с опубликованными ранее литературными данными для сибирского осетра [4; 21].

Длина самцов в выборке варьировала от 42 до 97 см, составляя в среднем $60,41 \pm 3,491$ см, масса тела варьировала от 0,25 до 3,8 кг и составила в среднем $0,99 \pm 0,231$ кг. Длина тела самок сибирского осетра в выборке варьировала от 41,5 до 71 см, составляя в

среднем $56,55 \pm 2,448$ см, масса тела варьировала от 0,24 до 1,4 кг и составила в среднем $0,80 \pm 0,113$ кг.

Известно, что сроки нерестового хода сибирского осетра определяются в первую очередь температурой воды, на среднем течении реки Лена нерест в разные годы происходит с конца мая – начала июня до середины июня – начала июля [6; 9]. Гистологический анализ показал значительную вариабельность в состоянии гонад обоих полов, так в выборке из 28 экземпляров сибирского осетра, были выявлены отнерестившиеся особи (7 самцов и 4 самки) с гонадами на VI-II стадии зрелости, две самки с гонадами на IV незавершенной стадии зрелости и три самки на III стадии, остальные же особи имели незрелые гонады.

Отнерестившиеся самцы имели абсолютную длину тела от 53 до 71 см и массу от 445 до 1533 г, отнерестившиеся самки – от 47 до 67 см и от 355 до 1415 г соответственно. Согласно литературным данным в нижнем течении р. Лены осетр достигает половой зрелости при абсолютной длине тела 70–75 см и массе тела — 1,5–2 кг [21]. В Алдане (приток р. Лена) осетр созревает при меньших размерах и массе тела: самцы со зрелыми половыми продуктами имели минимальные размеры 59 см, массу 730 г, самки соответственно 58 см и 890 г [9; 22].

Так как нерест проходит с конца мая, а экспедиционные работы проводились в июле, то визуально было уже довольно сложно различить гонады незрелых и половозрелых, но отнерестившихся особей. Заключение о том, что конкретные особи сибирского осетра принимали участие в нересте, были сделаны лишь после гистологического исследования гонад. На гистологических препаратах гонад у отнерестившихся самок, наряду с развивающимися ооцитами протоплазматического роста, обнаружены схлопнувшиеся постовуляторные фолликулы, на некоторых срезах гонад этих самок также встречались отдельные дегенерирующие невыметанные в период нереста ооциты (рис. 2а, б).

Исследование генеративной ткани самцов также показало, что у части рыб (7 экз.) семенники имели изменения, характерные для посленерестового периода. Паренхима семенников этих рыб имела рыхлую структуру, семенные ампулы имели неровные границы и многочисленные просветы, но уже опустошены. В некоторых случаях орган гиперемирован и в ампулах еще заметен процесс резорбции остаточных сперматозоидов (рис. 2в), в других - резорбция остаточных сперматозоидов уже завершилась и начинается генерация половых клеток следующего полового цикла (рис. 2г). Такую гистологическую структуру семенники имеют не сразу после нереста, а по прошествии достаточного времени после него.

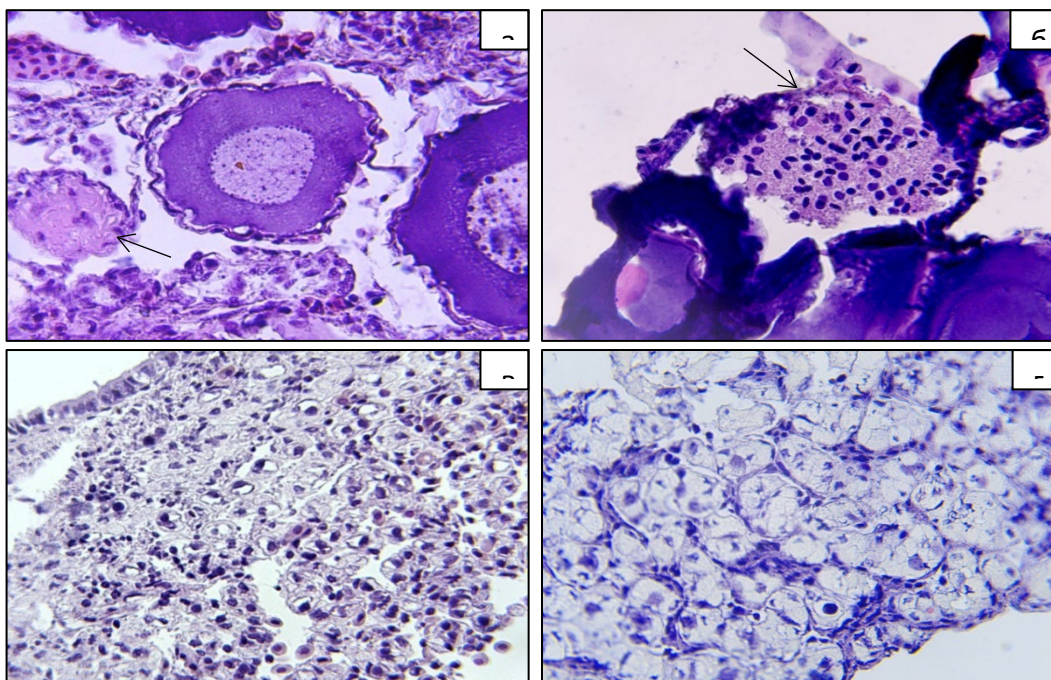


Рис.2 Микроструктура гонад на VI-II стадии зрелости отнерестившихся весной особей сибирского осетра: а – яичник самки массой 385 г, наряду с ооцитами протоплазматического роста постовуляторный фолликул (ув.10х40); б – яичник самки массой 355 г, дегенерация зрелого невыметанного ооцита (ув.10х40); в – семенник самца массой 935 г имеет рыхлую структуру, завершается процесс резорбции остаточных сперматозоидов (ув.10х40); г – семенник самца массой 970 г, семенные ампулы опустошены, однако уже начинается генерация новых половых клеток (ув.10х40).

Самки с гонадами на IV незавершенной стадии зрелости имели длину тела 56 и 62 см, массу 1191 и 1130 г соответственно. Ооциты старшей генерации визуально имеют дефинитивные размеры и характерную для осетровых темную окраску. При микроскопическом изучении под оболочкой виден слой пигментных гранул, ооциты содержат большой запас желточных гранул, оболочки сформированы правильно, отчетливо видны микропиле. Ядро находится почти в центре ооцита, лишь немного смещаясь в сторону анимального полюса, до завершения процесса поляризации еще далеко, с уверенностью можно сказать, что эти особи будут принимать участие в нересте лишь на следующий год (рис. 3а, б).

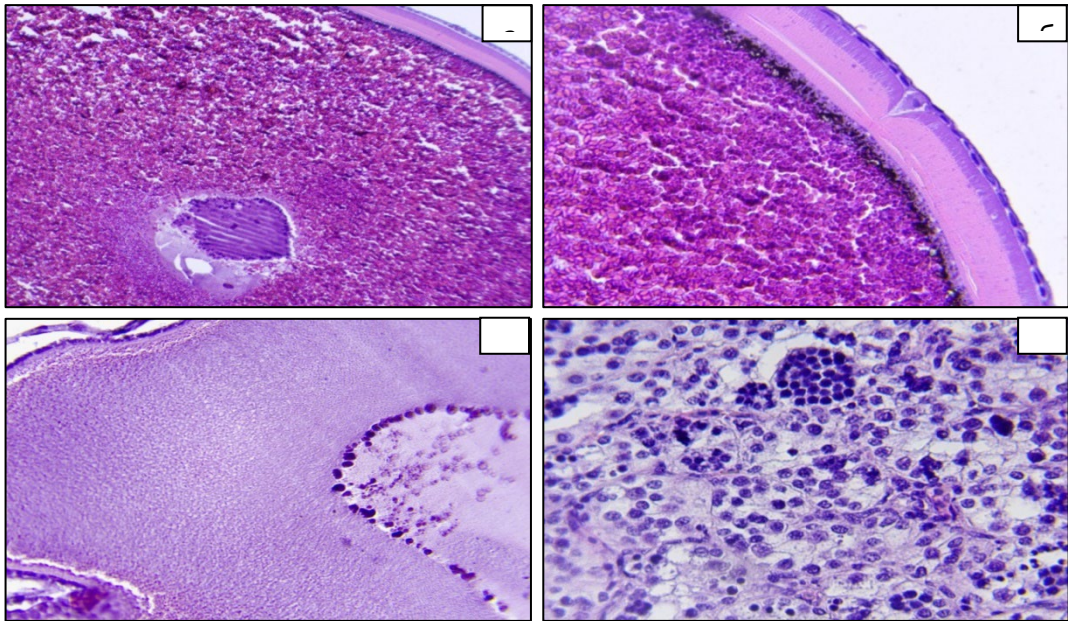


Рис.3 Микроструктура гонад особей сибирского осетра, нерест которых состоится весной следующего года: а – ооцит IV незав. стадии зрелости сибирского осетра массой 1191 г, ядро располагается на значительном расстоянии от оболочек (ув.10х10); б – ооцит той же самки, микропиле на анимальном полюсе, (ув.10х40); в – яичник на III стадии зрелости самки массой 385 г (ув.10х40), г – семенник II-III стадии зрелости самца массой 3800 г (ув.10х40).

Три самки при абсолютной длине тела 51 – 54 см и массе 520 – 655 г имели гонады на III стадии развития. Ооциты старшей генерации многочисленны, не имеют полярности, слой пигментных гранул еще не сформирован и икринки имеют светлую окраску. Идет активный процесс вителлогенеза, ооциты содержат глыбковидный желток в большом количестве, но икринки еще не достигли дефинитивных размеров. Ядро чаще располагается в центре икринки или слабо эксцентрично, в ядре множество мелких ядрышек, концентрирующихся по его периферии (рис. 3в). Весьма вероятно, что эти самки сибирского осетра также будут принимать участие в нересте весной следующего года.

Среди самцов особей с гонадами на III и IV стадиях зрелости не выявлено, отмечены особи в семенниках которых начинается процесс активного деления сперматогоний, т.е переход от II к III стадии зрелости. В гонадах таких особей семенные ампулы не имеют просвета, сперматогонии в них преимущественно в интеркинетическом состоянии, локально появляются очаги активного деления клеток (рис. 3г).

Гонады самок на II стадии зрелости содержали довольно большое количество жировой ткани, генеративная ткань лежит тонким слоем с латеральной стороны, на ней можно заметить яйценозные пластинки. Ооциты разных фаз периода протоплазматического роста составляют основную массу половых клеток. Большинство из них уже завершили протоплазматический рост или проходят конечные фазы этого периода. Присутствуют также оогонии и ооциты начальных фаз периода протоплазматического роста, эти половые клетки представляют резервный фонд, который может быть использован в следующем цикле созревания половых продуктов. Гонады самцов на II стадии зрелости также имеют большой запас жировой ткани, основу генеративной ткани составляют сперматогонии заключенные в семенные ампулы.

В ходе исследования современного статуса сибирского осетра в естественной среде обитания проведенные гистологические исследования позволили также выявить случаи деструктивных изменений. Из таковых в яичниках некоторых самок отмечена дегенерация части незрелых ооцитов периода прото- и трофоплазматического роста (рис 4а, б). Нужно отметить, что дегенерация ооцитов периода трофоплазматического роста встречается

несколько чаще, что, вероятно, может быть связано с недостаточностью трофических веществ для созревания всех приступивших к росту фолликулов.

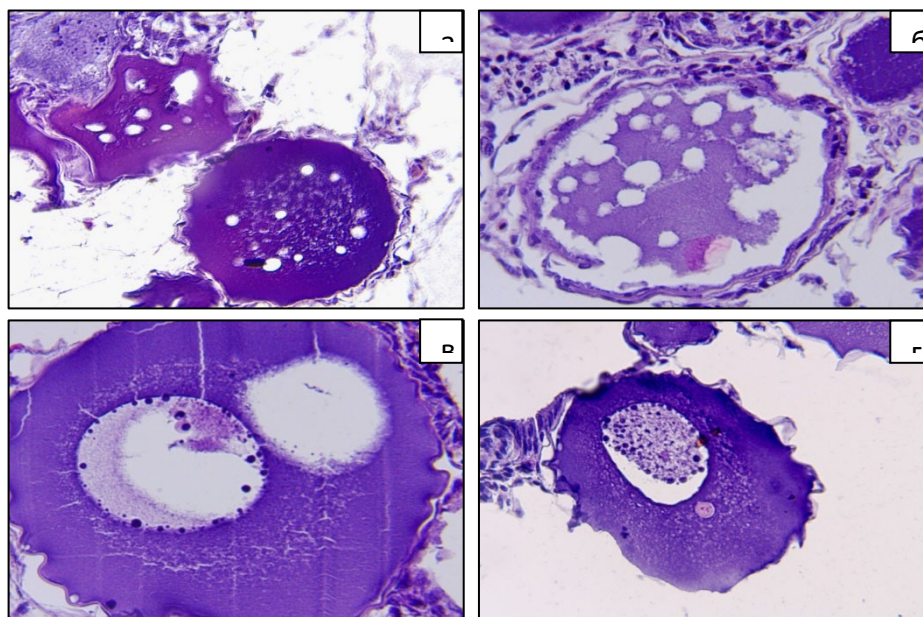


Рис.4 Деструктивные изменения гаметогенеза у самок сибирского осетра (ув.10х40): а – дегенерация ооцитов протоплазматического роста; б – дегенерация ооцита трофооплазматического роста; в – двухъядерный ооцит, г – ооцит протоплазматического роста содержит полиподиум.

У другой самки сибирского осетра с ооцитами преимущественно в фазе вакуолизации и начала вителлогенеза обнаружены единичные ооциты с полиморфным и двойным ядром, двухъядерный ооцит вступил в трофооплазматический рост (рис. 4в).

У двух самок с гонадами на II стадии зрелости (рис. 4г) выявлены ооциты, содержащие паразита *Polypodium hydriforme* на стадии дробления – представителя кишечнорастных животных, приспособившегося к внутриклеточному паразитизму в ооцитах осетровых рыб.

В литературе имеются многочисленные сведения с описанием зараженных полиподиумом ооцитов осетровых [5; 8;13; 14; 17;]. Учеными выявлено соответствие стадий онтогенеза паразита и стадий оогенеза хозяина: эмбриональное развитие (одноклеточные формы или стадии дробления) паразита обычно проходит в ооцитах осетровых с гонадами на II и II-III стадиях зрелости, а к тому моменту, когда гонады осетровых достигают IV стадии зрелости и самки готовы к нересту, паразит находится уже в стадии столона. Это находит подтверждение и в полученных результатах данного исследования сибирского осетра.

Заключение

На основании исследований, проведенных на среднем течении р. Лены, можно заключить, что сибирский осетр присутствует на всем протяжении обследованного участка реки от г. Якутска до устья реки Вилюй, однако не является многочисленным.

Соотношение самцов и самок составляет 1:1, что согласуется с опубликованными ранее литературными данными для сибирского осетра. Однако современные данные свидетельствуют о том, что особи сибирского осетра способны достигать половой зрелости и принимать участие в нересте при меньших, чем это описано в литературе [9; 21;22], показателях абсолютной длины (от 47–50 см) и массы (от 450–500 г) тела. Ввиду различия полученных результатов с данными литературы, запланированы дальнейшие работы по изучению этого вопроса.

Гистологический анализ гонад 28 экземпляров осетра показал значительную вариабельность в состоянии гонад обоих полов. Часть особей сибирского осетра (7 самцов и 4 самки) принимали участие в нересте, после нереста прошло уже достаточное количество времени, т.к. процессы резорбции остаточных половых клеток близки к завершению.

Анализ микроструктуры воспроизводительной системы сибирского осетра показал, что на разных стадиях зрелости гонад у большинства особей процесс гаметогенеза проходит в норме. Патологических изменений у самцов в ходе исследований выявлено не было, у самок были выявлены некоторые нарушения гаметогенеза: дегенерация части незрелых ооцитов периода прото- и трофоплазматического роста; ооциты, зараженные паразитом *Polypodium hydriforme*; ооциты с полиморфным или двойным ядром.

Наблюдения за состоянием воспроизводительной системы сибирского осетра из р. Лена [1] показывают, что в период с 1964 по 1977 гг. у самок выявляли лишь единичные случаи дегенерации части ооцитов периода трофоплазматического роста, к 1986 году количество самок с такими нарушениями составило уже 59 %, в современный период их доля составила 14,3 %.

В естественных популяциях доля самок сибирского осетра с патологиями в состоянии гонад в разные годы колеблется в пределах 70–85 %, а порой достигает 100 % [1; 2]. По результатам данного исследования доля самок с нарушениями репродуктивной системы составила 28,6 %, данный факт говорит о снижении частоты возникновения патологий в последние годы и относительно репродуктивном благополучии ленской популяции сибирского осетра.

Выявленные патологии репродуктивной системы сибирского осетра не могут препятствовать участию особей в нересте, однако их наличие способно привести к снижению эффективности нереста и естественного воспроизводства.

Список литературы

1. Акимова, Н.В. Анализ состояния воспроизводительной системы рыб в связи с проблемами биоиндикации на примере сибирского осетра *Acipenser Baerii* / Н.В. Акимова, Г.И. Рубан // Вопросы ихтиологии. – 1992. – Т.32. Вып. 6. – С. 102–109.
2. Акимова, Н.В., Аномалии в развитии и функционировании воспроизводительной системы сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt (Acipenseridae) реки Енисей / Н.В. Акимова, Г.И. Рубан // Известия РАН. Серия биологическая. – 2009. – № 5. – С. 627–631.
3. Акимова, Н.В. Сравнительный анализ роста и гаметогенеза сибирского осетра р. Лены в природных и экспериментальных условиях / Н.В. Акимова, Л.И. Соколов, И.И. Смольянов, В.С. Малютин // Внутривидовая изменчивость в онтогенезе животных. – М.: Наука, 1980. – С. 167–176.
4. Вотинов, Н.П. Состояние запасов осетра в водоемах Сибири и мероприятия по их увеличению / Н.П. Вотинов, В.Н. Злоказов, В.П. Касьянов, В.И. Сецко – Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство, 1975. – 94 с.
5. Ибрагимов, А.Ю. *Polypodium hydriforme* в икре северодвинской стерляди / А.Ю. Ибрагимов // Паразитология. – 2003. – Т. 37. №. 2. – С.134–139.
6. Кириллов, А.Ф. Промысловые рыбы Якутии / А.Ф. Кириллов – М.: Научный мир, 2002. – 194 с.
7. Корентович, М.А. Современное состояние уловов и искусственного воспроизводства сибирского осетра реки Лена в республике Саха (Якутии) / М.А. Корентович, Л.Н. Карпова, С.О. Карпов // Аквакультура осетровых рыб: проблемы и перспективы: сборник статей международной конференции – Астрахань, 2017. – С. 114–117.
8. Кошелев, В.Н. Данные о зараженности полиподиозом амурских осетровых / В.Н. Кошелев, Ж.С. Литовченко // Труды Кубанского аграрного университета. Серия: Ветеринарные науки. – 2009. – №1. – С. 162–164.

9. Кошелев, Б.В. Эколого-морфологическая характеристика сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt бассейна средней и верхней Лены / Б.В. Кошелев, Г.И. Рубан, Л.И. Соколов, О.В. Халатян, Н.В. Акимова, Е.Л. Соколова // Морфология, экология и поведение осетровых. – М.: «Наука», 1989. – С. 16 – 33.
10. Микодина, Е.В. Гистология для ихтиологов: опыт и советы / Е.В. Микодина, М.А. Седова, Д.А. Чмилевский, А.Е. Микулин, С.В. Пьянова, О.Г. Полуэктова. – М.: Издательство ВНИРО, 2009. – 112 с.
11. Плохинский, Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – Новосибирск: Новосибирское отделение АН СССР, 1961. – 361 с.
12. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
13. Райкова, Е.В. Морфологические и цитохимические изменения в ооцитах стерляди и осетра под влиянием паразитирования *Polypodium hydriforme* Ussov (Coelenterata) / Е.В. Райкова // Цитология. – 1963. – Т. 152. № 4. – С. 985.
14. Райкова, Е.В. Эмбриональные стадии развития *Polypodium hydriforme* (Coelenterata) в ооцитах стерляди / Е.В. Райкова // Паразитология. – 1988. – Т. 22. №. 3. – С.201–209.
15. Ромейс, Б. Микроскопическая техника / Б. Ромейс. – М.: Иностранная литература, 1954. – 719 с.
16. Рубан, Г.И. Сибирский осетр *Acipenser baerii* Brandt (структура вида и экология) / Г.И. Рубан. – М.: ГЕОС, 1999. – 235 с.
17. Свирский, В.Г. *Polypodium hydriforme* (Coelenterata) у осетровых рыб реки Амур / В.Г. Свирский // Паразитология. – 1984. – Т. 18. №. 5. – С.362–366.
18. Соколов, Л.И. О росте сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt р. Лены / Л.И. Соколов // Вестник Московского университета. Сер: биол., почв. – 1965. – №1. – С.3–12.
19. Соколов, Л.И. Питание сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt р. Лены / Л.И. Соколов // Вопросы ихтиологии. – 1966. – Т.6. Вып. 3(40). – С. 550–560.
20. Соколов, Л.И. К методике определения возраста сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt р. Лены / Л.И. Соколов, Н.В. Акимова // Вопросы ихтиологии. – 1976. – Т.16. Вып. 5(100). – С. 853–858.
21. Соколов, Л.И. Особенности структуры популяции и характеристики производителей сибирского осетра р. Лены в районе нерестилищ / Л.И. Соколов, В.С. Малютин // Вопросы ихтиологии. – 1977. – Т.17. Вып. 2. – С 237–246.
22. Соколов, Л.И. Эколого-морфологическая характеристика сибирского осетра *Acipenser baeri* Brandt реки Алдан / Л.И. Соколов, Б.В. Кошелев, О.В. Халатян, Г.И. Рубан, Н.В. Акимова, Е.Л. Соколова // Вопросы ихтиологии. – 1986. – Т. 26. Вып. 5. – С.741–749.
23. Трусов, В.З. Некоторые особенности созревания и шкала зрелости половых желез осетра / В.З. Трусов // Труды ВНИРО. – 1964. – Т. 56. – С. 69–79.
24. Цепкин, Е.А. Об изменении ареалов и структуры популяций осетровых южных морей СССР / Е.А. Цепкин, Л.И. Соколов // Биологические основы развития осетрового хозяйства в водоемах СССР. – М., 1979. – С.209–216.

УДК 597.4/.5; 639.3

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИХТИОФАУНЫ ОЗЕР БЫЧЬЕ И ЗОЛОТОЕ ВОЛЧИХИНСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Г.А. Романенко, И.Ю. Теряева, С.А. Осипов, Д.Г. Елизарьев
Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»), Барнаул, Россия,
geo403@yandex.ru

Аннотация. В настоящей статье рассматривается состояние ихтиофауны двух бессточных озер юга Кулундинской степи – Бычьего и Золотого, расположенных в Волчихинском районе Алтайского края. Приводится характеристика гидрологических и гидробиологических параметров среды, а также проведена оценка паразитофауны аборигенных видов рыб. Даны рекомендации по использованию водоемов в целях аквакультуры.

Ключевые слова: ихтиофауна, паразитофауна, Бычье, Золотое, речной окунь, серебряный карась.

CURRENT STATE OF ICHTHYOFAUNA OF LAKES BYCHYE AND ZOLOTOT IN THE VOLCHIKHINSKY DISTRICT OF THE ALTAI TERRITORY

G.A. Romanenko, I.Yu. Teryaeva, S.A. Osipov, D.G. Elizariiev

Summary. This article examines the state of the ichthyofauna of two endorheic lakes in the south of the Kulunda steppe – Bychye and Zolotoye, located in the Volchikhinsky district of the Altai Krai. The hydrological and hydrobiological parameters of the environment are characterized, and the parasite fauna of native fish species is assessed. Recommendations are given for the use of reservoirs for aquaculture purposes.

Keywords: ichthyofauna, parasitofauna, Bychye, Zolotoe, river perch, Prussian carp.

На настоящий момент ихтиофауна большинства озёр Алтайского края представлена малоценными аборигенными видами, ввиду слабой заинтересованности малого и среднего бизнеса сферой аквакультуры в регионе. Тем не менее медленно, но верно все новые и новые водные объекты вовлекаются в промысел, либо приобретают статус рыбоводного участка. Рациональное рыбное хозяйство на естественных водоёмах должно обеспечивать использование экосистемы водного объекта, как единого целого – при сохранении воспроизводительной способности облавливаемых популяций водных биоресурсов необходимо обеспечить максимальный выход продукции гидробионтов. Для решения этой задачи выполняются рыбохозяйственные исследования водоёмов, имеющие своей конечной целью создание фаунистического комплекса, способного наиболее полно использовать производственный потенциал водных объектов.

Непринятие мер по целенаправленному регулированию экологической обстановки в замкнутых водоёмах неизбежно приведет к деградации ихтиофауны в сторону малоценности и тугорослости, к прогрессирующему снижению рыбопродуктивности озёр и полной потере их рыбохозяйственного значения.

Цель настоящей научной работы – определить современное состояние видового состава ихтиофауны и в целом запасов водных биологических ресурсов и среды их обитания на озерах Бычье и Золотое Волчихинского района Алтайского края.

Материалы и методы

Исследованиями были охвачены акватории озер Бычье и Золотое Волчихинского района Алтайского края и прилегающие к ним территории (рисунок 1). Сбор материала для подготовки настоящей работы выполнялся в летне-осенний период 2023 г. Кроме того в работе были использованы фондовые материалы исследований Алтайского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»).



Рис. 1. Озера Бычье и Золотое Волчихинского района

Гидрохимические пробы объемом 1,5 л отбирались одновременно с отбором проб зоопланктона и зообентоса. Анализ гидрохимических проб проводил ИЛЦ Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Алтайском крае в городе Славгород» по общепринятым методикам с определением состава основных ионов и показателей кислотности [1, 10, 11].

Сбор и обработку гидробиологического материала осуществлялась по общепринятым методикам [3, 5, 7, 9].

Систематическое положение объектов ихтиофауны приведено согласно системе Ю.С. Решетникова [2].

Сбор ихтиологического материала проводился методом контрольных обловов набором ставных жаберных сетей с ячейей 22,0-85,0 мм, длительность экспозиции – 12 часов. При сборе, обработке и анализе ихтиологического материала применялись общепризнанные методики [15] с современными дополнениями [17].

Отбор проб и обработка материала по ихтиопатологическому состоянию гидробионтов проводились согласно [12] и общепринятых методик [4, 8].

Для оценки естественной потенциальной рыбопродуктивности карасевых озер Алтайского края использовался метод балльных систем [6].

Статистическая обработка приведена с использованием пакета программ Microsoft Office 2007.

Результаты и их обсуждение

Озера Бычье и Золотое располагаются в Волчихинском районе, на юго-западе Алтайского края в долине древнего стока реки Касмала. По физико-географическому районированию Алтайского края территория расположения озер относится к Горькоперешеечному району Кулундинской степной провинции [13].

С юго-востока от озер тянется Касмалинский ленточный сосновый бор, с северо-запада – цепь соленых озер. Рельеф района равнинный, с постепенным понижением к ленточным борам и озерным котловинам, водораздел между долиной древнего стока р.

Касмалы и Барнаулки нивелируется, сближается. Распаханность водосборной площади достигает 35 %, облесенность 46 %, заболоченность 5 % [16].

Озера Бычье и Золотое представляют собой замкнутые бессточные водоемы. Только ранней весной и в многоводные годы происходит подпитка водоемов пресной водой из рек Кормиха и Волчиха, последняя является притоком озера Бычье; в весеннее половодье озера Бычье и Золотое соединяются по узкой протоке, которая в межень пересыхает. Котловина озера Золотое имеет несколько вытянутую овальную форму, Бычье – довольно сложные очертания и перешейком делится на 2 части (рисунок 1).

Исследованные озера по площади относятся к средним (Бычье) и малым (Золотое), а по глубине – к мелководным водоемам (таблица 1). Рельеф дна исследованных озёр пологий к центру котловины, спокойный, глубины нарастают постепенно. Дно прибрежных участков озёр песчаное, на глубинных участках донные отложения представлены илами тёмно-серого цвета, толщиной 0,3-0,5 м (Бычье) и 1,0-1,5 м (Золотое) со слабым запахом сероводорода. Пересыхания или промерзания озера не наблюдается, многолетняя амплитуда колебаний уровней воды достигает 2,0 м. Толщина льда на озёрах к концу зимы достигает 60-80 см, толщина снежного покрова 30-35 см.

Гидрохимические исследования на озерах Бычье и Золотое ранее проводились в летний период 1977 и 1989 гг. По сравнению с ретроспективными данными в 2023 г. отмечено существенное снижение минерализации воды в 1,5-2 раза (таблица 1). Вода оз. Бычье относится к сульфатному классу, натриевой группы, общая минерализация в летний период достигает 2,1 г/л. Вода оз. Золотое – к хлоридному классу, натриевой группы, общая минерализация в летний период составляет 1,3 г/л. pH во всех водоемах составляет более 9,0, что говорит о щелочной реакции среды. Полученные данные соответствуют рыбохозяйственным требованиям к качеству воды рыбохозяйственных водоемов.

Кислородный режим озера нестабилен, по ретроспективным данным в некоторые годы дефицит растворенного в воде кислорода наступает уже в декабре или начале января. В летний период на водоёме заморы крайне редки, а уровень насыщения кислородом соответствует рыбохозяйственным нормам. Прозрачность по диску Секки на озерах не превышает 30-40 см.

Таблица 1. Основные характеристики озера на момент исследования в 2023 г.

Озеро	Площадь, га	Объем водной массы, млн. м ³	Максимальная длина, км	Ширина, км		Глубина, м		Длина береговой линии, км	Коэффициент изрезанности	Сумма солей, мг/л		
				средняя	максимальная	средняя	максимальная			1977	1989	2023
Бычье	2080	39,6	5,0	1,8	4,1	1,9	4,4	40,0	2,48	3730	4314	2106
Золотое	296	7,8	3,4	1,0	1,6	2,1	3,6	8,4	1,38	2071	3000	1292

На качество вод воздействует существенная антропогенная нагрузка – выпас скота по берегам водоемов, рекреационная деятельность человека, загрязнение берегов ТБО и несанкционированная добыча песка.

Формирование биологической продуктивности исследованных озера тесно связано с особенностями их морфометрии и глубин, строением береговой линии, составом подстилающих грунтов, динамичностью водных масс. По степени и характеру зарастания озера Бычье и Золотое по классификации А.Г. Поползина [14] относятся к бордюльному типу. Бордюры отмечаются до глубины около 2 м и представлены на исследованных озерах исключительно тростником обыкновенным *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud, отмечены единичные особи сусака зонтичного *Butomus umbellatus* L. (1753) и рога широколистного *Typha latifolia* L. (1753). Из погруженных высших водных растений

отмечены уруть сибирская *Myriophyllum sibiricum* Kom., роголистник погружённый *Ceratophyllum demersum* L., 1753 и рдесты *Potamogeton* L., 1753. Общая зарастаемость озёр достигает 15 % для озера Бычьего и 20 % для Золотого.

Исследованные озера имеют разнообразный и очень обильный фитопланктон с преобладанием мелкоклеточных колониальных цианобактерий родов *Microcystis*, *Gloeocapsa*, *Merismopedia* и зеленых водорослей, что характерно для мелководных небольших по площади водоемов, расположенных в степной зоне.

В составе зоопланктона было выявлено по 20 таксонов. Средняя численность зоопланктона в оз. Бычье составила 832,5 тыс.экз./м³, Золотое – 639,6 3 тыс.экз./м³. Биомасса 1,98 и 1,65 г/м³, соответственно.

В составе зообентоса на всех исследованных озерах отмечались личинки сем. Chironomidae. В озере Золотое также отмечены представители сем. Chaoboridae. Средняя численность зообентоса в оз. Бычье составила 0,04, в оз. Золотое – 0,07 тыс.экз./м². Биомасса 0,014 и 0,134 г/м², соответственно.

Современная ихтиофауна озёр Бычье и Золотое представлена тремя видами – серебряным карасем *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758), речным окунем *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 и обыкновенной верховкой *Leucaspis delineatus* Heckel, 1843.

В уловах серебряного карася преобладали трех- и четырехлетние особи, в оз. Бычье со средней промысловой длиной 113-149 мм и массой 40-99 г, оз. Золотое – 110-137 мм и 37-81 г, соответственно. Данный вид в водоеме представлен двуполой местной морфой. Особи становятся половозрелыми на втором-третьем году жизни (таблица 2).

Таблица 2. Характеристики стада серебряного карася в контрольных уловах озёр Бычье и Золотое, 2023 г.

Возраст	Промысловая длина, мм		Масса, г		Возрастные группы, %
	средняя	lim	средняя	lim	
Озеро Бычье					
2+	113±2,5	100-115	40±2,4	28,0-42,6	30
3+	149±2,8	135-155	99±5,5	70,6-110,0	55
4+	180±	183,0-203,0	296,4±24,3	220,0-317,0	15
Озеро Золотое					
2+	110		37		30
3+	137±2,0	130-150	81±4,7	66-109	40
4+	174±1,5	170-185	146±6,7	128-192	26
5+	218±2,5	215-220	300±7,5	292-307	4

Речной окунь отмечен единично, особи оз. Бычье в среднем имеют промысловую длину 200 мм и массу 200 г, оз. Золотое – 100 мм и 26 г соответственно.

Обыкновенная верховка в водоемах отмечена в небольшом количестве в качестве прилова.

Одним из факторов, тормозящих развитие аквакультуры, являются паразитарные и инфекционные болезни рыб, наносящие существенный экономический ущерб. В ходе работ был произведен отбор проб ихтиоматериала на паразитологический анализ. На основании проведенных исследований были отмечены следующие случаи поражения (таблица 3):

Таблица 3. Результаты паразитологического анализа

Озеро	Вид рыб	Обнаруженные паразиты
Бычье	серебряный карась	плероцеркоиды ремнецов (<i>Ligula intestinalis</i> (ЭИ 10,0 %, ИИ (1-5), ИО 0,4 экз. паразитов); лернея (<i>Lernaea sp.</i> (ЭИ 20,0 %, ИИ (1-8), ИО 1,0 экз. паразитов).
	речной окунь	-

	обыкновенная верховка	плероцеркоиды ремнецов (<i>Ligula intestinalis</i> (ЭИ 100,0 %, ИИ (1-4), ИО 2 экз. паразитов)
Золотое	серебряный карась	плероцеркоиды ремнецов (<i>Ligula intestinalis</i> (ЭИ 5,0 %, ИИ (1-4), ИО 0,2 экз. паразитов); лернея (<i>Lernaea sp.</i> (ЭИ 10,0 %, ИИ (1-5), ИО 0,7 экз. паразитов).
	речной окунь	-
	обыкновенная верховка	плероцеркоиды ремнецов (<i>Ligula intestinalis</i> (ЭИ 100,0 %, ИИ (1-3), ИО 1,4 экз. паразитов)

Возбудители *Opisthorchis felinus* и других опасных для человека заболеваний в водоемах обнаружены не были. Тем не менее выявленные паразитические организмы накладывают на потенциального пользователя принятие мер по снижению зараженности рыб.

Согласно методических рекомендаций [6] была рассчитана потенциальная рыбопродуктивность озер Бычье – 49,2 кг/га, или 102,3 т и Золотое – 37,1 кг/га, или 11,0 т.

Исходя из морфологических, гидрохимических и гидробиологических особенностей водных объектов, можно сделать заключение, что для создания на озерах Бычье и Золотое Волчихинского района рыбоводных участков необходим комплекс мер по мелиорации:

1) осуществление мероприятий по санитарной очистке водных объектов, противодействию незаконным сбросам в водоемы неочищенных бытовых и промышленных стоков, складировании на берегу строительного и иного мусора;

2) проведение дноуглубительных работ с созданием 2-3 зимовальных ям, глубиной не менее 4,0 м;

3) удаление из озер излишков высшей водной растительности камышекосилками;

4) рекультивация береговой линии с последующим восстановлением водоохранных зон;

5) максимальный отлов зараженного лернеозом и лигулезом серебряного карася и обыкновенной верховки. Проведение лова карася, как основного представителя коренной малоценной ихтиофауны, позволит уменьшить объём ихтиомассы, способствуя увеличению кормовых ресурсов для ценных вселяемых видов рыб, благоприятно скажется на газовом режиме водоема в зимнее время.

На исследованных озерах планируется зарыбление перспективными видами рыб для осуществления товарного рыболовства. При этом проведение рыбоводных работ (формирование оптимального состава ихтиофауны, применение интенсификационных мероприятий) позволяет наиболее полно использовать потенциал водоема, обеспечивает максимальный выход рыбной продукции, что, в конечном итоге, делает ведение хозяйства рентабельным. В качестве объекта искусственного разведения предлагаются белый и пестрый толстолобики, белый амур, сазан (каarp) и обыкновенная щука. Выращивание этих рыбоводных объектов позволит получить ценную рыбоводную продукцию за счет наиболее полной утилизации естественной кормовой базы (фитопланктон, зоопланктон, зообентос, мелкая малоценная ихтиофауна).

Рыбоводные работы целесообразно проводить, только после осуществления рыбохозяйственной мелиорации водоема. В противном случае заведомо можно утверждать, что хозяйственного эффекта получено не будет – уровень режим озер в настоящий момент не позволит поддерживать ихтиоценоз из оксифильных видов-интродуцентов, естественный паразитологический фон, в частности высокая численность *Lernaea sp.* и *Ligula intestinalis* неблагоприятно скажется на вселяемых видах.

Заключение

Озера Бычье и Золотое представляют собой замкнутые бессточные водоемы, которые располагаются в зоне недостаточного увлажнения, характеризуются

неустойчивым гидрологическим режимом и, как следствие, сниженным рыбохозяйственным статусом.

По площади исследованные озера относятся к средним (Бычье) и малым (Золотое), а по глубине – к мелководным водоемам.

По степени и характеру зарастания озера Бычье и Золотое по классификации А.Г. Поползина (1967) относятся к бордюрному типу. Общая зарастаемость озер достигает 15 % для озера Бычьего и 20 - для Золотого.

Современная ихтиофауна озер представлена тремя видами – серебряным карасем *C. auratus* (Linnaeus, 1758), речным окунем *P. fluviatilis* Linnaeus, 1758 и обыкновенной верховкой *L. delineatus* Heckel, 1843.

Возбудители *Opisthorchis felinus* и других опасных для человека заболеваний в водоемах обнаружены не были. Тем не менее обнаруженные паразитические организмы накладывают ограничения на использование водоемов в целях аквакультуры без проведения рыбохозяйственной мелиорации.

Рассчитанная потенциальная рыбопродуктивность озера Бычьего составляет 49,2 кг/га, или 102,3 т, Золотого – 37,1 кг/га, или 11,0 т. Оценка фактической приемной емкости водоема и расчет норм посадки видов-интродуцентов возможны только после проведения комплексной мелиорации и дополнительных научных изысканий.

Работа выполнена в рамках государственного контракта № 2023.0521, заключенного между Министерством природных ресурсов и экологии Алтайского края и Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»).

Список литературы

1. Алёкин, О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 443 с.
2. Атлас пресноводных рыб России / Под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 2003. В 2-х Т.1. – 379 с., Т.2. – 253 с.
3. Бенинг, А.Л. Кладоцера Кавказа / А. Л. Бенинг. – Тбилиси: Грузмедгиз, 1941. – 384 с.
4. Быховская – Павловская, И.Е. Паразиты рыб – руководство по изучению. – Л.: Наука, 1985. – 117 с.
5. Жадин, В.И. Методы гидробиологического исследования / В.И. Жадин. – М.: Высшая школа, 1960. – 188 с.
6. Журавлев, В.Б. К методике определения потенциальной рыбопродуктивности карасевых озер // Рыбное хозяйство. – № 2. – 1989. – С.54-57.
7. Кутикова, Л.А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria) / Л. А. Кутикова. – Л.: Наука, 1970. – 744 с.
8. Лабораторный практикум по болезням рыб / под ред. В.А. Мусселиус – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 253 с.
9. Липин, А.Н. Пресные воды и их жизнь / А.Н. Липин. – М.: Учебно-педагогическое издательство, 1941. – 408 с.
10. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. – М.: ВНИИПРХ, 1990. – 51 с.
11. Морузи, И.В. Гидрохимия: курс лекций / И.В. Морузи, Е.В. Пищенко, Л.В. Веснина и др. – Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2008. – 44 с.
12. МУК 3.2.988-00 Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки: методические указания. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава РФ, 2001. – 69 с.

13. Николаев, В.А. Ландшафтная структура и физико-географическое районирование Алтайского края (равнины и Салаирский кряж) // Охрана, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов Алтайского края. – Барнаул, 1975. – С. 30-33.
14. Поползин, А.Г. Озера юга Обь-Иртышского бассейна. – Новосибирск: Зап-Сиб. кн. изд-во, 1967. – 350 с.
15. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). / И.Ф. Правдин – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
16. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – Т. 6. – 970 с.
17. Решетников, Ю.С. О методиках полевых ихтиологических исследований и точности полученных результатов / Ю.С. Решетников, О.А. Попова // Труды ВНИРО / Водные биологические ресурсы. – 2015. – Т. 156. – С. 114–131.

УДК 639.3.043

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА КРОВИ У МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ СИБИРСКОЙ (*ACIPENSER RUTHENUS MARSIGLI BRANDT*) ПОД ВЛИЯНИЕМ КОРМЛЕНИЯ С ПРОБИОТИЧЕСКИМИ ШТАММАМИ МИКРООРГАНИЗМОВ

К.В. Симоненко, Н.А. Солнцев, А.Д. Юрчик, С.В. Севастеев, И.В. Моружи

Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия, konahinaksenia3@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрено влияние введения в рацион кормления рыб различных пробиотических штаммов микроорганизмов на гематологические показатели крови. Исследования показали, что основные гематологические параметры молоди стерляди сибирской под влиянием кормления с различными пробиотиками, вторая группа (*Enterococcus162St* и *Bacillus Licheniformes*) пробиотиков влияла сильнее на показатели красной и белой крови у опытных групп стерляди, так как показатели красной крови (эритроциты и гемоглобин) были ниже, чем у первой группы пробиотиков (*Enterococcus* и *Lactobacillus plantarum*), а показатели белой крови (лейкоциты и лейкоцитарная формула) несёт более высокий лимфоидный характер, что свидетельствует о более высокой фагоцитарной активности.

Ключевые слова: стерлядь сибирская, пробиотики, гематологические показатели, эритроциты, гемоглобин, лейкоциты, лейкоцитарная формула.

CHANGES IN BLOOD COMPOSITION IN JUVENILE SIBERIAN STERLET (*ACIPENSER RUTHENUS MARSIGLI BRANDT*) UNDER THE INFLUENCE OF FEEDING WITH PROBIOTIC STRAINS OF MICROORGANISMS

K.V. Simonenko, N.A. Solntsev, A.D. Yurchik, S. V. Sevasteev, I.V. Moruzi

Summary. This article examines the effect of introducing various probiotic strains of microorganisms into the fish diet on hematological parameters of blood. Studies have shown that the main hematological parameters of juvenile Siberian sterlet under the influence of feeding with various probiotics, the second group (*Enterococcus162St* and *Bacillus Licheniformes*) of probiotics had a stronger effect on the indicators of red and white blood in the experimental groups of sterlet, since the indicators of red blood (erythrocytes and hemoglobin) were lower than in the first group of probiotics (*Enterococcus* and *Lactobacillus plantarum*), and white blood counts (leukocytes and leukocyte formula) It has a higher lymphoid character, which indicates a higher phagocytic activity.

Keywords: Siberian sterlet, probiotics, hematological parameters, erythrocytes, hemoglobin, leukocytes, leukocyte formula.

Необходимым условием успешного ведения интенсивного рыбоводства и воспроизводства ценных видов рыб является тщательный контроль за физиологическим состоянием объектов выращивания. Кровь, как наиболее лабильная ткань, быстро реагирует на действие различных факторов и приводит к восстановлению равновесия между организмом и средой. Все изменения, происходящие в организме, отражаются на гематологических показателях. Исследование крови дает достаточно ясную картину даже на самых ранних этапах различных заболеваний в том числе и незаразных, а также при изменениях условий обитания рыб [1]. Наряду с паразитологическими, микробиологическими и вирусологическими исследованиями важное значение имеет анализ крови. Правильная и своевременная диагностика изменений картины крови позволяет выявить возникающий дисбаланс или патологию в организме рыб, поэтому для оценки физиологического состояния необходимо проводить комплексное гематологическое обследование [2].

Цель работы: изучить состояние гематологических показателей стерляди при введении в рацион кормов с различными пробиотическими штаммами микроорганизмов.

Материал и методы

Объектом исследования была молодь стерляди сибирской в 3-х группах (2-х опытных и 1-а контрольная).

Предметом исследования было влияние корма с различными пробиотическими штаммами микроорганизмов на гематологические показатели крови рыб.

Экспериментальные работы проведены в УЗВ исследовательского центра аквакультуры Новосибирского ГАУ. Были сформированные 3 исследуемые группы по 3 особи в каждой, отобранные случайным образом. В первый период эксперимента (с 09.08.2024 по 16.09.2024) для контрольной группы использовался корм Aquamarus, для опытных групп - использовался тот же корм с добавлением микроорганизмов *Enterococcus* и *Lactobacillus plantarum*. Во второй период эксперимента (с 29.10.2024 по 10.12.2024) для контрольной группы использовался корм Aquamarus, для контрольных групп – «Aquamarus» с добавлением микроорганизмов *Enterococcus* 162St и *Bacillus Licheniformes* 20. Микроорганизмы были получены из микробиоты кишечника осетровых рыб [3].

Для забора крови, предварительно была проведена премедикация лидокаином на жабры исследуемой рыбы, для её обездвиживания (2 мл лидокаина на 10 мл дистиллированной воды) и затем производился забор крови из хвостовой артерии медицинским шприцом, объемом 2 миллилитра.

Для определения содержания гемоглобина использовался колориметрический метод Сали [4]. Количество гемоглобина определяют следующим образом: капельку крови набрать в пипетку до черты (20 мм³) и перенести в среднюю градуированную пробирку прибора, куда заранее налит (приблизительно до деления 10) 0,1N раствор HCl. Кровь из пипетки выпустить в раствор кислоты. При этом в пипетку несколько раз всасывают и опять выпускают раствор, находящийся в пробирке, чтобы удалить остатки крови со стенок пипетки. Под влиянием раствора соляной кислоты гемоглобин крови переходит в гемин, буреет и приобретает ту же окраску, что и стандартный раствор в боковых пробирках. После этого в среднюю пробирку добавить дистиллированную воду по каплям до тех пор, пока интенсивность окраски не будет одинакова с цветом стандартного раствора. После этого градуированную пробирку вытащить и посмотреть, до какого деления доходит в ней жидкость. Это деление указывает на содержание гемоглобина в процентах [5].

Для определения количества лейкоцитов и эритроцитов подсчет производился в счетной камере Горяева. Для разбавления крови применяют смеситель, позволяющий разбавлять кровь в 100 раз. Кровь набирают до отметки 1,0. После этого в смеситель

набирают раствор нейтральтрот, до половины расширения смесителя (приблизительно), а затем кончик смесителя переносят в пробирку с раствором кристалл-виолет и наполняют смеситель до отметки 101. После перемешивания крови с красителями оставляют смеситель на 5- 10 минут в покое, вновь перемешивают и затем стряхнув, как обычно, первые 2—3 капли из смесителя, следующую каплю вносят в счетную камеру [6]. В эритроцитах слабо окрашены только ядра. Ядра лейкоцитов окрашиваются в темный фиолетово-красный цвет, а протоплазма их в розоватый цвет. Благодаря этому эритроциты и лейкоциты в камере легко отличимы. Подсчитывают при помощи микроскопа на увеличении x40, вначале количество эритроцитов в 80 малых квадратах, затем количество лейкоцитов в больших 5-6 квадратах [4].

Лейкоцитарную формулу выводили путем подсчета клеток крови, идентифицировали их по классификации Н. Т. Ивановой (1983) [7].

Результаты и их обсуждение

В соответствии с поставленными задачами были проанализированы полученные результаты (таблица 1 и таблица 2).

На протяжении первого периода исследования в опыте (5) и опыте (6) с пробиотическими штаммами микроорганизмов *Enterococcus* и *Lactobacillus plantarum* соответственно, наблюдалось снижение эритроцитов и лейкоцитов по сравнению с контрольной группой (4), а содержание гемоглобина при этом выше, чем в контрольной группе.

Важную роль в организме рыб играют клетки белой крови, которые являются непосредственными участниками внутренних обменных процессов. Белая кровь у всех групп стерляди носила лимфоидный характер [8], количество лимфоцитов составляло 67,7–72,3 %. Отмечается повышение всех групп нейтрофилов в опытных группах по сравнению с опытной группой стерляди, свидетельствует о более высокой фагоцитарной активности. Следует отметить, что в опытной группе (5) были зафиксированы монобласты - 0,6%, что не отмечалось в других группах на протяжении всего исследования (таблица 1).

Таблица 1. Результаты исследования гематологических параметров крови стерляди сибирской трех исследуемых групп (с 09.08.2024 по 16.09.2024)

Показатели	Контроль Aquamarus (4)	Опыт (5) Aquamarus +Enterococcus	Опыт (6) Aquamarus + Lactobacillus plantarum
Гематологические показатели 09.08			
Эритроциты, 10^6 /мкл	$0,195 \pm 0,007$	$0,135 \pm 0,024$	$0,157 \pm 0,021$
Лейкоциты, 10^3 /мкл	$22,3 \pm 0,9$	$20,0 \pm 3,5$	$18,6 \pm 2,9$
Гемоглобин, г/л	30 ± 15	$40 \pm 3,5$	$43,3 \pm 6$
Лейкоцитарная формула, %			
Лимфоциты	$65,3 \pm 0,3$	$72,3 \pm 2,4$	$77,3 \pm 1,2$
Миелобласты	$7,3 \pm 0,3$	$5,3 \pm 0,9$	$6,3 \pm 0,3$
Эозинофилы	$10,3 \pm 1,8$	$13,7 \pm 2,3$	$6,7 \pm 0,7$
Моноциты	$5,3 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,3$	$1,3 \pm 0,3$
П.Я.Н*	$3,3 \pm 0,3$	$3,0 \pm 1,0$	$2,7 \pm 0,3$
С.Я.Н*	$2,7 \pm 0,3$	$1,7 \pm 0,7$	$3,0 \pm 0,6$
Миелоциты	$2,7 \pm 0,3$	$1,0 \pm 0,0$	$2,0 \pm 0,6$
Промиелоциты	$1,0 \pm 0,0$	$1,0 \pm 0,6$	$0,7 \pm 0,3$
Метамиелоциты	0	$0,7 \pm 0,3$	0
Гематологические показатели 19.08			

Эритроциты, $10^6/\text{мкл}$	$0,182 \pm 0,019$	$0,204 \pm 0,037$	$0,201 \pm 0,040$
Лейкоциты, $10^3/\text{мкл}$	$19,0 \pm 5,3$	$15,7 \pm 1,5$	$18,3 \pm 3,9$
Гемоглобин, г/л	$43,3 \pm 3$	$35,0 \pm 2,9$	$46,7 \pm 10,1$
Лейкоцитарная формула, %			
Лимфоциты	$71,7 \pm 3,8$	$69,0 \pm 5,8$	$72,3 \pm 2,7$
Миелобласты	$4,7 \pm 0,7$	$4,7 \pm 2,3$	$4,0 \pm 1,5$
Эозинофилы	$9,0 \pm 3,5$	$9,7 \pm 1,8$	$6,7 \pm 1,8$
Моноциты	$2,7 \pm 1,7$	$6,0 \pm 2,3$	$3,7 \pm 1,7$
П.Я.Н*	$6,3 \pm 1,8$	$6,7 \pm 2,4$	$8,3 \pm 1,2$
С.Я.Н*	$1,7 \pm 0,3$	$2,7 \pm 1,5$	$3,7 \pm 0,9$
Миелоциты	0	0	$0,3 \pm 0,3$
Промиелоциты	$3,7 \pm 0,3$	$1,7 \pm 0,3$	0
Метамиелоциты	$0,7 \pm 0,3$	$0,3 \pm 0,3$	$1,0 \pm 0$
Гематологические показатели 28.08			
Эритроциты, $10^6/\text{мкл}$	$0,096 \pm 0,024$	$0,123 \pm 0,024$	$0,115 \pm 0,047$
Лейкоциты, $10^3/\text{мкл}$	$17,0 \pm 3,1$	$14,0 \pm 1,5$	$13,7 \pm 4,7$
Гемоглобин, г/л	$28,0 \pm 6,7$	$39,0 \pm 0,6$	$39,3 \pm 2,3$
Лейкоцитарная формула, %			
Лимфоциты	$73 \pm 5,6$	$65,0 \pm 2,5$	$73 \pm 3,1$
Миелобласты	$2,7 \pm 1,3$	$3,7 \pm 0,7$	$2,3 \pm 0,3$
Эозинофилы	$5 \pm 2,6$	$10,7 \pm 5,0$	$5,7 \pm 1,3$
Моноциты	$7 \pm 2,3$	$4,3 \pm 1,9$	$5 \pm 1,2$
П.Я.Н*	$6,7 \pm 1,5$	$8 \pm 1,5$	$9,3 \pm 2,6$
С.Я.Н*	$4,3 \pm 1,9$	$3 \pm 1,0$	$3,7 \pm 0,9$
Миелоциты	0	0	0
Промиелоциты	$1,3 \pm 0,3$	$3,3 \pm 1,7$	$0,3 \pm 0,3$
Метамиелоциты	0	$2,3 \pm 1,9$	$0,7 \pm 0,3$
Монобласты	0	$0,3 \pm 0,3$	0
Гематологические показатели 09.09			
Эритроциты, $10^6/\text{мкл}$	$0,175 \pm 0,045$	$0,170 \pm 0,056$	$0,145 \pm 0,047$
Лейкоциты, $10^3/\text{мкл}$	$16,7 \pm 0,7$	$17,0 \pm 3,1$	$19,0 \pm 5,5$
Гемоглобин, г/л	$40,3 \pm 5,0$	$35,3 \pm 3,2$	$29,3 \pm 0,7$
Лейкоцитарная формула, %			
Лимфоциты	$68,3 \pm 2,0$	$61 \pm 3,6$	$68,7 \pm 2,6$
Миелобласты	$4,7 \pm 1,5$	$4,3 \pm 0,3$	$5,3 \pm 0,7$
Эозинофилы	$5,3 \pm 1,9$	$11,3 \pm 1,2$	7 ± 2
Моноциты	$3,3 \pm 0,3$	$5 \pm 1,5$	$2,7 \pm 0,3$
П.Я.Н*	$11 \pm 3,1$	$7,3 \pm 1,7$	$10,7 \pm 2,3$
С.Я.Н*	$2,3 \pm 1,5$	$6 \pm 4,6$	$1,3 \pm 0,7$
Миелоциты	$0,7 \pm 0,7$	$0,3 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,7$
Промиелоциты	$1,7 \pm 1,2$	$1,7 \pm 0,9$	$1 \pm 0,6$
Метамиелоциты	$2,7 \pm 1,8$	$3 \pm 1,5$	$2,7 \pm 2,7$
Гематологические показатели 16.09			
Эритроциты, $10^6/\text{мкл}$	$0,181 \pm 0,016$	$0,140 \pm 0,009$	$0,187 \pm 0,037$
Лейкоциты, $10^3/\text{мкл}$	$23,0 \pm 4,7$	$18,7 \pm 3,3$	$22,0 \pm 5,6$
Гемоглобин, г/л	$36,0 \pm 4,0$	$39,0 \pm 1,5$	$42,0 \pm 0,6$
Лейкоцитарная формула, %			
Лимфоциты	$66,7 \pm 4,7$	$71 \pm 1,5$	$70,3 \pm 4,3$
Миелобласты	$3 \pm 1,5$	$4,7 \pm 0,3$	$5 \pm 1,2$
Эозинофилы	$4,3 \pm 0,9$	$1,7 \pm 1,2$	$5,7 \pm 0,9$

Моноциты	$4 \pm 1,5$	$3,7 \pm 1,2$	$4 \pm 1,5$
П.Я.Н*	$10 \pm 3,5$	$6 \pm 1,5$	$9,7 \pm 5$
С.Я.Н*	$4,0 \pm 1,0$	4 ± 0	$4 \pm 1,7$
Миелоциты	$0,7 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,3$	0
Промиелоциты	$2 \pm 1,5$	$1,3 \pm 0,9$	$2 \pm 1,5$
Метамиелоциты	3 ± 3	$1 \pm 0,6$	$1,7 \pm 0,3$

*Примечание: П.Я.Н – палочкоядерные нейтрофилы; С.Я.Н. – сегментоядерные нейтрофилы.

На протяжении второго периода исследования в опыте (2) и опыте (1) с пробиотическими штаммами микроорганизмов *Enterococcus162St* и *Bacillus Licheniformes* соответственно, наблюдалось снижение эритроцитов и лейкоцитов по сравнению с контрольной группой (3), а содержание гемоглобина при этом выше, чем в контрольной группе, что может говорить о хорошей насыщенности эритроцитов гемоглобином.

Белая кровь у всех групп стерляди носила лимфоидный характер, количество лимфоцитов составляло 69,4–73,9 % [8], причем в контрольной группе (1) был наименьший показатель. Отмечается нормальное распределение всех групп нейтрофилов в опытных группах по сравнению с контрольной группой стерляди (таблица 2).

Таблица 2. Результаты исследования гематологических параметров крови стерляди сибирской трех исследуемых групп (с 29.10.2024 по 10.12.2024)

Показатели	Контроль (3) Aquamarus	Опыт (2) Aquamarus+ Enterococcus162St	Опыт (1) Aquamarus + Bacillus Licheniformes
Гематологические показатели 29.10			
Эритроциты, $10^6/\text{мкл}$	$0,114 \pm 0,018$	$0,093 \pm 0,018$	$0,064 \pm 0,026$
Лейкоциты, $10^3/\text{мкл}$	$14,0 \pm 1,7$	$13 \pm 2,0$	$14,0 \pm 1,0$
Гемоглобин, г/л	$35,7 \pm 2,3$	$34,7 \pm 5,5$	$37,3 \pm 3,7$
Лейкоцитарная формула, %			
Лимфоциты	$79 \pm 1,5$	$79 \pm 1,5$	$70 \pm 3,6$
Миелобласты	$3,7 \pm 0,9$	$3,3 \pm 0,7$	$3,7 \pm 0,7$
Эозинофилы	$7,3 \pm 2,9$	$3 \pm 1,5$	$8,3 \pm 2,4$
Моноциты	$2,7 \pm 1,8$	$4,7 \pm 0,3$	$2,3 \pm 0,3$
П.Я.Н*	$4,3 \pm 0,9$	$8,3 \pm 1,8$	$5,3 \pm 0,3$
С.Я.Н*	$0,3 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,3$	3 ± 1
Миелоциты	0	0	0
Промиелоциты	$1,3 \pm 0,7$	$0,3 \pm 0,3$	$2,3 \pm 1,9$
Метамиелоциты	$1,3 \pm 0,7$	$0,7 \pm 0,3$	$1,7 \pm 0,9$
Гематологические показатели 09.11			
Эритроциты, $10^6/\text{мкл}$	$0,138 \pm 0,028$	$0,123 \pm 0,058$	$0,079 \pm 0,032$
Лейкоциты, $10^3/\text{мкл}$	$10,0 \pm 3,5$	$8,3 \pm 2,3$	$9,7 \pm 1,9$
Гемоглобин, г/л	$38,0 \pm 5,5$	$42,7 \pm 3,2$	$40,3 \pm 4,6$
Лейкоцитарная формула %			
Лимфоциты	$73,3 \pm 0,7$	$78 \pm 0,6$	$69,3 \pm 3,8$
Миелобласты	$6,3 \pm 1,2$	$3 \pm 0,6$	$4 \pm 0,6$
Эозинофилы	$4,7 \pm 2,7$	9 ± 2	$8,7 \pm 4,4$
Моноциты	$4 \pm 1,2$	$2,7 \pm 0,9$	$4 \pm 1,5$
П.Я.Н*	$5,3 \pm 1,5$	$4,3 \pm 1,3$	$6,7 \pm 2,3$
С.Я.Н*	$3,3 \pm 1,2$	0	$2,7 \pm 1,3$
Миелоциты	$0,7 \pm 0,3$	0	$0,3 \pm 0,3$
Промиелоциты	$2,3 \pm 2,3$	$1,3 \pm 0,9$	$2,7 \pm 2,2$

Метамиелоциты	0	$1,7 \pm 0,3$	$1,3 \pm 1,3$
Гематологические показатели 20.11			
Эритроциты, $10^6/\text{мкл}$	$0,150 \pm 0,044$	$0,093 \pm 0,021$	$0,081 \pm 0,011$
Лейкоциты, $10^3/\text{мкл}$	$26,0 \pm 3,5$	$14,3 \pm 4,5$	$10,7 \pm 0,9$
Гемоглобин, г/л	$30,0 \pm 1,2$	$28,7 \pm 0,9$	$30,7 \pm 0,9$
Лейкоцитарная формула, %			
Лимфоциты	$64,7 \pm 1,8$	$73,0 \pm 0,6$	$63,3 \pm 1,3$
Миелобласты	$4,0 \pm 0,6$	$3 \pm 0,6$	$6,7 \pm 0,3$
Эозинофилы	$9,0 \pm 1,0$	$2,7 \pm 0,3$	$8,0 \pm 1,2$
Моноциты	$4,7 \pm 0,3$	$3,3 \pm 0,3$	$4,3 \pm 0,3$
П.Я.Н*	$8,0 \pm 0,6$	$7,3 \pm 0,9$	$11,3 \pm 0,9$
С.Я.Н*	$2,3 \pm 0,3$	$3,0 \pm 0,6$	$3,7 \pm 0,3$
Миелоциты	0	0	0
Промиелоциты	$1,3 \pm 0,3$	$1,3 \pm 0,3$	$1,3 \pm 0,3$
Метамиелоциты	$2,3 \pm 0,7$	$6,0 \pm 0,6$	1 ± 0
Гематологические показатели 30.11			
Эритроциты, $10^6/\text{мкл}$	$0,105 \pm 0,002$	$0,131 \pm 0,020$	$0,080 \pm 0,012$
Лейкоциты, $10^3/\text{мкл}$	$19,0 \pm 4,6$	$14,0 \pm 1,7$	$12,3 \pm 2,0$
Гемоглобин, г/л	$22,7 \pm 1,5$	$26,3 \pm 3,8$	$33,7 \pm 0,9$
Лейкоцитарная формула, %			
Лимфоциты	$72,3 \pm 3,9$	$68 \pm 3,1$	$72 \pm 3,8$
Миелобласты	$2,7 \pm 1,5$	$2,3 \pm 2,3$	$3,7 \pm 1,9$
Эозинофилы	$4 \pm 1,2$	$5,3 \pm 1,5$	$3 \pm 0,6$
Моноциты	$5 \pm 0,6$	$6,7 \pm 0,9$	$5,7 \pm 2,2$
П.Я.Н*	$8,3 \pm 1,8$	$10,3 \pm 1,2$	$7,7 \pm 1,5$
С.Я.Н*	$3,3 \pm 0,9$	$4 \pm 1,2$	$2,7 \pm 0,7$
Миелоциты	$0,7 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,7$	$1,3 \pm 0,7$
Промиелоциты	$1,7 \pm 0,7$	$0,7 \pm 0$	$1,7 \pm 0,9$
Метамиелоциты	$1,3 \pm 0,3$	$2 \pm 0,6$	$2,3 \pm 0,7$
Гематологические показатели 10.12			
Эритроциты, $10^6/\text{мкл}$	$0,134 \pm 0,022$	$0,146 \pm 0,022$	$0,095 \pm 0,007$
Лейкоциты, $10^3/\text{мкл}$	$18,0 \pm 2$	$17,0 \pm 1$	$16 \pm 2,5$
Гемоглобин, г/л	$42 \pm 3,6$	$37,7 \pm 2,3$	$36,3 \pm 3,2$
Лейкоцитарная формула, %			
Лимфоциты	$76,3 \pm 1,5$	$71,7 \pm 1,5$	$72,7 \pm 1,8$
Миелобласты	$0,7 \pm 0,7$	$1,7 \pm 1,2$	$2,3 \pm 0,7$
Эозинофилы	$3,7 \pm 0,9$	$5,7 \pm 0,9$	$1,3 \pm 0,7$
Моноциты	$5,3 \pm 1,2$	$5,3 \pm 0,3$	$5,7 \pm 0,9$
П.Я.Н*	$8,3 \pm 2,3$	$6,7 \pm 1,3$	$12,3 \pm 1,2$
С.Я.Н*	$3,3 \pm 0,3$	$4 \pm 1,2$	$3,7 \pm 1,3$
Миелоциты	$0,7 \pm 0,3$	$0,3 \pm 0,3$	0
Промиелоциты	$0,3 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,3$	$0,3 \pm 0,3$
Метамиелоциты	$1,3 \pm 0,3$	$4 \pm 1,7$	$1,7 \pm 0,7$

*Примечание: П.Я.Н – палочкоядерные нейтрофилы; С.Я.Н. – сегментоядерные нейтрофилы.

Рассматривая основные гематологические параметры молоди стерляди сибирской под влиянием кормления с различными пробиотиками, можно сказать о том, что, вторая группа (*Enterococcus162St* и *Bacillus Licheniformes*) пробиотиков влияла сильнее на показатели красной и белой крови у опытных групп стерляди, так как показатели красной крови (эритроциты и гемоглобин) были ниже, чем у первой группы пробиотиков

(*Enterococcus* и *Lactobacillus plantarum*), а показатели белой крови (лейкоциты и лейкоцитарная формула) несёт более высокий лимфоидный характер, что свидетельствует о более высокой фагоцитарной активности соответственно (таблица 3).

Таблица 3. Средние значения гематологических параметров за 2 периода исследования

Показатели	Контроль Aquamarus (4)	Опыт (5) Aquamarus +Enterococcus	Опыт (6) Aquamarus + Lactobacillus plantarum
Гематологические показатели			
Эритроциты, 10 ⁶ /мкл	0,166±0,013	0,154±0,015	0,161±0,017
Лейкоциты, 10 ³ /мкл	19,6±1,2	17±1,1	18,4±1,8
Гемоглобин, г/л	35,5±3,4	37,6±1,2	40,1±2,5
Лейкоцитарная формула, %			
Лимфоциты	69±1,6	67,7±1,7	72,3±1,3
Миелобласты	4,4±0,6	4,5±0,4	4,6±0,5
Эозинофилы	6,8±1	10,6±1,14	6,3±0,5
Моноциты	4,4±0,6	3,9±0,7	3,3±0,5
П.Я.Н	7,4±1,1	6,2±0,7	8,1±1,2
С.Я.Н	3±0,5	3,4±0,9	3,1±0,4
Миелоциты	0,8±0,2	0,4±0,1	0,6 ±0,2
Промиелоциты	1,9±0,4	1,8±0,4	0,8±0,3
Метамиелоциты	1,2±0,6	1,4±0,5	1,2±0,5
Монобласты	0	0,6±0,6	0
Показатели	Контроль (3) Aquamarus	Опыт (2) Aquamarus+ Enterococcus162St	Опыт (1) Aquamarus + Bacillus Licheniformes
Гематологические показатели			
Эритроциты, 10 ⁶ /мкл	0,128±0,011	0,117±0,013	0,080±0,008
Лейкоциты, 10 ³ /мкл	17,4±1,8	13,3±1,2	12,5±0,9
Гемоглобин, г/л	33,6±2,1	34±2	35,6±1,4
Лейкоцитарная формула, %			
Лимфоциты	73,1±1,5	73,9±1,2	69,4±1,4
Миелобласты	3,4±0,6	2,6±0,5	4±0,5
Эозинофилы	5,7±0,9	5,1±0,7	5,8±1,2
Моноциты	4,3±0,4	4,5±0,4	4,4±0,5
П.Я.Н*	6,8±0,7	7,4±0,7	8,6±0,8
С.Я.Н*	2,5±0,4	2,3±0,5	3,1±0,4
Миелоциты	0,2±0,1	0,2±0,1	0,3±0
Промиелоциты	1±0,2	0,8±0,2	1,6±0,5
Метамиелоциты	1,7±0,4	2,8±0,6	1,6±0,3

*Примечание: П.Я.Н – палочкоядерные нейтрофилы; С.Я.Н. – сегментоядерные нейтрофилы.

Выводы

При изучении периферической крови стерляди выявлено:

1. На протяжении первого периода исследования в опыте (5) и опыте (6) с пробиотическими штаммами микроорганизмов *Enterococcus* и *Lactobacillus plantarum* соответственно, наблюдалось снижение эритроцитов и лейкоцитов по сравнению с контрольной группой (4), а содержание гемоглобина при этом выше, чем в контрольной группе. Белая кровь у всех групп стерляди носила лимфоидный характер, количество лимфоцитов составляло 67,7–72,3 %. Отмечается повышение всех групп нейтрофилов в

опытных группах по сравнению с опытной группой стерляди, свидетельствует о более высокой фагоцитарной активности. В опытной группе (5) были зафиксированы монобласты - 0,6%, что не отмечалось в других группах на протяжении всего исследования.

2. На протяжении второго периода исследования в опыте (2) и опыте (1) с пробиотическими штаммами микроорганизмов *Enterococcus162St* и *Bacillus Licheniformes* соответственно, наблюдалось снижение эритроцитов и лейкоцитов по сравнению с контрольной группой (3), а содержание гемоглобина при этом выше, чем в контрольной группе, что может говорить о хорошей насыщенности эритроцитов гемоглобином. Белая кровь у всех групп стерляди носила лимфоидный характер, количество лимфоцитов составляло 69,4–73,9 %, причем в контрольной группе (1) был наименьший показатель. Отмечается нормальное распределение всех групп нейтрофилов в опытных группах по сравнению с контрольной группой стерляди.

3. Рассматривая основные гематологические параметры молоди стерляди сибирской под влиянием кормления с различными пробиотиками, можно сказать о том, что, вторая группа (*Enterococcus162St* и *Bacillus Licheniformes*) пробиотиков влияла сильнее на показатели красной и белой крови у опытных групп стерляди, так как показатели красной крови (эритроциты и гемоглобин) были ниже, чем у первой группы пробиотиков (*Enterococcus* и *Lactobacillus plantarum*), а показатели белой крови (лейкоциты и лейкоцитарная формула) несёт более высокий лимфоидный характер, что свидетельствует о более высокой фагоцитарной активности соответственно.

Список литературы

1. Грозеску, Ю.Н. Использование гематологических показателей для отбора рыболоводно-продуктивных самок и самцов осетровых рыб / Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева. - Вестник АГТУ, 2008. - 18-21 с.
2. Abdullaeva, N.M. Analysis of the leukogram of sturgeons (*Acipenserbaerii* (Brandt) and *A. gueldenstaedtii* (Brandt)) grown in artificial reservoirs / N.M. Abdullaeva, M.M. Gabibov, P.A. Asadulaeva, M.G. Ramazanova // Inland Water Biology, 2015. - 421-425 с.
3. Бахарева, А.А. Научно-обоснованные методы повышения продуктивности ремонтно-маточных стад осетровых рыб за счет оптимизации технологии кормления и содержания в условиях рыболовных хозяйств Волго-Каспийского бассейна / Бахарева А.А. - Автореф. дисс. к.с.-х.н. г.Кинель. - Самар. гос. с.-х. акад., 2016. - 32 с.
4. Голодец, Г. Г. Лабораторный практикум по физиологии рыб: [Для ин-тов рыбной пром-сти] / Г.Г. Голодец, Н. В. Пучкова. - Москва: Пищепромиздат, 1955. – 5-10 с.
5. Пищенко, Е.В. Гематология пресноводной рыбы: Учебное пособие / Е.В. Пищенко - Новосиб. гос. аграр. ун-т.- Новосибирск, 2002. - 34 с.
6. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб /М-во Минсельхозпрод России. Заместителя руководителя РФ Селиверстов В.В. департамента ветеринарии. – М.: Стандартинформ, 1999. – 13 с.
7. Иванова, Н. Т. Атлас клеток крови рыб: Сравнит. морфология и классификация формен. элементов крови рыб / Н. Т. Иванова. - М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. - 200 с.
8. Сырбулов, Д. Н. Гематологические показатели ремонтно-маточного стада стерляди, содержащегося на Волгоградском осетровом рыболовном заводе / Д.Н Сырбулов. -Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. - 2005. - №3. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gematologicheskie-pokazateli-remontno-matochnogo-stada-sterlyadi-soderzhashegosya-na-volgogradskom-osetrovom-rybovodnom-zavode> (дата обращения: 23.12.2024). – 81 с.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ И ПРИРОСТОМ МАССЫ ТЕЛА СТЕРЛЯДИ СИБИРСКОЙ (*ACIPENSER RUTHENUS MARSIGLII* BRANDT) В УСЛОВИЯХ УСТАНОВКИ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Н.А. Солнцев, К.В. Симоненко, А.Д. Юрчик, И.В. Морузи

Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия, nik.solncev.97@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается наличие связи между гематологическими показателями стерляди сибирской (*Acipenser ruthenus marsiglii* Brandt) и приростом массы тела в условиях УЗВ (установка замкнутого водоснабжения). В исследовании для расчёта корреляции с массой рассматривалось три параметра: содержание эритроцитов, содержание эритроцитов и концентрация гемоглобина. В результате корреляционного анализа слабая корреляция была обнаружена только со значением гемоглобина. Что свидетельствует о том, что в ходе эксперимента с набором рыбами массы концентрация гемоглобина уменьшалась. Связь значений массы с концентрацией эритроцитов и лимфоцитов не обнаружена.

Ключевые слова: эритроциты, гемоглобин, лейкоциты, прирост, корреляция.

STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN HEMATOLOGICAL PARAMETERS AND BODY WEIGHT GAIN OF SIBERIAN STERLET (*ACIPENSER RUTHENUS MARSIGLII* BRANDT) IN THE CONDITIONS OF INSTALLATION OF A CLOSED WATER SUPPLY

N.A. Solntsev, K.V. Simonenko, A.D. Yurchik, I. V. Moruzi

Summary. This article examines the relationship between the hematological parameters of the Siberian sterlet (*Asiropseg ruthenus marsiglii* Brandt) and body weight gain in conditions of ultrasound (installation of a closed water supply). In the study, three parameters were considered to calculate the correlation with weight: red blood cell count, red blood cell count, and hemoglobin concentration. As a result of the correlation analysis, a weak correlation was found only with the hemoglobin value. This indicates that during the experiment with fish weight gain, the hemoglobin concentration decreased. The relationship of mass values with the concentration of erythrocytes and lymphocytes.

Keywords: erythrocytes, hemoglobin, leukocytes, growth, correlation.

При интенсивных технологиях искусственного выращивания гидробионтов возрастает необходимость оценки физиологического состояния рыб, подобные мероприятия имеют важное диагностическое значения и расширяют возможности производителей в поисках методов повышения продуктивности рыбоводческих предприятий. Одним из основных методов оценки являются гематологические исследования и входящий в них комплекс мероприятий, подразумевающий под собой изучение количества и качества основных характеристик клеток крови, с расчетом лейкоцитарной формулы, в результате проведения которого получают информацию о количественном и качественном составе клеточных элементов системы крови, что позволяет судить о деятельности органов кроветворения и возможных патологиях [2,6].

В настоящее время многие авторы работают над систематизацией значений крови осетровых, например, Г.И. Пронина и Н.А. Головина рассматривали референсные значения, некоторых видов осетровых. Конькова А.В. работала над сравнением гематологических

показателей особей русского осетра с нормальной и пониженной массой тела. Но все же единых показателей нормы не существует, особенно при разных показателях массы тела, что означает необходимость подобных исследований [3,7,10,12].

Цель исследования: выявить зависимость между гематологическими показателями и приростом массы тела стерляди сибирской (*Acipenser ruthenus marsiglii* Brandt)

Материалы и методы

Объект исследования – стерлядь сибирская *Acipenser ruthenus marsiglii* Brandt.

Предмет исследования – зависимость прироста массы тела и гематологических показателей в условиях УЗВ на базе ИЦ «Аквакультуры» при Новосибирском ГАУ.

Исследования проводились в два периода с 09.08.2024 по 16.09.2024 и с 29.10.2024 по 10.12.2024 группы рыб составлялись заново. Все испытуемые рыбы были размещены в одном бассейне с единой гидросистемой, забор проб и измерение живой массы проводились раз в 9-11 дней, по 3 произвольно выбранных особи.

Испытуемая рыба вылавливалась из бассейна и затем подвергался процедуре взвешивания на лабораторных весах БАТИСКАФ. Взвешивание каждой особи происходило отдельно, предварительно лишняя влага с поверхности рыбы удалялась полотенцем.

Забор крови проводился после взвешивания, предварительно жабры исследуемой рыбы обрабатывались 20% раствором лидокаина на жабры исследуемой рыбы, и после пробы брались из хвостовой артерии медицинским шприцом. Кровь, взятая из рыбы, переносилась в вакуумную пробирку с раствором антикоагулянта.

Определение гемоглобина и количества эритроцитов, лейкоцитов проводили по методике Г.Г. Голодец, 1955 [4]. Для идентификации использовали атлас клеток крови Б.Б. Ивановой [5].

Определение уровня гемоглобина происходило по методу Салли. Метод основан на способности соляной кислоты переводить гемоглобин в гемин, в следствии чего раствор буреет. Для определения процентного содержания гемоглобина необходимо пробирку гемометра Салли наполнить до деления 10 0,1N раствором соляной кислоты, далее в раствор вводят 20мм³ крови, перемешивают и дают настояться 5 мин. После того как раствор побуреет его необходимо разбавить водой до той концентрации пока интенсивность его окраски не станет схожей с поверочным раствором гемометра Салли. После этого градуированную пробирку вынимают и оценивают, до какого деления доходит в ней жидкость. Это деление указывает на содержание гемоглобина в процентах [3].

Определение количества форменных элементов крови производилось в счетной камере Горяева. Сначала кровь смешивают с красителями Нетральрот и Кристалл-виолет в пропорции, соответственно: 1:50:50 Для разбавления крови применяют смеситель, позволяющий разбавлять кровь в 100 раз. После перемешивания крови с красителями оставляют смеситель на 5- 10 минут в покое, вновь перемешивают и затем стряхнув, как обычно, первые 2—3 капли из смесителя, следующую каплю вносят в счетную камеру. В эритроцитах слабо окрашены только ядра. Ядра лейкоцитов окрашиваются в темный фиолетово-красный цвет, а протоплазма их в розоватый цвет. Благодаря этому эритроциты и лейкоциты в камере легко отличимы. Подсчитывают при помощи микроскопа на увеличении х40, вначале количество эритроцитов в 80 малых квадратах, затем количество лейкоцитов в больших 6 квадратах [3,4]. Количество клеток определялось делением результата на число квадратов, использованных в подсчете. Итог математических преобразований соответствовал среднему количеству клеток, содержащемуся в 1/4000мм³ крови. При умножении полученного результата на 4000 и на степень разведения, получали среднее содержание форменных элементов в 1мм³ крови [3,5].

Обработку данных вели с использованием стандартных таблиц Excel, по алгоритмам А.Н.Плохинского [11]. Статистическая обработка цифрового материала

проведена по общепринятой схеме с использованием t-критерия Стьюдента и корреляционного анализа [8].

Результаты

Гидрохимические условия содержания стерляди сибирской оставались постоянными на протяжении всего эксперимента и находились в пределах оптимальных значений [1]

В результате исследования значения, полученные в ходе анализа проб, были объединены в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты исследований гематологических показателей у стерляди сибирской

1 группа				2 группа			
№ 09.08				№ 29.10			
Эрит. 10^6 /мкл	Лейкоц. 10^3 /мкл	Гемог., г/л	Масса г.	Эрит. 10^6 /мкл	Лейкоц. 10^3 /мкл	Гемог., г/л	Масса г.
0,188	21	—	52	0,101	11	31	76
0,211	24	45	48	0,091	14	38	90
0,188	22	45	59	0,151	17	38	60
№ 19.08				№ 09.11			
0,190	19	40	—	0,194	16	47	77
0,146	18	40	—	0,110	10	28	146,6
0,211	20	50	65,5	0,110	4	39	69,4
№ 28.08				№ 20.11			
0,048	13	32	115	0,238	26	28	155
0,121	23	15	134	0,098	20	30	184,6
0,121	15	37	100	0,115	32	32	81,4
№ 09.09				№ 30.11			
0,217	16	48	109	0,102	22	20	127
0,223	16	42	128	0,109	10	23	120
0,085	18	31	105	0,104	25	25	153
№ 16.09				№ 10.12			
0,209	25	40	175	0,128	16	40	119,6
0,184	14	40	105	0,176	22	37	163
0,152	30	28	110	0,098	16	49	148

По полученным данным, приведенных в таблице 1, составлены диаграммы рассеивания и линия тренда, визуализирующие силу связи, и был произведен корреляционный анализ.

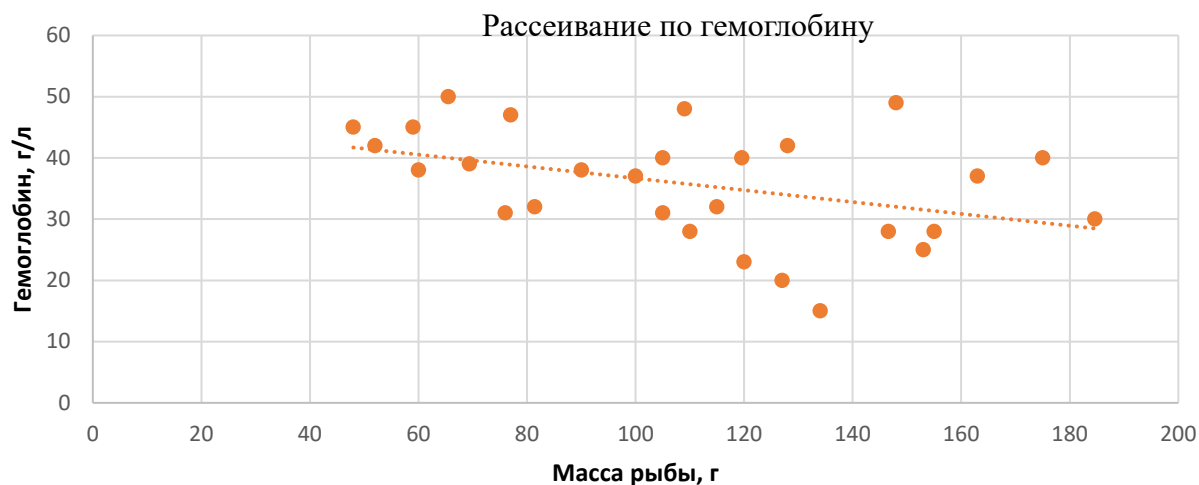


Рис.1 Рассеивание по гемоглобину

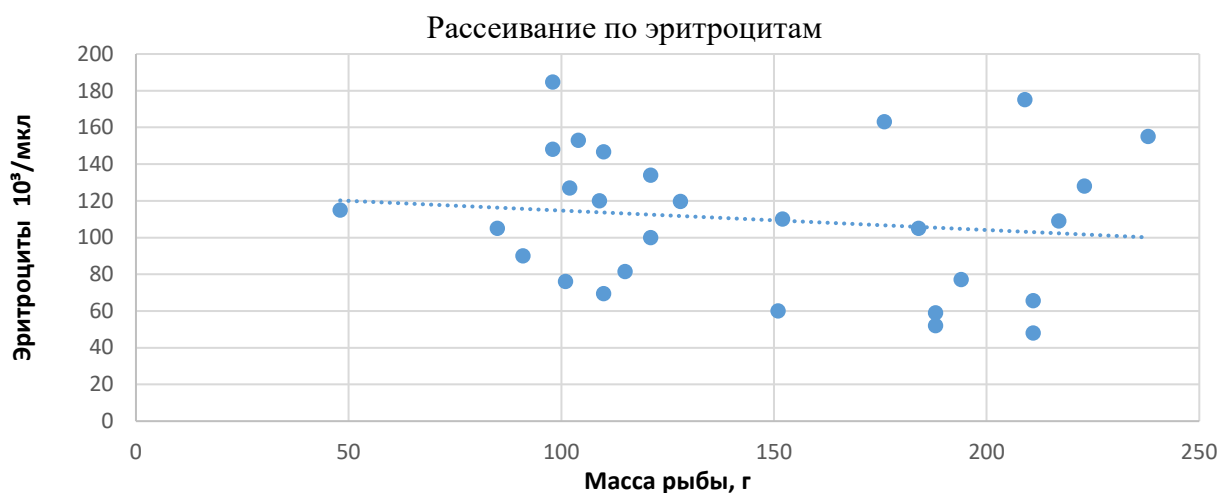


Рис. 2. Рассеивание по эритроцитам

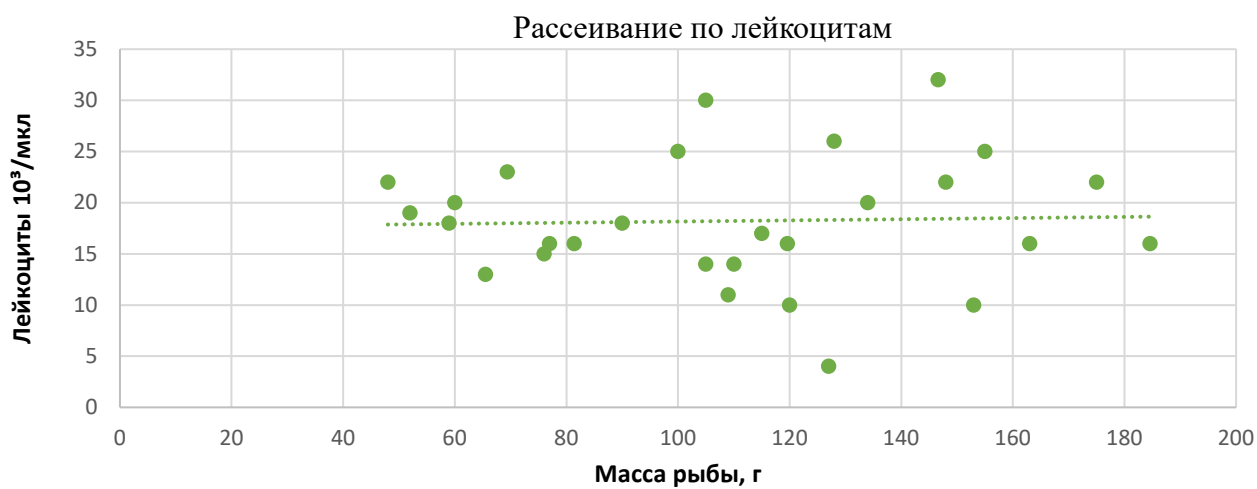


Рис 3. Рассеивание по лейкоцитам

Результаты корреляционного анализа исследуемых показателей крови отражены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты корреляционного анализа.

	<i>Эритроциты</i>	<i>Лейкоциты</i>	<i>Гемоглобин</i>
Масса	-0,14298	0,034984	-0,41144

Для определения достоверности корреляции по гемоглобину был рассчитан t-критерий Стьюдента. Значение $t=2,38869$ что при сравнении с критическими значениями таблицы критерия Стьюдента при выборке 30 дало результат достоверности $p>0,95$.

Заключение

Данные корреляционного анализа из 30 значений не дали однозначных результатов, в следствии малой выборки. Слабая отрицательная корреляция $r = 0,41144$ со значимой достоверностью $p>0,95$ обнаружена при анализе значений величины гемоглобина и массой рыб, то есть в ходе эксперимента при наборе массы гидробионта концентрация гемоглобина в крови в основном уменьшалась. Связь значений массы с концентрацией эритроцитов и лимфоцитов не обнаружена. За период эксперимента все значения красной крови не выходили за пределы референсных [5,9].

Для получение более точных и достоверных результатов необходимо проведение дальнейших исследований, с увеличенной выборкой.

Список литературы

1. Анохина, А. З. Влияние температуры и гидрохимических показателей воды в прудах на темпы роста карпа и растительоядных рыб / А. З. Анохина, Ф. Х. Ясин, Л. М. Васильева // Охрана окружающей среды - основа безопасности страны: Сборник статей по материалам Международной научной экологической конференции, посвященной 100-летию КубГАУ, Краснодар, 29–31 марта 2022 года // Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. – 2022. – С. 176-179.
2. Власов, В. А. Рыбоводство / В. А. Власов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 352 с. — ISBN 978-5-507-48272-6.
3. Головина, Н. А. Гематологические исследования и их использование для оценки здоровья рыб / Н. А. Головина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2018. – № 5. – С. 72-74.
4. Голодец, Г. Г. Лабораторный практикум по физиологии рыб/ Г. Г. Голодец. – М.: Пищепромиздат. –1955. – 90 с.
5. Иванова, Н.Т., Атлас клеток крови рыб: Сравнит. морфология и классификация формен. элементов крови рыб / Н. Т. Иванова. – Москва: Лег. и пищ. пром-сть, – 1983. – 200 с.
6. Козлов, В. И. Справочник фермера-рыбовода / В. И. Козлов. – М.: «Изд-во ВНИРО. – 1998 г. – 342 с.
7. Конькова, А. В. Сравнение гематологических показателей особей русского осетра с нормальной и пониженной массой тела / А. В. Конькова, С. С. Астафьева, А. О. Королев // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности: сборник материалов XXIII Международной научно-практической конференции, Москва, 19 января 2024 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство АЛЕФ". – 2024. – С. 173-179. – DOI 10.34755/IROK.2024.22.76.006.
8. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин — М.: Высш. Школа. – 1980. — 293 с
9. Лукьяненко, В.И., Количественная характеристика гемоглобина крови у осетровых в морской и речной периоды жизни / В.И.Лукьяненко, П.П.Гераскин / / Тезисы отчетной сессии ЦНИОРХ, 22— 25 февраля 1996 г. Астрахань, 1996. С. 41-42.

10.Новиков, Д. А. Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типовые случаи) / Д. А. Новиков, В. В. Новочадов // Волгоград: Изд-во ВГМУ. – 2005. – 84 с.

11.Плохинский, Н.А. Алгоритмы биометрии / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во Моск. ун-та. – 1980. - 150 с.

12.Пронина, Г. И. Референсные значения физиологоиммунологических показателей гидробионтов разных видов / Г. И. Пронина, Н. Ю. Корягина // Вестник АГТУ. – 2015. – №4. – С. 103-108.

УДК 574.2

ИХТИОПАТОЛОГИЧЕСКОЕ БЛАГОПОЛУЧИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ ОБЬ В ГРАНИЦАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

И.Ю. Теряева, Г.А. Романенко, В.И. Щербаков

Алтайский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АлтайНИРО»), г. Барнаул, Россия

teriaeva@altai.vniro.ru

Аннотация. В работе рассмотрены основные результаты изучения ихтиопатологического состояния реки Обь в границах Алтайского края. В ходе исследований выявлены двадцать один вид паразитов у гидробионтов, относящихся к моногенеям, цестодам, трематодам, нематодам, ракообразным и моллюскам. Наибольший видовой состав паразитов в Алтайском крае зафиксирован у леща. Субдоминант по видовому составу паразитов – обыкновенная щука и обыкновенный судак. Опасные для здоровья человека паразиты зарегистрированы в язе, обыкновенном судаке. Представлены результаты исследований по накоплению тяжелых металлов в тканях основных промысловых видов рыб в рассматриваемом водотоке. По результатам химических исследований превышений ПДК по содержанию солей кадмия, свинца, ртути и мышьяка не установлено. Концентрация определявшихся металлов в мышечной ткани рыб из реки Обь в границах Алтайского края в большинстве выборок невысокая – ниже или существенно ниже существующих в России допустимых остаточных концентраций (ДОК) этих элементов в свежих рыбопродуктах.

Ключевые слова: рыбы, ихтиопатологическое благополучие, мониторинг, паразиты, тяжелые металлы.

ICHTHYOPATHOLOGICAL WELL-BEING AND ECOLOGICAL SAFETY OF AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES IN THE UPPER REACH OF THE OB RIVER WITHIN THE BORDERS OF ALTAI KRAI

I.Yu. Teryaeva, G.A. Romanenko, V.I. Shcherbakov

teriaeva@altai.vniro.ru

Summary. The paper considers the main results of the study of the ichthyopathological state of the Ob River within the boundaries of Altai Krai. During the research, twenty-one species of parasites were identified in aquatic organisms belonging to monogeneans, cestodes, trematodes, nematodes, crustaceans and mollusks. The highest species composition of parasites in the Altai Territory was recorded in bream. The subdominant in the species composition of parasites is the common pike and the common pike-perch. Parasites hazardous to human health were recorded in ide and common pike-perch. The article presents the results of studies on the accumulation of heavy metals in the tissues of the main commercial fish species in the considered watercourse. According to the results of chemical studies, no excess of MAC for the content of cadmium, lead, mercury and arsenic salts was found. The concentration of the determined metals in the muscle

tissue of fish from the Ob River within the boundaries of the Altai Territory in most samples is low - below or significantly below the permissible residual concentrations (PRC) of these elements in fresh fish products existing in Russia.

Keywords: fish, ichthyopathological well-being, monitoring, parasites, heavy metals.

Ввиду удалённости Алтайского края от морских районов промысла водных биоресурсов, внутренние водоёмы региона являются важными источниками местной рыбной продукции. Данная продукция, как правило, распространяется и перерабатывается в непосредственной близости от водного объекта, из которого была изъята рыба. В связи с этим перед рыбохозяйственными организациями различных форм собственности встаёт задача сохранения и преумножения рыбных запасов региона.

Охрана здоровья рыб и других гидробионтов в современном мире – актуальная многоплановая проблема, которая связана с управлением биоресурсами в пресноводных экосистемах в естественных и искусственных условиях их воспроизводства. Для предотвращения вспышек эпизоотий необходимо осуществлять систематический контроль для своевременного выявления заболеваний у гидробионтов.

Болезни гидробионтов являются внешним проявлением последствий нарушения функций иммунитета и общей резистентности (адаптивного потенциала), вызванных влиянием неблагоприятных факторов среды на состояние здоровья рыб, и отражением патологических процессов на молекулярном, клеточном, тканевом, органном и организменном уровнях, возникающих в ответ на воздействие патогенных организмов, токсикантов и ухудшения условий среды обитания [14].

Немаловажное значение для рыбоводства и рыболовства имеет изучение эпизоотического состояния естественных водных объектов Алтайского края. Основой рационального планирования и эффективного осуществления мероприятий по борьбе с инфекционными болезнями гидробионтов в водных объектах должен стать эпизоотологический мониторинг.

Проблема накопления тяжелых металлов в органах и тканях рыб является особо актуальной в связи с увеличением антропогенной нагрузки на водные объекты. В отличие от других органических соединений, тяжелые металлы в водных экосистемах существуют неопределенно длительный промежуток времени, накапливаясь в гидробионтах в существенно большем количестве, чем в среде их обитания, становясь, таким образом, высокотоксичными для живых организмов всех трофических уровней [13].

Сведения о микроэлементном составе тканей рыб можно использовать для оценки качества водоема. Повышенное содержание в организме рыб металлов свидетельствует о значительной концентрации их в водной среде, аккумуляции последних в пищевых цепях, функциональном нарушении во всех звеньях экосистемы.

Знания о составе и количестве тяжелых металлов в тканях промысловых рыб имеют важное практическое значение. Рыбы являются одним из компонентов пищевого рациона населения, и избыточное содержание металлов в рыбопродуктах, в конечном итоге, отражается на здоровье человека как потребителя продукции [13].

Рыбохозяйственный водный фонд Алтайского края располагается в различных ландшафтно-географических зонах – от степной до предгорной, и отличается разнообразной типологией, включая в себя верховье Оби – участок от слияния рек Бия и Катунь до зоны выклинивания подпора Новосибирского водохранилища, с основными притоками (рр. Песчаная, Чарыш, Алей, Чумыш) и пойменными водоемами. В современной ихтиофауне наиболее распространены представители семейства карповых (40,5 %); меньшим количеством видов и внутривидовых таксонов представлены лососевые и сиговые (10,5 %), из семейств окуневых и керчаковых по 7,9 %. В других семействах насчитывается по 1 – 2 вида. Среди них основным объектом промысла является: лещ (*Abramis brama* (Linnaeus, 1758)), плотва (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)), серебряный карась (*Carassius auratus* (Linnaeus, 1758)), обыкновенная щука (*Esox lucius* Linnaeus, 1758),

язь (*Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758)), обыкновенный судак (*Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758)), речной окунь (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) [1, 2, 3]. В последнее время опубликован ряд работ описывающих паразитофауну рыб Средней Оби [5-8, 16].

Цель работы – охарактеризовать ихтиопатологическую ситуацию и экологическую безопасность основных промысловых видов рыб в верховьях реки Обь в границах Алтайского края.

Материалы и методы

Паразитологический анализ проводили согласно государственным стандартам¹ и общепринятым методикам [4, 12].

При проведении ихтиопатологических исследований для оценки заражённости рыб использовались общепринятые в паразитологии показатели:

- пораженность, или экстенсивность инвазии (ЭИ) – число зараженных экземпляров рыб к числу исследованных в процентах;
- интенсивность инвазии (ИИ) – минимальное и максимальное число паразитов в одной зараженной особи рыбы;
- индекс обилия (ИО) – среднее число паразитов на каждую обследованную рыбу в выборке [17].

Для видовой идентификации паразитов использовали определители [9-11; 15].

Исследовалось по 15 экземпляров разных видов рыб, обитающих в исследуемом водном объекте. Паразитологический анализ включал наружный осмотр рыбы с определением длины (абсолютная, промысловая), массы тела, пола, стадии зрелости особи. Наружный осмотр рыбы проводили для определения отклонений от нормы: новообразований (неоплазия), кровоизлияний (покраснения), язвенных поражений кожи, деформации костей, патологии глаз, эктопаразитов, истощения, анемии, вздутия брюшка (водянка), ерошения чешуи, выпячивания ануса, некроза тканей и т.д. Паразитологическое исследование проводили по установленному плану, в определенной последовательности изучения поверхности тела и отдельных органов вскрытой рыбы. Исследование проводили компрессорным методом.

За 2023 год сотрудниками Алтайского филиала ФГБНУ «ВНИРО» был произведен отбор проб ихтиоматериала на паразитологический анализ на следующих точках акватории реки Обь в границах Алтайского края:

- река Обь с протоками в границах Первомайского района Алтайского края;
- река Обь с протоками в границах Каменского района Алтайского края.

Оценку безопасности водных биоресурсов проводили по нормируемым в СанПиН² показателям – токсичные элементы и пестициды.

Образцы рыбы (лещ, плотва, серебряный карась, обыкновенная щука, язь, обыкновенный судак, речной окунь), отобранные на месте промысла, были доставлены в мороженом виде в испытательную лабораторию КГБУ «Алтайский краевой ветеринарный центр по предупреждению и диагностике болезней животных» г. Барнаул для проведения исследований.

Материалом для изучения послужили образцы мышечной ткани рыб. Количественный анализ образцов на измерение концентраций мышьяка (As), кадмия (Cd) и свинца (Pb) производили и использованием метода инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа «ТА» с приложением «Проведение анализа с использованием анализатора ПАН-As». Измерение массовой концентрации общей ртути (Hg) производили

¹ МУК 3.2.988-00 «Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыб, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки» Федерального центра Госсанэпиднадзора Минздрава России», СанПиН 2.3.2.1078-2001 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», утвержденные Постановлением главного государственного санитарного врача от 14.11.2001 № 36.

² СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов»

методом атомной абсорбции с использованием анализатора ртути «Юлия 5К». Все результаты анализа выражены в мкг/г сырой массы.

Результаты и их обсуждение

По результатам работ зарегистрировано 21 вид паразитов, относящихся к моногенеям, цестодам, трематодам, нематодам, ракообразным и моллюскам: *Dactylogyrus* sp., *Gyrodactylus cernae*, *Opisthorchis felinus*, *Triaenophorus nodulosus*, *Diplostomum chromatophorum*, *D. spathaceum*, *Tylodelphys clavata*, *Paracoenogonimus ovatus*, *Caryophyllaeus laticeps*, *Ichthyocotylurus platycephalus*, *Cyathocotyle prussica*, *Posthodiplostomum cuticola*, *Phyllodistomum elongatum*, *Camallanus truncatum*, *Camallanus lacustris*, *Contracoecum* sp., *Ergasilus sieboldi*, *Argulus foliaceus*, *Lerne cyprinacea*, *Piscicola geometra*, *Anodonta cygnea*.

В перечень опасных для здоровья человека видов паразитов, передающихся через рыбу, входит четыре вида, встречающихся на территории Алтайского края: *Opisthorchis felinus*, *Metorchis* sp., *Diphyllbothrium latum*, *Paracoenogonimus ovatus*.

Метацеркарии возбудителя описторхоза *O. felinus* зафиксированы у рыбы вида язь добытой в р. Обь в границах Каменского района Алтайского края. ЭИ составила 100,0 %, максимальное количество метацеркариев составило 15 экз.

Возбудитель *P. ovatus* отмечен у обыкновенного судака, леща, плотвы и язя выловленных в р. Обь в границах Каменского района Алтайского края. Максимальное количество метацеркариев также зафиксировано у язя и составило 241 экз. (таблица 1).

Наибольший видовой состав паразитов в Алтайском крае зафиксирован у леща, у которого выявлено семь видов: *Lerne cyprinacea*, *Piscicola geometra*, *Posthodiplostomum cuticola*, *Phyllodistomum elongatum*, *Diplostomum* sp, *Caryophyllaeus laticeps*, *Ichthyocotylurus platycephalus*. Доминирующей по уровню инвазии является трематода *P. cuticola*, паразит найден у всех особей в выборке добытых в р. Обь в границах Первомайского района с максимальным количеством – 4 экз. Субдоминант – трематода *Diplostomum* sp. (таблица 2).

Таблица 1. Зараженность паразитами рыб в р. Обь в границах Каменского района Алтайского края, 2023 г.

Вид рыбы	Вид паразита	Статистические показатели зараженности		
		ЭИ, % (экз.)	ИИ, экз.	ИО, экз.
Лещ	<i>E. sieboldi</i>	3,1	0 – 22	2,8
	<i>I. platycephalus</i>	14,3	0 – 8	1,5
	<i>P. ovatus</i>	2,3	0 – 19	2,5
Обыкновенный судак	<i>Dactylogyrus</i> sp.	13,3	1 – 10	0,7
	<i>E. sieboldi</i>	6,6	0 – 1	0,1
	<i>I. platycephalus</i>	13,3	11 – 79	6,0
	<i>P. ovatus</i>	13,3	1 – 29	2,0
Язь	<i>I. platycephalus</i>	26,7	2 – 87	6,5
	<i>Diplostomum</i> sp.	33,3	1 – 24	2,7
	<i>P. elongatum</i>	13,3	1 – 50	3,4
	<i>P. ovatus</i>	13,3	18 – 241	24,2
	<i>O. felinus</i>	100,0	3 – 15	32,4
	<i>Dactylogyrus chr.</i>	13,3	0 – 2	0,4
	<i>T. clavata</i>	20,0	0 – 1	0,2
Обыкновенная щука	<i>Anodonta c.</i>	6,6	0 – 1	0,7
	<i>T. nodulosus</i>	6,6	0 – 1	0,7
	<i>E. sieboldi</i>	20,0	0 – 41	2,7
	<i>Tylodelphys clavata</i>	13,3	8 – 42	3,3
	<i>Anodonta c.</i>	13,3	0 – 1	0,1

Серебряный карась	<i>Cyathocotyle prussica</i>	13,3	0 – 9	0,6
Речной окунь	<i>Diplostomum</i> sp.	6,7	0 – 1	0,1
	<i>I. platycephalus</i>	13,3	1 – 42	2,7
	<i>Tylodelphys clavata</i>	13,3	2 – 36	2,5
	<i>Camallanus lacustris</i>	6,7	0 – 3	0,2
Плотва	<i>Posthodiplostomum cuticola</i>	6,6	0 – 3	0,2
	<i>Diplostomum</i> sp.	13,3	13 – 56	4,6
	<i>P. ovatus</i>	26,7	22 – 64	10,1
	<i>I. platycephalus</i>	6,6	0 – 14	0,9

Таблица 2. Зараженность паразитами рыб в р. Обь в границах Первомайского района Алтайского края, 2023 г.

Вид рыбы	Вид паразита	Статистические показатели зараженности		
		ЭИ, % (экз.)	ИИ, экз.	ИО, экз.
Лещ	<i>P. geometra</i>	6,7	0 – 1	0,1
	<i>L. cyprinacea</i>	6,7	0 – 1	0,1
	<i>P. cuticola</i>	100,0	1 – 4	2,5
	<i>P. elongatum</i>	6,7	0 – 15	1,0
	<i>Diplostomum</i> sp.	20,0	4 – 29	2,5
	<i>C. laticeps</i>	14,3	0 – 5	0,7
	<i>E. sieboldi</i>	13,3	1 – 4	0,3
	<i>I. platycephalus</i> .	33,3	0 – 12	1,7
Обыкновенный судак	<i>Dactylogyrus</i> sp.	20,0	1 – 13	1,5
	<i>Argulus foliaceus</i>	6,7	0 – 1	0,1
	<i>I. platycephalus</i>	13,3	0 – 1	0,1
	<i>C. truncatum</i>	6,7	0 – 1	0,1
	<i>Contracoecum</i> sp.	13,3	5 – 11	1,1
Речной окунь	<i>Diplostomum</i> sp.	6,7	0 – 1	0,1
	<i>I. platycephalus</i>	13,3	9 – 16	1,7
	<i>T. clavata</i>	6,7	0 – 2	0,1
	<i>P. elongatum</i>	6,7	0 – 1	0,1
Плотва	<i>P. cuticola</i>	26,7	0 – 1	0,7
	<i>Diplostomum</i> sp.	13,3	1 – 3	0,3
	<i>Dactylogyrus</i> sp.	20,0	0 – 2	0,4
Обыкновенная щука	<i>Dactylogyrus</i> sp.	6,7	0 – 15	1,0
	<i>T. nodulosus</i>	13,3	0 – 9	1,0
	<i>Diplostomum</i> sp.	6,7	0 – 3	0,2
	<i>E. sieboldi</i>	26,7	3 – 189	13,7
	<i>Tylodelphys clavata</i>	6,7	0 – 3	0,2

Субдоминант по видовому составу паразитов – обыкновенная щука и обыкновенный судак. Паразитофауна представлена девятью видами: *Dactylogyrus* sp., *D. spathaceum*, *T. nodulosus*, *E. sieboldi*, *I. platycephalus*, *P. ovatus*, *C. truncatum*, *Contracoecum* sp., *Tylodelphys clavata*. Наибольшая встречаемость отмечена по сосальщику *Dactylogyrus* sp. (20,0 %) у плотвы, максимальные количественные показатели инвазии – у ракообразных *E. sieboldi* (ИО – 189 экз.) у обыкновенной щуки. Наименьшие данные (наименьшее заражение) по всем показателям установлены по трематоду *P. elongatum*.

Таким образом, уровень заражения выявленными паразитами фоновый. Наибольшая инвазия – моногенетическим сосальщиком *Dactylogyrus* sp., наименьшая – писциколезом вызываемая *P. geometra*.

Все представленные пробы были исследованы на содержание токсичных химических элементов. По результатам химических исследований превышений ПДК по содержанию солей кадмия, свинца, ртути и мышьяка не установлено. Массовая концентрация кадмия и мышьяка определена на уровне менее 0,001 и 0,03 мг/кг соответственно (по всем исследованным точкам отбора в реке Обь в границах Алтайского края).

Массовая концентрация свинца (при ПДК = 1,0мг/кг) находилась на уровне от (0,02 ± 0,01) мг/кг (плотва и обыкновенная щука) до концентрации (0,13 ± 0,05) мг/кг (обыкновенный судак).

Предельно-допустимые концентрации для ртути установлены на уровне 0,6 мг/кг для хищных видов рыб и 0,3 мг/кг для не хищных. Максимальная концентрация солей ртути (0,05 ± 0,01) мг/кг отмечена у плотвы и обыкновенной щуки, добытой из р. Обь в границах Первомайского района Алтайского края. Превышений ПДК ртути не установлено ни в одной пробе.

Таким образом, концентрация определявшихся металлов в мышечной ткани рыб по всем исследованным точкам отбора на реке Обь в границах Алтайского края в большинстве выборок невысокая – ниже или существенно ниже существующих в России допустимых остаточных концентраций (ДОК) этих элементов в свежих рыбопродуктах.

Заключение

По итогам проведенных исследований, опасные для здоровья человека паразиты зарегистрированы в язе, обыкновенном судаке. Выявленная паразитофауна является специфичной для региона исследований и анализируемых видов рыб. Однако, соблюдение общих санитарных правил и норм профилактики заболеваний человека и животных, возбудители которых передаются через рыбу, актуально. Концентрация тяжелых металлов в тканях рыб из реки Обь в границах Алтайского края в среднем сравнительно низкая и не превышает ДОК для свежих продуктов, что является косвенным подтверждением результатов определения тяжелых металлов в водоемах химическими методами. Необходимо регулярно отслеживать содержание металлов, в том числе и токсичных, в организме рыб, обитающих не только в загрязненных водоемах, но и в относительно чистых. Это позволит накапливать информацию о фоновом содержании изучаемых элементов в организме рыб и оценивать антропогенную нагрузку на водоемы, используя методы ихтиоиндикации.

В настоящее время исследования продолжаются. Стоит отметить, что расширение исследований в данном направлении, является достаточно значимым и важно осуществлять регулярный контроль за паразитами, которые вызывают заболевания не только у рыб, но и патогенные человека.

Список литературы

1. Аннотированный список рыбообразных и рыб Алтайского края (Россия, Западная Сибирь) / В. Б. Журавлев, Г. А. Романенко, И. Ю. Теряева, А. Ю. Лукерин // Алтайский зоологический журнал. – 2020. – № 16. – С. 23-34.
2. Веснина, Л.В. Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования / Л.В. Веснина, В.Б. Журавлев, В.А. Новоселов и др. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. – 284 с.
3. Журавлев, В.Б. Рыбы бассейна Верхней Оби: монография / В.Б. Журавлев. – Барнаул: Издательство АлтГУ, 2003. – 292 с.
4. Лабораторный практикум по болезням рыб / под ред. В.А. Мусселиус – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 253 с.

5. Морозко, А. В. Влияние абиотических факторов на гибель рыб заражённых *Digamma interrupta* (L.) на примере рыб из Новосибирского водохранилища / А. В. Морозко, Е. А. Вялкова, А. В. Абрамов // Современное состояние водных биоресурсов и аквакультуры : Материалы VII научно-практической международной конференции, Новосибирск, 08–09 ноября 2023 года. – Новосибирск: Издательский центр НГАУ "Золотой колос", 2023. – С. 154-157. – EDN IMQZBW.
6. Морозко, А. В. Влияние экологических особенностей язя Новосибирского водохранилища на его заражение *Methorchis bilis* / А. В. Морозко, М. А. Дорогин, И. В. Морузи, Е. В. Пищенко // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2022. – Т. 16, № 7(198). – С. 488-497. – DOI 10.33920/sel-09-2207-05. – EDN EXYWZX.
7. Морозко, А. В. Влияние экологических особенностей язя Новосибирского водохранилища на его заражение *Methorchis bilis* / А. В. Морозко, М. А. Дорогин, И. В. Морузи, Е. В. Пищенко // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2022. – Т. 16, № 7(198). – С. 488-497. – DOI 10.33920/sel-09-2207-05. – EDN EXYWZX.
8. Морозко, А. В. Изменение показателей зараженности леща *Abramis brama* L. в зависимости от концентрации особей в биотопе / А. В. Морозко, А. А. Дайтхе, М. А. Дорогин // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2020. – № 1(168). – С. 48-51. – EDN PXYCGZ.
9. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. – Т. 1. – Ленинград: Наука, 1984. – 431 с.
10. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. – Т. 2. – Ленинград: Наука, – 1985. – 425 с.
11. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. – Т. 3. Ленинград: Наука, – 1987. – 583 с.
12. Павловская, И.Е. Паразиты рыб – руководство по изучению / И.Е. Быховская - Павловская. – Л.: Наука, 1985. – 117 с.
13. Попов, П.А. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб из водоемов бассейна реки Оби /П.А. Попов, Н.В. Андросова // Вестник Томского государственного университет. Биология. – 2014 – № 4 (28). – С.108-122.
14. Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов: расширенные материалы IV Международной конференции, Борок, 24 – 27 сентября 2015 года / РАН, Федер. агентство науч. орг. России, ФГБУН Ин-т биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН; [под ред. В. Р. Микрякова, Е. А. , Криксунова, Д. В. Микрякова] ; отв. за вып. Д. С. Павлов [и др.]. – Ярославль: Филигрань, 2015. – 588 с.
15. Пугачев, О.Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Нематоды, скребни, пиявки, моллюски, ракообразные, клещи // Труды Зоологического института РАН. – 2004. – 250 с
16. Симакова, А. В. Современная ситуация по описторхозу в Томской области / А. В. Симакова, И. Б. Бабкина, А. М. Бабкин [и др.] // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2024. – № 67. – С. 152-169. – DOI 10.17223/19988591/67/9. Филиппов, К.К. Рыболовство в Алтайском крае: рекомендации. / К.К. Филиппов, А.В. Филиппова // Барнаул: РАСХН. Сиб. Отд-ние АНИИСХ. – 2006 – 20 с.

УДК 574.3

РОСТ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА, ПОЛУЧЕННОГО В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ, НА ДОННОЙ ПЛАНТАЦИИ В ПРОЛИВЕ СТАРКА

И.С. Турабжанова

Тихоокеанский филиал государственного научного центра Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Владивосток, Россия,
irina.turabzhanova@tinro.vniro.ru

Аннотация. Исследован рост и распространение приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* в проливе Старка. Приморский гребешок, выращенный из личинки в заводских условиях и подрощенный до года в садках на подвесной плантации, после высадки на донную плантацию распределился полосой на глубине 8-9 м. В процессе роста гребешок перемещался к берегу на глубины 3-5 м, где он образовал плотное скопление (0,5-0,7 экз./м²). Численность моллюсков резко снизилась за первый год обитания на донной плантации. К четырехлетнему возрасту выживаемость гребешка составляла 30,5 % от общего числа расселенной молоди. Рост заводского гребешка сравним с ростом гребешка на подвесных плантациях на юге Приморья. В условиях пролива Старка, в трехлетнем возрасте гребешки, выращенные в заводских условиях, были значительно крупнее, чем моллюски, выращиваемые на дне в заливе Посыета.

Ключевые слова: приморский гребешок, рост, распространение, численность, пролив Старка.

THE GROWTH AND DISTRIBUTION OF THE SEASIDE SCALLOP, OBTAINED IN FACTORY CONDITIONS, ON A BOTTOM PLANTATION IN THE STARK STRAIT

I.S. Turabzhanova

Summary. The growth and distribution of the seaside scallop *Mizuhopecten yessoensis* in the Stark Strait has been studied. The seaside scallop, grown from a larva in factory conditions and grown up to a year in cages on a suspended plantation, after landing on a bottom plantation, was distributed in a strip at a depth of 8-9 m. During the growth process, the scallop moved to the shore at depths of 3-5 m, where it formed a dense cluster (0.5-0.7 specimens/m²). The number of mollusks decreased sharply during the first year of their habitat on the bottom plantation. By the age of four, the survival rate of the scallop was 30.5% of the total number of settled juveniles. The growth of a factory scallop is comparable to the growth of a scallop on hanging plantations in the south of Primorye. In the conditions of the Stark Strait, at the age of three, the scallops grown in factory conditions were significantly larger than the shellfish on the bottom in the Gulf of Posyeta.

Keywords: seaside scallop, growth, distribution, abundance, Stark Strait.

Приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis* —свободноживущий (некрепленный) двустворчатый моллюск. В зал. Петра Великого встречается на глубине от 0,5 до 48,0 м. Гребешок обитает на илисто-песчаных, илистых грунтах с примесью гальки, гравия и ракуши [7].

В начале 2000-х гг. плотность поселений приморского гребешка изменялась в пределах 0,01–0,10 экз./м², биомасса была оценена в 0,8 тыс. т [9]. В настоящее время естественные поселения приморского гребешка в зал. Петра Великого занимают площадь более 50 км². Его численность составляет около 4 млн. экз., а общая биомасса — 0,8 тыс. т. Поселения с наиболее высокой численностью и биомассой отмечены в юго-западной части зал. Петра Великого, бухтах зал. Посыета (Рейд Паллада, Экспедиции, Новгородская), Славянском заливе, на участке Амурского залива от бухты Нарва до мыса Песчаного, а также в островной зоне [10].

Культивирование приморского гребешка — одно из основных направлений марикультуры в Приморском крае. Анализ хозяйственной деятельности мариферм показывает, что дальнейшее развитие и наращивание объемов производства в значительной степени сдерживается нехваткой посадочного материала [5]. Молодь приморского гребешка получают в хозяйствах осажением личинки на коллекторы, ее количество существенно варьирует в разные годы, так как зависит от межгодовой изменчивости факторов среды [4]. В 2019 году начал работу завод по выращиванию молоди гидробионтов

в рамках Инновационного научно-исследовательского центра на о. Попова. В 2020-21 годах на заводе проводились работы по выращиванию приморского гребешка из личинки в результате нереста производителей в контролируемых условиях.

Личинки гребешка выкармливаются микроводорослями как до стадии оседания, так и после нее. Достигшая размеров 500 микрон молодь переносится в коллекторах на подвесную плантацию в толщу воды. В коллекторах она находится до октября. После молодь пересаживается в садки и, при достижении средней массы 10 г, расселяется на донную плантацию. Однако данных о том, как растет гребешок, выращенный в заводских условиях, на донных плантациях и как распределяется на дне, до проведения настоящих исследований не имелось.

Цель работы: исследовать линейный рост и распределение гребешка приморского, полученного в заводских условиях, на донной плантации в проливе Старка.

Материалы и методы

Сбор материала для изучения состояния и структуры поселения гребешка проводили на опытном полигоне в пр. Старка общепринятым водолазным гидробиологическим методом, по стандартной методике, используемой при ресурсных исследованиях [2]. Расстояние между разрезами составляло от 30 до 50 м, расстояние между станциями на разрезе – не более 100 м. Позиционирование осуществлялось с помощью спутникового навигатора «Garmin GPS 78», глубина определялась с помощью эхолота. Было выполнено 39 водолазных станций. На каждой станции определяли глубину, тип грунта, плотность распределения гребешка, отбирали пробы макробентоса. Измерения гидробионтов производили с помощью штангенциркуля с точностью до 1 мм, массу определяли с помощью электронных весов с точностью до 1 г.

Для подготовки картографических материалов использовали ГИС MapInfo Professional. Расчет численности и общей биомассы гребешка осуществляли методом диаграмм Вороного (полигоны Тиссена). Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программ Statistica, MS Excel.

Результаты и их обсуждение

Распределение гребешка

В 2021 году на донную плантацию в проливе Старка было высажено 25,84 тыс. годовиков гребешка приморского, выращенного в заводских условиях в Инновационном научно-исследовательском центре на острове Попова. После отсадки гребешок распределялся полосой на глубине 8-9 м.

При обследовании донной плантации гребешка в 2022 году было отмечено, что животные распространились на площади 24,125 тыс. м² на глубине от 7 до 11 метров с плотностью от 0,05 до 0,7 экз./м². Максимальная плотность распределения двухлетнего гребешка отмечалась на глубине 10-11 метров. Численность его составляла 8,5 тыс. шт. Такое уменьшение численности с момента отсадки в 2021 году может объясняться тем, что молодые особи гребешка в возрасте одного года уничтожаются морскими звездами. Так, плотность морских звезд гребешковой патирии (*Patiria pectinifera*) составляла на донном участке до 4-5 экз. на м². Искусственно выращенный гребешок легко отличается от естественного по наличию ярко выраженного кольца задержки роста – «порожка», сформировавшегося на створках в процессе садкового выращивания, а также после транспортировки и отсадки молоди на дно [1].

В 2023 году трехлетние гребешки занимали площадь 23,5 тыс. м². Глубина их распространения – 7-11 м, также как и в 2022 году. Однако максимальная плотность трехлетнего гребешка отмечалась на 7-9 метрах глубины. Численность трехлетнего гребешка составила 8,3 тыс. шт. Практически сравнимая численность двухлетнего и трехлетнего гребешка, вероятно, говорит о том, что выросший гребешок уже не так

доступен хищникам, хотя плотность морских звезд на донном участке не снизилась и составляла до 4-5 экз. на м².

В 2024 году четырехлетние гребешки занимали площадь 36,4 тыс. м² в диапазоне глубин 3-11 м. Численность их составила 7,9 тыс. шт. 2024 год характеризовался высокой плотностью гребешка на участках дна с глубинами 3-5 м. Здесь плотность распределения моллюсков достигала 0,5 экз./м². На глубинах 7-11 м животные встречались единично. Отмечена тенденция перемещения гребешка к берегу на меньшие глубины, где он сконцентрировался в довольно плотное скопление. Сужение границ распределения и уплотнение скоплений зрелого гребешка необходимы для успешного его воспроизводства [8].

Приморский гребешок в пр. Старка отмечался на участках дна с песчаным и илисто-песчаным дном (рис. 1). На мягком субстрате гребешок обычно слегка или до уровня верхней створки зарывается в грунт [8,11].

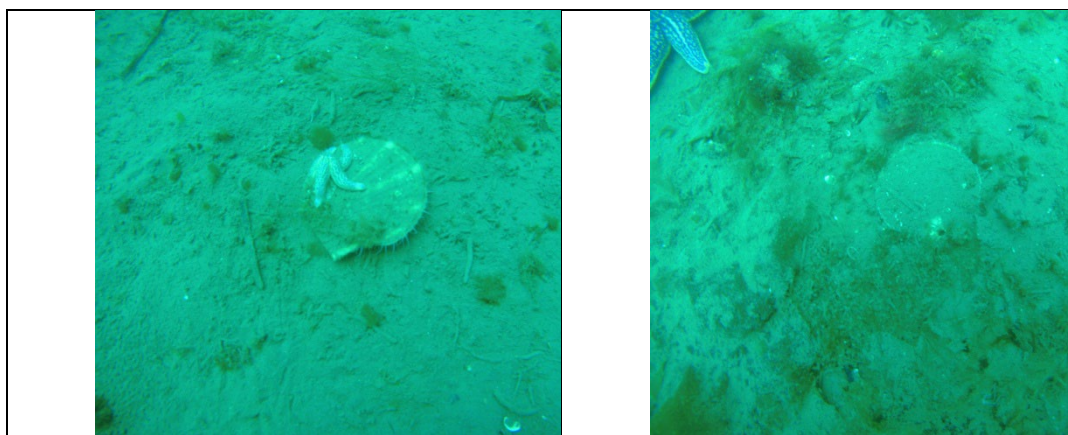


Рис. 1. Приморский гребешок, выращенный в заводских условиях, на заиленном песке донной плантации.

Линейный рост гребешка

Годовик расселялся достаточно крупный со средней высотой раковины более 40 мм и массой 10,2 г. По данным Кучерявенко А.В. с соавторами высота годовика в южном Приморье при подвесном выращивании составляет 26-40 мм со средней массой 5,0 - 10,0 г [6].

Рост гребешка, полученного из личинки в заводских условиях, сравним с ростом гребешка при подвесном выращивании в южном Приморье. За 4 года выращивания на дне гребешок, полученный в заводских условиях, достиг размера 114,2 мм и массы 200,2 г (табл. 1). При подвесном садковом выращивании в зал. Посьета гребешок имеет такие же товарные показатели: высота раковины – 115 мм, общая масса – 180-200 г [6].

Таблица 1. Линейный рост приморского гребешка, выращенного в заводских условиях

	Годовик	Двухгодовик	Трехлеток	Четырехлеток
Высота, мм	40,3 ±1,22	80,8 ±1,12	97,8 ±1,09	114,2 ±0,69
Масса общая, г	10,2 ±0,96	73,5 ±4,39	112,5 ±4,25	200,2 ±3,65

После трех лет выращивания в условиях пролива Старка гребешки были значительно крупнее (размер 97,8 ±1,09 мм и масса 112,5 ±4,25 г), чем на дне в зал. Посьета. В зал. Посьета после посева годовиков на дно, гребешок такого же возраста имел следующие показатели: высота раковины 88,9 ± 1,5, масса - 79,3 ± 4,1 г. [3]. Это может объясняться тем, что линейный рост приморского гребешка в различных популяциях зал. Петра Великого

зависит не только от температуры, но и от других факторов внешней среды. Заметно лучше растут гребешки у островов Фуругельма, Стенина, Попова, Русский, т.е. в районах, преимущественно с песчаным или галечным дном, иногда с небольшой примесью ила и ракуши. Эти участки сообщаются с открытым морем, что обеспечивает хорошую аэрацию воды и оптимальное содержание кислорода; летом в них сохраняется относительно постоянная и высокая соленость, происходит равномерный прогрев воды в июле-августе [7].

Анализ размерной структуры выращиваемых гребешков показывает, что со второго года выращивания по третий высота створок доминирующей группы моллюсков (36-45%) возросла с 75-80 мм до 95-100 мм (рис. 2). В 2024 году модальную группу составляли уже особи размером 115-120 мм (25%).

Таким образом, размерная структура иллюстрирует увеличение средней длины раковины доминирующей группы за счет роста моллюсков.



Рисунок 2. Размерная структура приморского гребешка, выращенного в заводских условиях, в 2022 – 2024 годах.

Заключение

Приморский гребешок, выращенный из личинки в заводских условиях и подрощенный до года в садках, после высадки на донную плантацию распределился полосой на глубине 8-9 м. В процессе роста гребешок перемещался к берегу на глубины 3-5 м, где он образовал плотное скопление (0,5-0,7 экз./м²).

Численность моллюсков резко снизилась за первый год обитания на донной плантации. Это может объясняться тем, что молодых особей гребешка на дне уничтожают морские звезды. В возрасте 2-4 лет численность животных практически не снижалась. К четырехлетнему возрасту выживаемость гребешка составляла 30,5 % от общего числа расселенной молодежи.

Рост заводского гребешка при донном выращивании сравним с ростом гребешка на подвесных плантациях на юге Приморья. За 4 года выращивания на дне гребешок, полученный в заводских условиях, достиг размера 114,2 мм и массы 200,2 г, тогда как при подвесном садковом выращивании в зал. Посьета гребешок достигает следующих товарных показателей: высота раковины – 115 мм, общая масса – 180-200г.

При донном выращивании заводские трехлетние гребешки пролива Старка, были значительно крупнее, чем моллюски такого же возраста на донных плантациях в зал. Посьета.

Список литературы

1. Афейчук, Л.С. Характеристика скоплений естественного и культивируемого гребешка приморского - *Mizuhopecten yessoensis* Jay – в бухте Киевка (Японское море) / Л.С. Афейчук, Е.М. Диденко // Известия ТИНРО. – 2000. - № 127. – С. 362-372.
2. Блинова, Е.И. Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне / Е.И. Блинова, О.Ю. Вилкова, Д.М. Милютин, О.А. Пронина, В.А. Штрик. - М.: ВНИРО, 2003. - 80 с.
3. Габаев, Д.Д. Рост приморского гребешка *Patinopecten* (= *Mizuhopecten*) *yessoensis* на морских плантациях Приморского края / Д.Д. Габаев // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов мирового океана: материалы VII Международной научно-технической конференции. – Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2022. – с. 68-71.
4. Гаврилова, Г.С. Результаты хозяйственной деятельности и проблемы развития марикультуры залива Посыета (Японское море) в 2000–2015 гг. / Г.С. Гаврилова, Е.С. Кондратьева // Известия ТИНРО. — 2018. — № 195. — С. 229–243.
5. Гаврилова, Г.С. Первый опыт садкового выращивания заводской молоди гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*) у восточного побережья Приморья / Г.С. Гаврилова, И.Ю. Сухин, И.С. Турабжанова // Известия ТИНРО. – 2019. - № 197. – С. 208-2018.
6. Кучерявенко, А.В. Справочник по культивированию беспозвоночных в южном Приморье / А.В. Кучерявенко, Г.С. Гаврилова, М.Г. Бирюлина. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2002. – 83 с.
7. Мотавкин, П.А. Приморский гребешок / П.А. Мотавкин, А.А. Вараксин, В.С. Левин. - Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. - 244с.
8. Разин, А.И. Морские промысловые моллюски Южного Приморья / А.И. Разин // Известия ТИРХ, 1934. - № 8. – с. 1-100.
9. Седова, Л.Г. Ресурсы промысловых двустворчатых моллюсков в заливе Петра Великого / Л.Г. Седова, Д.А. Соколенко, Е.Э. Борисовец и др. // Морские промысловые беспозвоночные и водоросли: биология и промысел. – М.: ВНИРО, 2007. - №147. – С.320-334.
10. Седова, Л.Г. Численность и размерный состав поселений приморского гребешка в заливе Петра Великого (Японское море) / Л.Г. Седова, Д.А. Соколенко // Известия ТИНРО. – 2014. - № 179. – С. 226 – 235.
11. Скалкин, В.А. Биология и промысел морского гребешка / В.А. Скалкин. – Владивосток: Дальневосточное книжное изд-во, 1966. – 30 с.

УДК 639.21

РЫБОПРОМЫСЛОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Ю.А. Северов

Татарский филиал ГНЦ ФГБНУ «ВНИРО» («ТатарстанНИРО»)
Казань, Россия, s.yuriy@tatarstan.vniro.ru

Аннотация. Собранный на Заинском водохранилище в 2014 г ихтиологический материал позволил провести расчеты запасов водных биоресурсов в водохранилище и определить объемы потенциальных промысловых уловов для леща, густеры, плотвы и окуня при помощи традиционных методик. Рассчитанные объемы общего запаса всех видов рыб в водохранилище составляют около 400 т. Прогнозные величины вылова водных биоресурсов в данном водоеме предварительно оцениваются в 60 т.

Ключевые слова: Заинское водохранилище; рыбное население, промысел; общий допустимый улов (ОДУ); рекомендованный вылов (РВ).

FISHING POTENTIAL OF THE ZAINSK RESERVOIR

Yu.A. Severov

Summary. The ichthyological material collected in the Zainsk Reservoir in 2014 allowed us to calculate the total reserves of aquatic bioresources in the reservoir and determine the volumes of commercial catches for bream, white bream, roach and perch using traditional methods. The calculated volumes of the total stock of all fish species in the reservoir are about 400 tons. The predicted catch of aquatic bioresources in this reservoir is preliminarily estimated at 60 tons.

Keywords: Zainsk Reservoir, fish population, fishery, total allowable catch (TAC), recommended catch (RC).

Заинское водохранилище расположено в Восточном Закамье, юго-западной части Республики Татарстан. Площадь его при НПУ 73 м БС составляет 20,45 км², объем 65 млн. м³. Водоем простирается на 11 км в длину. Ширина в нижней части водоема достигает 3 км. Наибольшая глубина – 9 м наблюдается ближе к плотине, преобладающие глубины около 4 м. Уровенный режим водохранилища устойчивый. Правый берег возвышенный с глинистыми, местами отвесно обрывающимися в воду склонами, в верхней части покрыт широколиственным лесом. Левый – низменный, пологий, в местах сильного размыва укреплен. Береговая линия слабо извилистая, заливы отсутствуют [1].

Промысловый лов на Заинском водохранилище не ведется. В верховьях водохранилища отмечаются случаи ННН-промысла (незаконного, несообщаемого и нерегулируемого) в основном малоценных видов рыб. Основной вид рыболовства на водохранилище – любительский лов рыбы. В летний период распространен береговой лов, в зимний – подледный, в замерзающей части водоема. В зимний период проводятся организованные соревнования по подводной охоте. До 2016 г на водохранилище существовало садковое рыборазведение, проводимое ООО «Заинский рыбопитомник». Садки располагались на теплых водах водохранилища, в зоне водосброса Заинской ГРЭС, где производилось товарное выращивание белого и пестрого толстолобиков, белого амура, сазана.

В феврале 2014 г Приказом Управления по охране и использованию объектов животного мира Республики Татарстан от 13.02.2014 г № 21-од на Заинском водохранилище формируется рыболовный участок для осуществления добычи (вылова) водных биоресурсов. Несмотря на это, аукцион на предоставление рыболовного участка в пользование не состоялся, промышленное рыболовство здесь не было организовано.

Специалистами ТатарстанНИРО в 2014 г было проведено комплексное изучение данного водохранилища с целью оценки величины запаса водных биоресурсов и расчета объемов их ОДУ и РВ.

Целью настоящей работы является обобщение полученных результатов в ходе экспедиционных исследований в 2014 г для расчетов и определения объемов рекомендованного вылова в Заинском водохранилище.

Материалы и методы

Для определения объема запасов водных биоресурсов в Заинском водохранилище были использованы фондовые материалы филиала в виде отчетов по исследованиям за прошлые годы. Также были учтены собственные всесезонные исследования, необходимые для определения величины запаса водных биоресурсов.

Сбор и первичный анализ ихтиологического материала (определение видовой принадлежности, измерение длины, массы рыб, определение пола и стадий зрелости)

проводился по общепринятой методике [3]. Возраст рыб определялся по чешуе и спилам лучей плавников [3].

Для отбора ихтиологического материала и оценки численности рыб в водохранилище проводился сетной лов. Использовались сети стандартной длины с ячейей от 10 до 100 мм. Экспозиция сетей составляла от 15 мин до 12 часов. Для оценки видового состава и численности молоди рыб использовался мальковый бредень, ячейей 10 мм, длиной 12 м. Численность молоди пересчитывалась в экземпляры на единицу усилия: на заброд волокуши с учетом облавливаемой площади.

Вследствие отсутствия многолетнего материала по основным характеристикам популяций облавливаемых видов рыб, а также данных промысловой статистики, возможности использования для оценки показателей запаса традиционными методами (ВРА, когортные модели, продукционные модели) были ограничены. Поэтому абсолютная численность запаса рассчитывалась исходя из величин уловов путем экстраполяции средней численности улова по станциям на площадь обитания данного вида, с учетом глубины, облавливаемой конкретным орудием лова [4]. Также проводился опрос рыболовов-любителей согласно общепринятой методике [2].

Результаты

В результате проведенных в 2014 г исследований, было установлено, что состав ихтиофауны Заинского водохранилища представлен 16 видами рыб (серебряный карась *Carassius auratus*, плотва *Rutilus rutilus*, уклейка *Alburnus alburnus*, голавль *Leuciscus cephalus*, сом *Silurus glanis*, густера *Blicca bjoerkna*, лещ *Abramis brama*, жерех *Aspius aspius*, линь *Tinca tinca*, щука *Esox lucius*, сазан *Cyprinus carpio*, окунь *Perca fluviatilis*, красноперка *Scardinius erythrophthalmus*, ерш *Gymnocephalus cernuus*, белый толстолобик *Hypophthalmichthys molitrix*, белый амур *Ctenopharyngodon idella*).

Наиболее массовыми (по численности) являются густера, плотва, уклейка, окунь. Как правило, в сетных уловах мелкочейных сетей с размерами ячейи 36 мм и 40 мм повсеместно на водохранилище доминирует как по численности, так и по массе густера. Значительную часть занимает также плотва – 21,4%, доля окуня составляет 13,55%, леща – 9,53% (рис.).

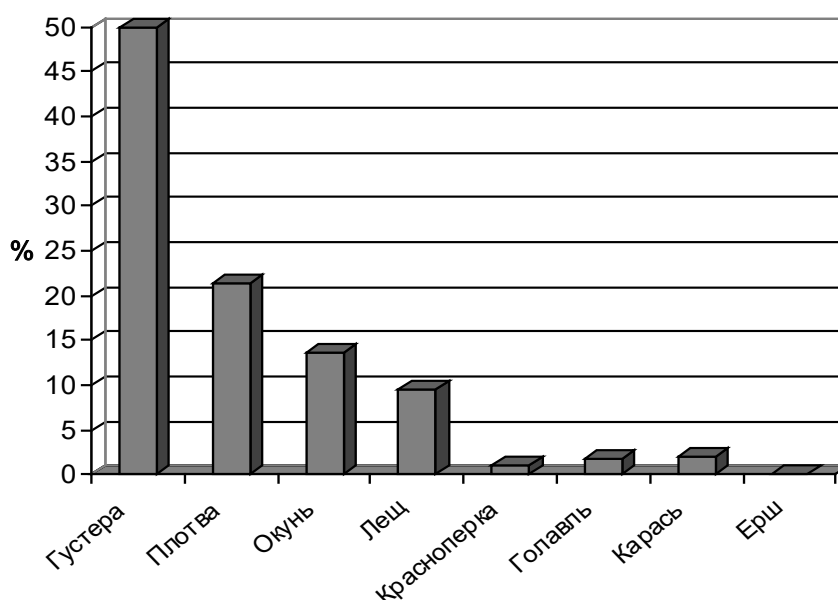


Рис.1. Видовой состав и численность рыб (%) в сетных уловах с ячейей 36, 40 мм в Заинском водохранилище в 2014 г

В мелкочейных сетях (10 мм) в уловах доминирует уклейка. Ее доля составляет более 80%. Вклад остальных видов в уловах этими сетями не велик. Численность окуня не превышает 7%, плотвы - 4,55% от общего числа улова.

В крупночейных сетях (ячея 50-80 мм) уловы представлены сазаном (длиной тела от 32,0 до 33,5 см и массой до 6,0 кг), сомом (длиной тела до 60,0 см), окунем и лещом (длиной тела до 33,0 см).

В уловах волокуши в прибрежье встречается молодь 5 видов рыб: густера, плотва, уклейка, окунь и красноперка в возрасте 1+ и 2+ лет. В этих уловах превалирует молодь окуня – 56,4%. Далее по численности следует молодь уклейки – 31,75%. Доля красноперки составляет 10,9%, молоди плотвы и густеры по 0,47%.

В составе рыбного населения также присутствуют рыбы китайского равнинного комплекса (белый толстолобик и белый амур), которые были отмечены нами лишь в уловах рыболовов-любителей, а также в садках ООО «Заинский рыбопитомник». Эти виды ежегодно выпускались в водоем, в виде молоди, средней массой 15-25 г. В дальнейшем происходил их естественный нагул в водохранилище и вылов.

В уловах лещ представлен особями длиной от 6,8 см до 36,5 см, при этом средняя длина рыб составляет 21,1 см. Лещи длиной более 25 см (выше промысловой меры, установленной на Куйбышевском и Нижнекамском водохранилищах) в уловах составляют 22,4%. Общая (абсолютная) ихтиомасса популяции леща Заинского водохранилища в 2014 г. составляет 39,64 т. Высокоурожайных поколений, исходя из уловов мелкочейных сетей и мальковой волокуши, не наблюдается.

Размерный состав плотвы Заинского водохранилища в уловах ставных сетей представлен достаточно широко. Так как использовался полный набор ставных сетей, можно допустить, что популяция плотвы данного водоема обловлена практически полно и в уловах представлены все размерные группы. Исходя из представленных материалов, отмечается, что средняя длина плотвы в уловах составила 20,39 см, а колебания - от 13,5 см до 29,5 см. Средняя масса рыб в уловах - 174,4 г. Созревают самки плотвы при размерах тела 19-20 см, в возрасте 3 года.

Исследованиями выявлено, что окунь в уловах ставных сетей имеет две доминирующие размерные группы 20-22 см и 22-24 см. Размерные группы рыб менее 20 см представлены довольно разрозненно и составляют 20%. Средняя длина окуня в уловах составляет 21,95 см, колебания достигают от 7,7 до 31,0 см. Средняя масса рыб составляет 213,7 г. Созревают самки окуня при размерах тела 17-18 см, в возрасте 3-4 года.

Густера равномерно распределена по всей акватории водохранилища. Размеры густеры в уловах ставных сетей варьируют от 13,0 до 27,5 см, при средней длине 19,5 см. Средняя масса рыб составляет – 145,5 г. Созревание самок густеры наблюдается при размерах тела 16-17 см, в возрасте 3х лет.

Обсуждение

Согласно фондовым материалам филиала, общий запас рыб в Заинском водохранилище в 80-90-ые гг. прошлого столетия колебался от 150 до 200 т. Основными видами в запасе выступали плотва и густера, которые в совокупности по численности составляли 66,15% и биомассе – 43,75 % в уловах контрольных орудий лова. В дальнейшем крупных ресурсных исследований на данном водоеме не проводилось.

Анализ уловов в 2014 г в Заинском водохранилище показал, что плотность рыбного населения достаточно велика и в среднем составляет 169,21 кг/га. Такие показатели достигаются, в первую очередь, вследствие отсутствия на водохранилище промыслового лова.

Основную долю в уловах составляют густера и плотва, меньшую - окунь и лещ. При площади водоема в 19,5 км² (1950 га) общие запасы рыб (по расчетным данным) достигают около 400 т, что говорит о двукратном росте величины запаса по сравнению с 80-ми годами прошлого столетия.

Исходя из собранного на Заинском водохранилище в 2014 г ихтиологического материала, выявлено, что видами, запасы которых позволяют их использовать, и как следствие, установить ОДУ и РВ являются лещ, густера, плотва и окунь. Кроме вышеописанных видов рыб в водохранилище обитает еще около 10 видов рыб, которые играют определенную роль в формировании промысловых запасов водоема. Вместе они достигают не более 15 % от общей биомассы запасов водохранилища. Эти виды можно рассматривать лишь в качестве прилова, т.к. квоты на них будут значительно меньше 0,5 т.

Для расчетов ОДУ и РВ принималось несколько положений. Популяции рыб Заинского водохранилища испытывают на себе пресс только со стороны рыболовов-любителей и браконьеров, и отсутствия промысла. Учитывается, что пополнение стад ежегодно и находится на определенном уровне, следовательно, условно можно считать, что состояние водных биоресурсов является стабильным или равновесным [4]. Для оценки величин вылова при отсутствии биологических ориентиров для управления запасов в качестве коэффициента ($F_{гес}$) изъятия можно воспользоваться правилом: $F_{гес} = M$ [5]. Величину коэффициента естественной смертности (M), можно получить по эмпирическим моделям на онлайн платформе The Barefoot Ecologist's.

Рассчитанная величина промыслового запаса леща с длиной тела особей более 25 см составляет 9,0 т. ОДУ для леща Заинского водохранилища составит 2,0 т. Общий запас плотвы в водохранилище составляет 106,45 т. При допустимой доле изъятия из стада особей на уровне показателей естественной смертности, возможный вылов плотвы Заинского водохранилища может составить 18,0 т. Общий запас окуня в водохранилище составляет 65,04 т. При допустимой доле изъятия из стада на уровне показателей естественной смертности, возможный вылов окуня Заинского водохранилища может составить 11,0 т. Общий запас густеры в водохранилище составляет 162,44 т. При допустимой доле изъятия из стада особей на уровне показателей естественной смертности возможный вылов густеры Заинского водохранилища может составить 27,0 т (таблица).

Таблица 1. Показатели запасов водных биоресурсов Заинского водохранилища

Вид	Промысловый запас, т	Потенциальный улов, т
Лещ	9,0	2,0
Окунь	65,04	11,0
Плотва	106,45	18,0
Густера	162,44	27,0

Любительский вылов и ННН-промысел рыбы в Заинском водохранилище по экспертным данным изымает не более 3-4% от доли общего запаса и нацелен в основном на виды, массово представленные в прибрежье (уклейка, красноперка, голавль), вследствие чего влияние этих видов на расчеты в целом не значительное.

Также весьма перспективными представляются работы по созданию в водохранилище пастбищного рыбоводства в виде выращивания рыб китайского равнинного комплекса (белый толстолобик и белый амур) в естественной среде обитания и последующего селективного промысла.

Заключение

Полученные данные по запасам водных биоресурсов и расчеты показывают, что промысловые уловы в Заинском водохранилище могут достигать около 60 т.

Необходимо отметить, что расчетные данные получены с учетом предосторожного подхода в условиях значительной неопределенности о состоянии запаса водных биоресурсов. Вместе с этим принятые положения к расчетам исключают негативное влияние на состояние запасов и, следовательно, могут быть приняты для дальнейшего использования.

Для определения величин запасов рыб в Заинском водохранилище, расчетов ОДУ и РВ с использованием классических методик, например, метода когортного анализа, необходимо провести крупномасштабную и комплексную оценку сырьевых ресурсов с использованием традиционных и современных методов.

Список литературы

1. Водные ресурсы Республики Татарстан в 2000 году (Информационный бюллетень). – Казань: Изд-во «Матбугат йорты», 2001. - 132 с.
2. Методические указания по изучению любительского рыболовства на состояние рыбных запасов внутренних водоемов. / под ред. Ю.И. Никанорова. -Л.: ГосНИОРХ, 1979. - 19 с.
3. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. - М.: Пищ. пром-ть, 1966. - 367 с.
4. Шибает, С.В. Промысловая ихтиология. / С.В. Шибает. - Калининград: ООО «Аксиос», 2014. - 535 с.
5. Caddy, J.F. A short review of precautionary reference points and some proposals for their use in data-poor situations / J.F. Caddy // FAO Fisheries Technical Paper, 1998. - 379 p.

УДК 639.3

СРАВНЕНИЕ И ОЦЕНКА ЭЯКУЛЯТОВ САМЦОВ РУССКОГО ОСЕТРА (*ACIPENSER GUELDENSTAEDTII*) ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА

Е.Е. Сусова¹, Э.В. Бубунец¹, Е.С. Седлецкая¹, О.А. Аньшаков²

¹ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия, Saya445@yandex.ru

² ИП Аньшакова О.А., Истра, Россия

Аннотация. Исследования проведены на рыбноводном хозяйстве, расположенном на обводненных карьерах «Мансуровского карьероуправления». В работе приведены данные по качеству эякулятов от производителей русского осетра средней массой 7,4 кг; длиной тушки 1.3 м; концентрация составила 584 млн/мл (0,584 млрд/мл); сперматокрит - 7,5 %; процент живых спермиев – 99,5. Проведено сравнение данных с результатами, полученными в индустриальном хозяйстве. В результате установлено, что эякуляты, полученные в период нерестовой компании, можно рекомендовать для использования при оплодотворении ооцитов

Ключевые слова: Русский осетр, качество спермы, концентрация спермиев, сперматокрит, рефрактометрия.

COMPARISON AND EVALUATION OF EJACULATES OF MALE RUSSIAN STURGEON (*ACIPENSER GUELDENSTAEDTII*) FOR ARTIFICIAL REPRODUCTION

E.E. Susova, E.V. Bubenets, E.S. Sedletskaia, O.A. Anshakov

Summary. The research was carried out at a fish farm located in the flooded quarries of the Mansurov Quarry Management. The paper presents data on the quality of ejaculates from producers of Russian sturgeon with an average weight of 7.4 kg; carcass length of 1.3 m; concentration was 584 million/ml (0.584 billion/ml); spermatocrit - 7.5%; percentage of live sperm – 99.5. Data were compared with the results obtained in industrial farming. As a result, it was

found that ejaculates obtained during the spawning period can be recommended for use in fertilization of oocytes

Keywords: Russian sturgeon, sperm quality, sperm concentration, spermatocrit, refractometry.

Осетр Русский – *Acipenser gueldenstaedtii* – ценная промысловая рыба из семейства Осетровых (*Acipenseridae*), Средняя масса тела 15—25 кг. Максимальная длина тела 236 см, а масса — 115 кг.

Сейчас в искусственном воспроизводстве на одну самку осетра приходится примерно 3-4 самца.

На товарных рыбоводных предприятиях, специализирующихся на выращивании высокопродуктивных промышленных гибридов осетровых рыб первого поколения, соотношение полов в нерестовой части стада может составлять 1:5. Единственным условием при определении количества самцов в этом случае является получение достаточного количества качественной спермы для оплодотворения всей полученной рыбоводно-продуктивной икры. [9]

В связи с тем, что бизнесу нужны предложения по возможному оптимизированию затрат на содержание производителей, то сокращение численности самцов осетровых за счёт двух, трёхкратного использования за нерестовую кампанию - одно из направлений. В этой связи, определение качества спермы, в зависимости от времени, условий получения и хранения для искусственного воспроизводства в аквакультуре, является актуальной задачей.

Цель исследования: изучить влияние характера и условий нереста на основные показатели эякулятов самцов осетровых в аквакультуре.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись половозрелые самцы Русского осетра в количестве 2 особей, полученные от них половые продукты. Самцам Русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) 5-6 лет.

Сперму отбирали, используя силиконовый катетер. Объём проб для исследования от каждого самца составил 16 мл.

Для получения половых продуктов производителей из садков пересаживали в бассейны объёмом 4,8 м³, с объёмом воды - 3,8 м³. Температура воды от инъектирования до получения половых продуктов поддерживалась 18,4°C.

Для стимуляции созревания использовали смесь Сурфагона (C₅₆H₇₈N₁₆O₁₂), производства АО «Мосагроген», в концентрации 5 мкг/мл и карпового гипофиза (CPE).

Для определения концентрации спермы использовали фотометр SDM 1, сперматокрита - центрифугу JANETZKI TH12, таймер которой устанавливали на 3 минуты. Капилляры длиной 75 мм набирались (на 70-80%), закупоривались пластилином и отправлялись на центрифугирование. После чего определяли процент гематокрита с помощью линейки JANETZKI.

После центрифугирования спермы исследовали семенную плазму. Рефрактометрию проводили с помощью ручного рефрактометра RZ126 ATC.

Для определения доли живых спермиев использовали один из вариантов суправитальной окраски сперматозоидов по Блюму [11] по следующей технологии: на обезжиренное спиртом предметное стекло наносили 2 капли 5% эозина (C₂₀H₆Br₄O₅Na₂) и 1 каплю спермы, растирая по предметному стеклу вторым предметным стеклом, просушивали феном, после чего проводили микроскопию с использованием levenhuk Delay-action.

При получении эякулятов также проводили их визуальную оценку.

Исследования сперматокрита и рефрактометрии проводились в ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, в лаборатории кафедры: физиологии, этологии и биохимии животных. Определение концентрации и процента живых и мертвых спермиев - в

Ветеринарной клинике при РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, в лаборатории спермы. Визуальная оценка эякулятов проводилась на месте отбора.

Результаты

Исследования проведены в третьей декаде мая 2024 года, на обводненных карьерах «Мансуровского карьероуправления», расположенных в Московской области, Истринского района, деревня Алексеевка. В соответствии с имеющейся технологической схемой на хозяйстве ремонтно-маточное поголовье содержится в садках, установленных в карьере № 1. Для кормления ленского осетра использовали гранулы рецептуры BioMar. Температурный режим воды в районе установки садков соответствует первой зоне рыбоводства. Гидрохимический режим в бассейнах на момент проведения нерестовой кампании был следующий: насыщение воды кислородом 90%, содержание растворённого O_2 – 8,4 мг/л, pH – 7,7.

Согласно классификациям Ю.Л. Герасимова [3] и Т.Ю. Кучко [6] качество полученных эякулятов при визуальной оценке в пробах -среднее (рисунок 1.)



Рис. 1. Эякуляты Русского осетра

В соответствии с рекомендациями М.С. Чебанова и Е.В. Галич [10] при визуальной оценке они имели консистенцию от <1 до 1-2 млрд/мл.

Статистически обработанные данные полученных результатов представлены в таблице 1. На рисунке 3 и 4 представлены наглядные диаграммы показателей.

Таблица 1. Сводные данные по образцам эякулятов русского осетра

Показатель	Масса (кг)	Длина тушки (м)	Концентрация (млрд/мл)	Сперматокрит (%)	% живых спермиев	Рефрактометрия кошка	Рефрактометрия собаки
Lim	7-7,8	1,10-1,5	0,52-0,65	6-9	99-100	1,003-1,004	1,004-1,006
M±m	7,4±0,4	1,3±0,2	0,58±0,06	7,5±1,5	99,5±0,5	1,0035±0,0005	1,005±0,001
m малой выборки	0,6	0,3	0,09	2,1	0,7	0,0007	0,0014
Cv, %	7,64	21,75	15,71	28,3	0,71	0,07	0,14

Корреляционный анализ зависимости сперматокрита и процента живых спермиев от массы показал - 1. Это указывает на то, что две переменные имеют обратную зависимость. По мере увеличения одной переменной другая переменная уменьшается. То есть, по мере увеличения массы уменьшаются два других показателя. Соответственно снижается и рефрактометрия, так как она зависит от сперматокрита.

На рисунке 2 представлены рабочие фрагменты определения процента живых спермиев в пробах.

Нормальным считается эякулят, в котором не менее 75% живых сперматозоидов. [11].

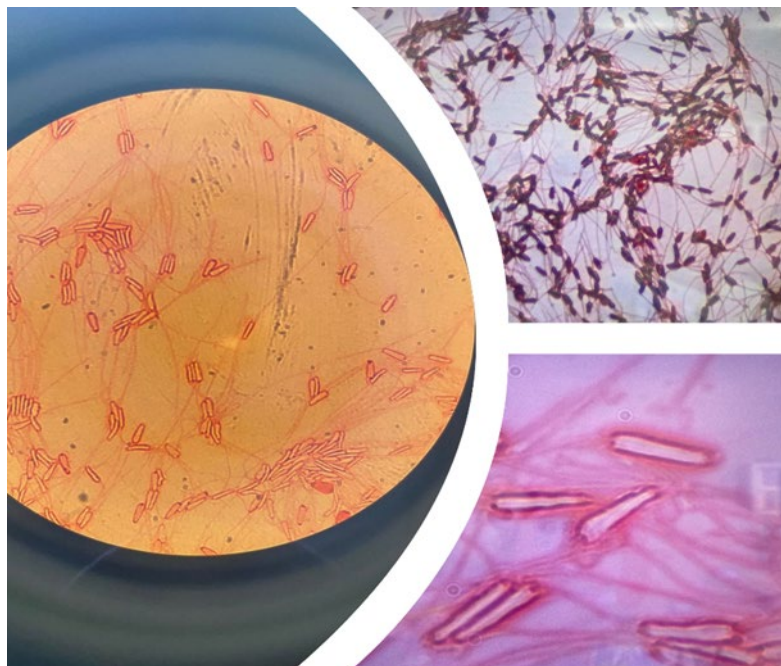


Рис. 2. Рабочие фрагменты мазков при определении процента живых спермиев

Обсуждение

Помимо визуальной оценки и концентрации определенный интерес представляет рассмотрение такого критерия оценки качества половых продуктов самцов, как сперматокрит, который является параметром, характеризующим соотношение спермиев и спермиальной жидкости в эякуляте. Его оценка вполне возможна в лабораторных условиях после хранения спермы в условиях холодильника до 3-5 суток [4].

Сперматокрит – показатель плотности сперматозоидов, основанный на доле плотного материала в сперме после центрифугирования. Он используется как метод определения количества и объема сперматозоидов.

Рефрактометрия - это определение относительной плотности или удельной массы семенной плазмы. Семенная плазма (СП) содержит большое разнообразие белков, которые необходимы не только для транспортировки сперматозоидов, но и для защиты и созревания сперматозоидов [12]. С помощью ручного рефрактометра мы можем сравнить плотность семенной плазмы с плотностью мочи. В норме удельный вес мочи составляет: у кошек 1,020–1,040, у собак 1,015–1,034 [8].

Сопоставление результатов собственных исследований с литературными данными.

Полагаю, целесообразным сравнить приведенные выше данные массы и длины тушки с данными Н.В. Войновой [2]. Производители в материалах статьи имели следующие параметры: вес 8-18 кг и длина 1,01-1,27 м. В нашем случае осетры были менее тяжелые, но превосходили лимит длины.

Сравнивая значения в пробах эякулятов производителей, выращенных на обводнённых карьерах, с данными полученными в хозяйствах Московской и Пермской областей, расположенных в зоне влияния теплых вод ГРЭС (табл.2) [1, 5, 7], можно отметить меньшую концентрации спермиев в 2,7 раз, но разница не достоверна. При сравнении с естественными условиями наши данные по концентрации меньше в 4,4 раз.

Отличие по сперматокриту в условиях искусственного воспроизводства ниже в 1,3 раза, разница недостоверна.

Сравнивая массу, можно отметить, что наши производители были примерно в той же весовой категории. Самцы в хозяйствах Московской и Пермской областей колебались в районе 6,4-9,1 кг.

Таблица 2. Показатели качества спермы русского осетра, продуцируемых в условиях культивирования и естественной свободы, полученные в хозяйствах Московской и Пермской областей, расположенных в зоне влияния теплых вод ГРЭС.

Показатели		Культивирование	Естественная свобода
Концентрация спермиев, млрд/см ³	Lim: min-max	0,54-6,17	0,14-7,55
	M±m	1,59±0,20	2,56
	Cv±m _{Cv}	72,05±9,01	-
Сперматокрит, %	Lim: min-max	2,61-10,97	215-11700
	M±m	5,82±0,34	-
	Cv±m _{Cv}	32,29±4,10	-

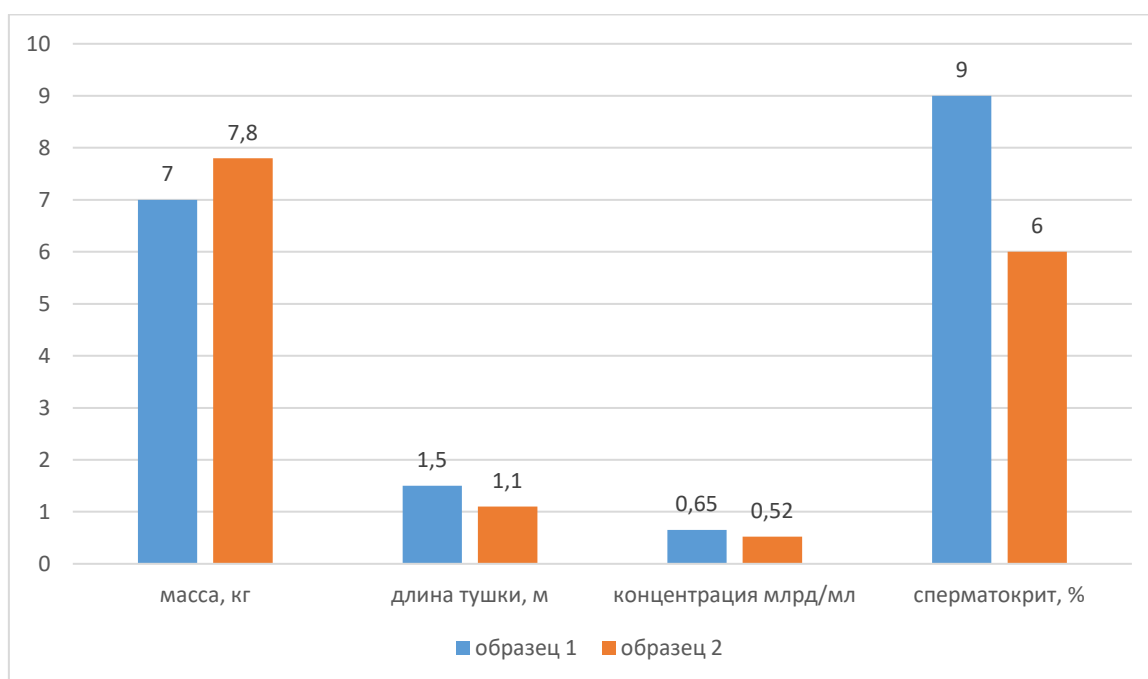


Рис. 3. Диаграмма показателей (без процента живых спермиев и рефрактометрии)

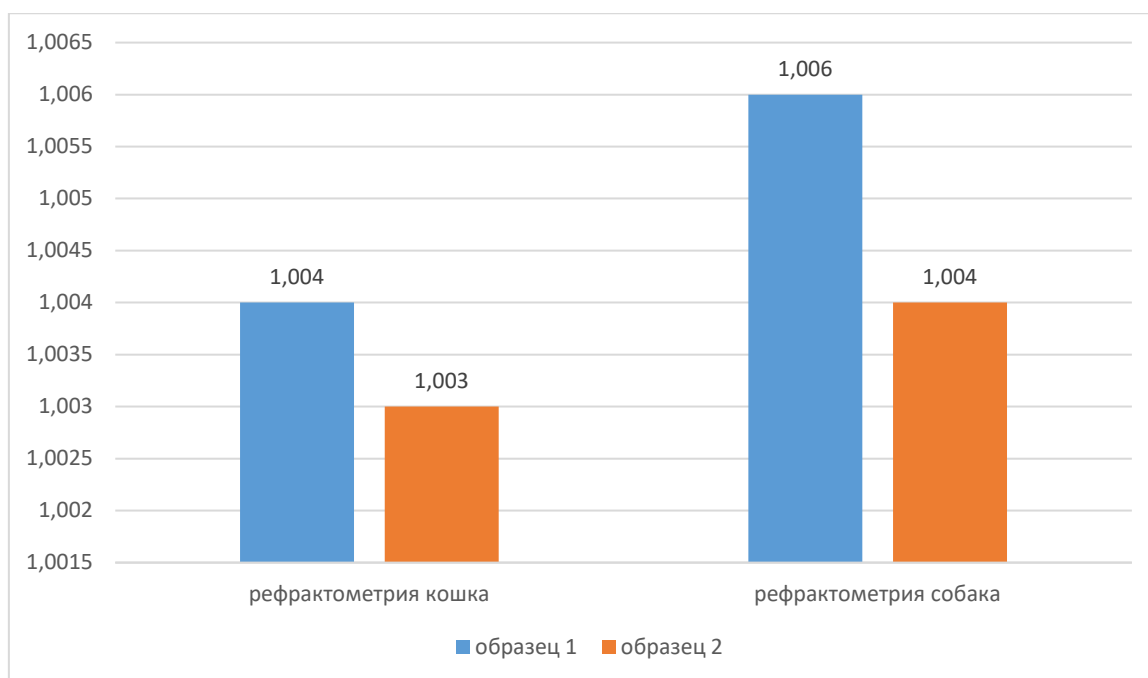


Рис. 4. Диаграмма рефрактометрии

Выводы

1. Проводя сравнительный анализ качества эякулятов, можно отметить, что: чем меньше масса, тем выше остальные показатели (сперматокрит, процент живых спермиев, рефрактометрия)

2. Корреляционный анализ зависимости сперматокрита и процента живых спермиев от массы показал, что две переменные имеют обратную зависимость. По мере увеличения массы уменьшаются два других показателя. Соответственно снижается и рефрактометрия, так как она зависит от сперматокрита.

3. В сравнении массы и длины тушки с данными Н.В. Войновой, 2004, наши осетры были менее тяжелые, но превосходили по длине тушки.

4. Сравнивая с данными, полученными в хозяйствах Московской и Пермской областей, расположенных в зоне влияния теплых вод ГРЭС, можно отметить меньшую концентрации спермиев в 2,7 раз ($p > 0,05$); при сравнении с естественными условиями наши данные меньше в 4,4 раз. Отличие по сперматокриту в условиях искусственного воспроизводства ниже в 1,3 раза ($p > 0,05$).

5. Опираясь на несколько методик визуальной оценки спермы, выявлено, что качество в пробах можно охарактеризовать - как среднее.

6. Установлено, что эякуляты, полученные в период нерестовой компании, можно рекомендовать для использования при оплодотворении ооцитов.

Список литературы

1. Бубунец, Э.В. Воспроизводство и выращивание анадромных осетровых рыб понто-каспийского бассейна в условиях тепловодных хозяйств [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук: 06.04.01 / Э.В. Бубунец. – Москва, 2016. – 257 с.

2. Войнова, Н. В. RAPD-фингерпринтинг производителей Русского осетра (*acipenser gueldenstaedtii*) [Текст] / Н.В. Войнова // Известия вузов. Северо-кавказский регион, Естественные науки. Приложение. - 2004. - № 1 - С. 39

3. Герасимов, Ю. Л. Основы рыбного хозяйства [Текст]: Учебное пособие / Ю. Л. Герасимов – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2003. – 108 с.

4. Гипотермическое хранение спермы осетровых рыб в изотонических растворах [Текст] / Д. А. Исаев, М. Ю. Мартынова, Е. И. Шишанова, Э. В. Бубунец, И. В. Стародворская // Рыбоводство и рыбное хозяйство – 2013. № 10. – С. 41-49.
5. Качество спермы анадромных осетровых в условиях культивирования [Текст] / Э.В. Бубунец, А.В. Лабенец, Шишанова Е.И., Исаев Д.А., Новосадов А.Г. // Рыбное хозяйство. – 2015. - № 5. – С. 63
6. Кучко, Т. Ю. Методы получения половых продуктов от производителей рыб [Текст]: Учебное пособие для студентов эколого-биологического и агротехнического факультетов / Т. Ю. Кучко. - Петрозаводск: ПетрГУ, 2015 – 63 с.
7. Лабенец А.В. Влияние синтетического нанопептида на сперматогенез у осетровых рыб [Текст] / А.В. Лабенец, Г.Д. Капанадзе, Э.В. Бубунец // Биомедицина. - 2014. - № 2. - С. 51-55.
8. Многопрофильные ветеринарные клиники «Вега» [Электронный ресурс] : Оценка результатов анализа – моча – URL: <https://vegavet.spb.ru/speshials/43-2009-02-05-19-20-35/95-mocha/> (Дата обращения: 10.10.2024)
9. Разведение осетровых в УЗВ. Технологии [Электронный ресурс] : Маточное стадо. Половая структура. Азбука настоящего Рыбовода - URL: https://vk.com/wall-105625922_1402?ysclid=m2m5vtcx2223895965 (Дата обращения: 10.10.2024)
10. Чебанов, М. С. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб [Текст]: Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству №558 / М.С. Чебанов, Е. В. Галич – Анкара: ФАО, 2013 – 325 с.
11. Шатохина, И. С. Исследования эякулята [Текст]: Учебное пособие / И. С. Шатохина, В. С. Кузнецова. – МОНИКИ, 2014 – 15 с.
12. The enigmatic seminal plasma: a proteomics insight from ejaculation to fertilization [Text] / Luna Samanta¹, Rajeshwari Parida, Tania R. Dias, Ashok Agarwal // Reproductive Biology and Endocrinology – 2018 - 16:41 – P. 1

УДК 574.587:639.3.043(470.51) (045)

МАКРОЗООБЕНТОС ПРУДОВ РЫБХОЗА «ПИХТОВКА» (УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА) И ЕГО РОЛЬ В ПИТАНИИ КАРПОВ

Н.В. Холмогорова¹, Т.Г. Крылова², Л.В. Головатюк³

¹ Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия, Nadjaholm@mail.ru

² Удмуртский государственный аграрный университет г. Ижевск, Россия,
t.g.krylova@yandex.ru

³ Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина, п. Борок, Россия,
gollarisa@mail.ru

Аннотация. Проведена оценка качественного и количественного состава макрозообентоса в двух нагульных прудах карпового хозяйства «Пихтовка», расположенного в Удмуртии. На кормовых дорожках, в центральной части прудов и в зарослях макрофитов обнаружено 6, 9 и 37 видов макрозообентоса соответственно. Наибольшая встречаемость была характерна для личинок рода *Chironomus* sp. (60%). Доля бентоса в кишечнике трехлеток карпа по объему варьировала от 2,8 до 15,3%. Основными объектами питания карпа среди бентосных организмов были личинки насекомых семейства Chironomidae и олигохеты подсемейства Tubificinae. При повышении плотности посадки рыбы отмечено статистически значимое уменьшение плотности и биомасса макрозообентоса, а также доли хирономид в сообществе.

Ключевые слова: макрозообентос, естественная кормовая база, карп, аквакультура, Удмуртская Республика.

MACROZOOBENTHOS OF PONDS OF THE FISH FARMING "PIKHTOVKA" (UDMURT REPUBLIC) AND ITS ROLE IN CARP DIETARY

N.V. Kholmogorova, T.G. Krylova, L.V. Golovatyuk

Summary. The qualitative and quantitative composition of macrozoobenthos was assessed in two fattening ponds of the carp farm "Pikhtovka" located in Udmurtia. On the feeding paths, in the central part of the ponds and in the macrophyte thickets were found 6, 9 and 37 species, respectively. The highest occurrence was typical for the larvae of the genus *Chironomus* sp. (60%). The proportion of benthos in the intestines of three years old carps varied from 2.8 to 15.3% by volume. The main objects of carp nutrition among benthic organisms were the larvae of insects of the Chironomidae family and oligochaetes of the Tubificinae subfamily. An increase in the stocking density of fish caused a statistically significant decrease in the density and biomass of macrozoobenthos, as well as the proportion of chironomids in the community.

Keywords: macrozoobenthos, natural forage base, carp, aquaculture, Udmurt Republic.

Ведущую роль в развитии современной аквакультуры занимает прудовое рыбоводство, где выращивание рыбы производится в небольших по площади водных объектах. Основной задачей развития рыбоводства в малых водоемах является принцип получения рыбы с высокими показателями здоровья при минимальных затратах с сохранением экологической безопасности [6].

Удмуртская Республика входит в первую, самую северную, зону прудового рыбоводства. По данным В.И. Козлова и Л.С. Абрамовича [4] в эту зону, кроме Удмуртии, входят Тюменская, Читинская, Пермская, Омская, Псковская и Кировская области, Марийская и Бурятская Республики. Количество дней с температурой воздуха выше 15°C для этих регионов составляет всего 60-75, тогда как в Краснодарском и Ставропольском краях таких дней более 150.

На данный момент единственным полносистемным крупным карповым хозяйством в Удмуртской Республике является ГУП УР «Рыбхоз «Пихтовка»».

Рыбхоз «Пихтовка» находится в центрально-восточной части Удмуртии, в 15 км на северо-восток от г. Воткинска и в 70 км от г. Ижевска. Окружающая территория предприятия представлена луговыми угодьями и пашней, осиново-березовыми и хвойными лесами. Пруды расположены в правобережной пойме реки Сива. Основным питающим пруды водотоком является малая р. Большая Кивара, правый приток р. Сива. Протяженность питающей пруды реки от истока до створа плотины составляет 25 км, а водосборная площадь – 143 км².

Пруды расположены на лёгких супесчаных, заболоченных почвах [13].

На балансе предприятия имеется 10 зимовальных, 13 нерестовых, 6 летне-маточных, 6 выростных и 7 нагульных прудов, а также зимовальный цех с нерестово-инкубационным отделением. Общая используемая площадь водного зеркала прудов – 578 га, при этом выростная часть хозяйства составляет 102 га, а нагульная – 376 га.

В оптимальной биологической среде организм карпа эффективно использует естественную кормовую базу водоёма, состоящую из зоопланктона, фитопланктона и бентоса. Естественные корма являются наиболее полноценными и незаменимыми для рыбы, так как, по мнению С.М. Дорохова с соавторами [2], основные питательные вещества (белки, жиры и углеводы) содержатся в водных беспозвоночных организмах в наиболее удачных пропорциях. В то же время, карп очень быстро привыкает и переходит на искусственные корма.

Цель работы: определить количественный и качественный состав макрозообентоса двух нагульных прудов, как естественного корма для карпа, оценить его роль в питании карпов по содержанию кишечников.

Материалы и методы

Для сбора макрозообентоса использовались дночерпатель ДАК-100, скребок и сито. В одну пробу входило содержимое трех дночерпателей. В зарослях макрозообентос отбирался скребком [5]. Организмы бентоса выбирались на месте и фиксировались этиловым спиртом 96%. Идентификация видов проводилась в лаборатории по доступным определителям [7-11]. Отбор проб бентоса проводили в 2022-2023 годах 4 раза за сезон с начала июня по сентябрь. Всего на данных прудах отобрано 39 проб макрозообентоса. Размерно-весовые характеристики карпа различного возраста определяли по общепринятой методике: длину тела измеряли от вершины рыла до начала хвостового плавника в миллиметрах, массу тела – индивидуальным взвешиванием на электронных весах (326 AFU LED) и объёмно-весовым методом. Питание рыбы определяли по методикам А.Н. Липина [1], И.Ф. Правдина [12] путём вскрытия пищеварительной системы и анализа её содержимого. Всего было обработано 360 экземпляров карпа.

Для исследования были выбраны два нагульных пруда (НП): НП 7 (площадь 18 га) и НП 8 (площадь 20 га). Пруды ежегодно наполняются водой во время весеннего паводка и спускаются в конце сентябре-октябре. Плотность посадки карпов, возраст и средняя масса рыбопосадочного материала приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты выращивания карпа в нагульных прудах за 2022-2023 гг.

№ пруда	Год	Возраст рыбы	Посажено весной		Выловлено осенью	Рыбопродуктивность, ц/га
			ср. масса рыбы, г	плотность посадки, тыс.шт./га	ср. масса рыбы, г	
НП-7	2022	1+	21	19,349	180	22,9
	2023	3+	1280	1,046	3000	17,5
НП-8	2022	2+	310	2,849	1520	33,27
	2023	2+	170	1,94	1740	29,6

Результаты и их обсуждение

Всего за период исследования в двух нагульных прудах зарегистрировано 38 видов и таксонов более высокого ранга макрозообентоса: 1 – мшанок, 6 – малощетинковых червей, 1 – пиявок, 2 вида брюхоногих моллюсков, 1 – клещей, 27 видов насекомых. Из насекомых по числу отмеченных видов преобладали личинки Diptera (15 видов), Heteroptera (7 видов), Coleoptera (2 вида) и Odonata (2 вида). Нимфы поденок были представлены только одним видом. Идентифицировано 11 видов и таксонов, принадлежащих сем. Chironomidae. В одной пробе бентоса отмечалось от 1 до 13 видов макрозообентоса, однако в некоторых пробах макробеспозвоночные не обнаружены.

В каждом пруду было выделено три биотопа, отличающихся по глубине, плотности грунта и степени зарастания макрофитами: кормовая дорожка, центральная часть пруда и зарослевый участок (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика исследуемых биотопов

Характеристика биотопа	Кормовая дорожка	Центральная часть	Заросли
Глубина, м	0,8-1,5	1-2,5	0,5
Особенность грунта	ил убран, грунт уплотнен	ил	песок с детритом
Проективное покрытие макрофитов, %	0	0	50-100

Макрофиты были представлены рогозом узколистным (*Typha angustifolia*), рдестом гребенчатым (*Stuckenia pectinata*), горцем земноводным (*Polygonum amphibium*), рдестом альпийским (*Potamogeton alpinus*), тростником южным (*Phragmites australis*) и пузырчаткой (*Utricularia vulgaris*).

Следует отметить, что в пруду НП-8 отмечалось массовое развитие цианобактерий рода *Aphanisomenon*.

На кормовых дорожках, где ежедневно рассыпают зерно или комбикорм, макрозообентос был представлен всего 6 видами: олигохетами *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparede, 1862, личинками клопов *Sigara* sp. и личинками комаров-звонцов *Cryptochironomus* gr. *defectus*, *Glyptotendipes* (G.) *glaucus* (Meigen, 1818), *Endochironomus albipennis* (Meigen, 1830), *Chironomus* sp. Meigen, 1803. Численность макрозообентоса изменялась от 26,67 до 700 экз/м², биомасса находилась в диапазоне 66,67–6200 мг/м². По численности и биомассе на кормовых дорожках доминировали личинки хирономид (в среднем до 83%).

В центральной части прудов, где илистый слой грунта сохранён, отмечено 9 видов макрозообентоса: 2 вида олигохет (*Tubifex tubifex* (O.F. Mueller, 1773), *Limnodrilus hoffmeisteri*) и 6 видов двукрылых насекомых (комары звонцы *Endochironomus albipennis* (Meigen, 1830), *Fleuria lacustris* Kieffer, 1924, *Chironomus* sp. Meigen, 1803, *Tanypus punctipennis* Meigen, 1818, *Procladius choreus* Meigen, 1804, мокрецы семейства Ceratopogonidae *Mallochohelea setigera* (Loew, 1864)). Численность макрозообентоса менялась в пределах от 0 до 3533 экз/м², биомасса – от 0 до 23851,59 мг/м².

Наибольшим видовым богатством отличаются зарослевые биотопы прудов, где зарегистрировано 37 видов и таксонов макрозообентоса. Здесь отмечено 7 видов кольчатых червей (*Tubifex tubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Nais* sp., *Nais barbata* Müller, 1774, *Ophidonais serpentina* (Müller, 1773), *Stylaria lacustris* (Linnaeus, 1767), брюхоногие моллюски (*Anisus acronicus* (Ferussac, 1803), *Planorbis planorbis* (L., 1758)), два вида стрекоз (*Cordulia aenea* (L., 1758) и *Platycnemis pennipes* (Pallas, 1771)), личинки поденок (*Cloeon* gr. *dipterum* L., 1758). Обычными представителями зарослевой фауны являются водяные клопы: *Ilyocoris cimicoides* L., 1758, *Gerris* sp., *Sigara* sp., *S. (S) falleni* (Fieber, 1848), *S. striata* (L., 1758), *S. sibirica* Jaczewski, 1963, *Nepa cinerea* (L., 1758), *Ranatra linearis* Linnaeus, 1758. Встречались личинки и имаго жуков плавунцов и мелких водолюбов, водные клещи вида *Limnochares aquatica* (Linnaeus, 1758). Наиболее разнообразна в зарослях фауна двукрылых, отмечены представители четырех семейств: Chironomidae (*Cryptochironomus* gr. *defectus*, *Glyptotendipes* (G.) *glaucus*, *Endochironomus albipennis* (Meigen, 1830), *Chironomus* sp., *Parachironomus varus* Goetghebuer, 1921, *Tanypus punctipennis* Meigen, 1818, *Procladius ferrugineus* Kieffer, 1918, *Cricotopus* gr. *sylvestris*, *Cricotopus bicinctus* (Meigen, 1818)), Ceratopogonidae (*Mallochohelea setigera* (Loew, 1864)), Chaoboridae (*Chaoborus* sp.) и Culicidae (*Culex modestus* Ficalbi, 1889). Численность макрозообентоса менялась в пределах от 0 до 2533 экз/м², биомасса – от 0 до 9952,09 мг/м².

Видовое богатство макрозообентоса на кормовых дорожках составило 0-3 вида, в центральной части прудов – 0-5 видов и максимально в зарослях водных растений, до 13 видов.

Средние количественные показатели макрозообентоса заметно выше в пруду 8 НП (рис. 1). Максимальная биомасса зафиксирована в центре 8НП за счет развития крупных личинок рода *Chironomus*.

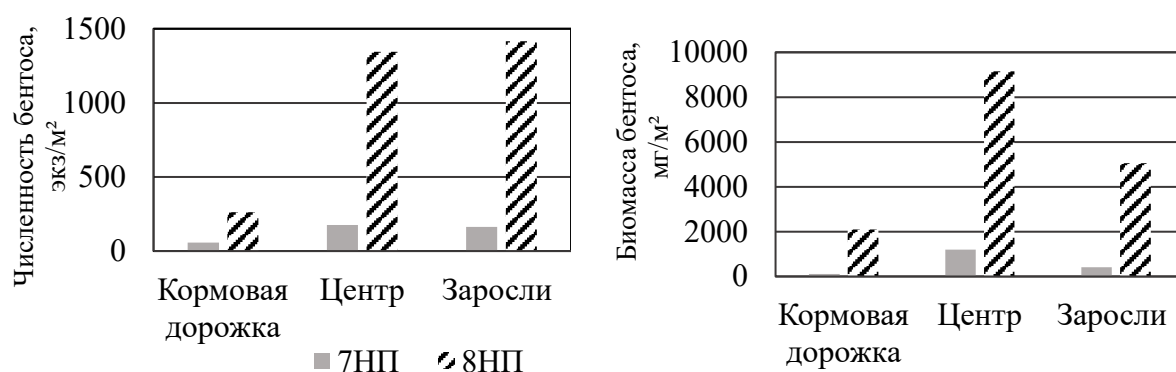


Рис. 1. Средние показатели численности и биомассы на разных биотопах

После заполнения прудов весной отмечаются низкие показатели плотности макрозообентоса во всех биотопах, в июле и августе плотность возрастает в центре прудов и в зарослях макрофитов за счет заселения амфибиотическими насекомыми (двукрылыми, поденками) и размножения водных клопов. На кормовых дорожках за счет постоянного выедания карпом плотность в течение сезона не возрастает. Максимальная биомасса в центральной части и на кормовых дорожках отмечена в июле, за счет увеличения массы личинок комаров-звонцов. В зарослях биомасса возрастает на протяжении всего сезона, что объясняется слабым выеданием рыбами (рис. 2).

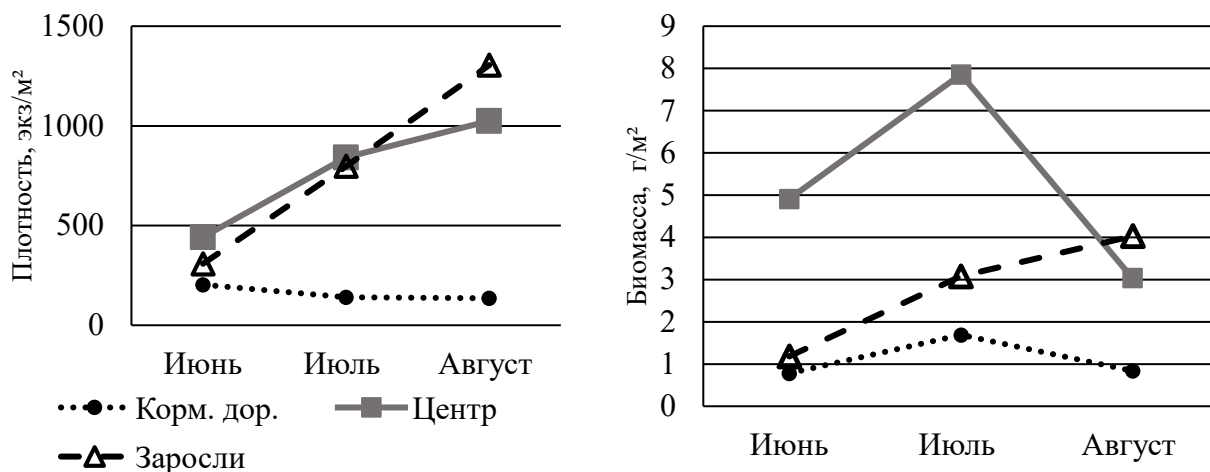


Рис. 2. Сезонная динамика численности и биомассы макрозообентоса разных биотопов

Максимальная доля личинок хирономид по численности отмечалась в июле (до 90%), к сентябрю из-за вылета имаго и выедания карпом их роль в донном сообществе снижалась (до 10%).

По нашим данным, при повышении плотности посадки рыбы статистически значимо уменьшается плотность ($r_s = 0,48$; $n = 39$; $p < 0,01$), биомасса макрозообентоса ($r_s = 0,55$; $n = 39$; $p < 0,001$) и доля хирономид по численности ($r_s = 0,41$; $n = 39$; $p < 0,01$).

Доля организмов бентоса в кишечнике трехлетков карпа пруда НП-8 по объему составляла от 3,2 до 15,3%, в рыбах пруда НП-7 - 2,8-10,4 %. Основными объектами питания для карпа являются личинки насекомых семейства Chironomidae и малощетинковые черви подсемейства Tubificinae. Остальные группы бентоса (клопы, поденки) отмечены в кишечниках единично. Подобные результаты получены в 2016-2018 годах А.А. Зямбахтиным [3].

Выводы

1. В 2022-23 годах на двух нагульных прудах обнаружено 38 видов и таксонов более высокого ранга макрозообентоса. На кормовых дорожках отмечено всего 6 видов, в

центральной акватории прудов – 9 видов и в зарослях макрофитов – 37 видов макрозообентоса. Наибольшая встречаемость характерна для личинок рода *Chironomus* sp. (60%).

2. Плотность бентоса минимальна в июне и постепенно увеличивается к августу. На кормовых дорожках за счет выедания карпом количественные показатели бентоса были минимальны в течение всего периода исследований. Максимальная биомасса в центральной части и на кормовых дорожках отмечена в июле, за счет увеличения массы личинок комаров-звонцов. В зарослях биомасса возрастает на протяжении всего сезона, что объясняется слабым выеданием рыбами;

3. Доля бентоса в кишечнике трехлетков карпа пруда НП-8 по объему составляла от 3,2 до 15,3 %, в рыбах пруда НП-7 от 2,8 до 10,4%. Основными объектами питания из организмов бентоса для двухлетнего и трехлетнего карпа являются личинки насекомых семейства Chironomidae и малощетинковые черви подсемейства Tubificinae.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Биоразнообразие природных экосистем Заволжско-Уральского региона: история его формирования, современная динамика и пути охраны» (FEWS-2024-0011).

Список литературы

1. Галасун, П. Т. Рыбоводно-биологический контроль в прудовых хозяйствах / П. Т. Галасун. – Москва: Пищевая промышленность, 1976. – 126 с.
2. Дорохов, С. М. Прудовое рыбоводство / С. М. Дорохов, С. П. Пахомов, Г. Д. Поляков. – Москва: Высшая школа, 1981. – 238 с.
3. Зямбахтин, А. А. Эффективность проведения рыбоводно-мелиоративных мероприятий в условиях высокопродуктивного карповодства Удмуртской Республики: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10 / Зямбахтин А. А.; Ижевская гос. сельскохозяйственная академия. – Ижевск, 2020. – 129 с.
4. Козлов, В. И. Справочник рыбовода / В. И. Козлов, Л. С. Абрамович – Москва: Росагропромиздат, 1991. – 238 с.
5. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / под ред. Барулина Ю. А. – Ленинград: ГосНИОРХ, 1984. – 51 с.
6. Нечипорук, Т. В. Перспективы развития прудового рыбоводства в современных экономических условиях/ Т. В. Нечипорук, Т. Х. Плиева // Вестник ОрелГАУ, 1(58), Февраль 2016. – С. 70-75.
7. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос / Под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. Москва – Санкт-Петербург: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – 457 с.
8. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 3. Паукообразные. Низшие насекомые // Цалолихин С. Я. (ред.). Санкт-Петербург: ЗИН РАН, 1997. – 439 с.
9. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4. Высшие насекомые: Двукрылые // Цалолихин С. Я. (ред.). Санкт-Петербург: ЗИН РАН, 1999. – 998 с.
10. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 5. Высшие насекомые: ручейники, чешуекрылые, жесткокрылые, сетчатокрылые, большекрылые, препопчатокрылые // Цалолихин С. Я. (ред.). Санкт-Петербург: Наука, 2001. – 998 с.
11. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Моллюски, Полихеты, Немертины // Цалолихин С. Я. (ред.). Санкт-Петербург: Наука, 2004. – Т. 6. – 528 с.

12.Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин – Москва: Книга по Требованию, 2013. – 246 с.

13.Удмуртская Республика: энциклопедия / гл. ред. В. В. Туганаев. – Ижевск: Удмуртия, 2008. – 767 с.

УДК 581.526.325.2:502.221(571.51)

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ КАЛТАТ И ЕЕ ПРИТОКОВ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ»

К.А. Эйхвальд¹, О.П. Баженова¹, Е.Ф. Тропина²

¹*Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Россия, ka.eikhvald@omgau.org, olga52@bk.ru*

²*«Национальный парк Красноярские столбы», Красноярск, Россия, nau-stolby@yandex.ru*

Аннотация. По материалам обработки проб фитопланктона, отобранных в летний сезон 2021–2024 гг. из реки Калтат и ее притоков на территории национального парка «Красноярские Столбы», охарактеризован видовой состав и таксономическая структура фитопланктона, дана эколого-географическая характеристика идентифицированных видов. Видовой состав фитопланктона отличается бедностью и преобладанием диатомовых водорослей. Специфика таксономической структуры обусловлена исследуемых водотоков абиотическими факторами, характерными для горных водотоков национального парка.

Ключевые слова: видовой состав, национальный парк «Красноярские Столбы» притоки, река Калтат, таксономическая структура, фитопланктон.

SPECIES COMPOSITION AND TAXONOMIC STRUCTURE OF PHYTOPLANKTON OF THE KALTAT RIVER AND ITS TRIBUTARIES IN THE TERRITORY OF THE KRASNOYARSK PILLARS NATIONAL PARK

K.A. Eichwald¹, O.P. Bazhenova¹, E.F. Tropina²

Summary. Based on the processing of phytoplankton samples collected in the summer season of 2021-2024 from the Kaltat River and its tributaries in the territory of the Krasnoyarsk Stolby National Park, the species composition and taxonomic structure of phytoplankton are characterized, and the ecological and geographical characteristics of the identified species are given. The species composition of phytoplankton is characterized by poverty and the predominance of diatoms. The specificity of the taxonomic structure is due to the abiotic factors of the studied watercourses, characteristic of the mountain watercourses of the national park.

Keywords: species composition, Krasnoyarsk Pillars National Park tributaries, Kaltat River, taxonomic structure, phytoplankton.

Национальный парк «Красноярские Столбы» (далее НП) располагается в пригороде г. Красноярска, на северо-западных отрогах Восточного Саяна. Площадь НП составляет 47,2 тыс. га, хорошо развита гидрографическая сеть (0,63 км/км²), ее протяженность более 300 км [8].

Река Калтат – главный левый приток р. Базаихи, имеет горный характер скорость течения в среднем составляет 0,43 м/с, ее протяженность 22 км, ширина 1,5–2 м, глубина местами достигает 1 м, площадь водосборного бассейна 55,79 км². Притоки Калтата – ручьи Нелидовский, Сухой (Столбовской) и Мокрый (Бабский) относятся к малым ручьям НП.

Средняя длина их составляет около 5 км, ширина варьируется от нескольких см до 2 м, глубина настолько ничтожна, что на некоторых участках они текут среди камней и завалов, и только изредка встречаются небольшие ямы глубиной 30 см [8].

Изучение микроскопических водорослей как сложной сборной группы водных организмов имеет огромный научный интерес. Главный способ регистрации организмов и понимания биоразнообразия в целом является – создание таксономических списков. Биоразнообразие оценивают по такому показателю как видовое богатство, то есть абсолютному или относительному числу видовых и внутривидовых таксонов (ВВТ) в обследованном объекте или регионе. Оценить видовое богатство фитопланктона как важнейшей составляющей альгофлоры, крайне сложно, так как этот процесс требует длительных систематических исследований, а по отношению к какому-либо региону – изучения большого числа водных объектов [1].

Проведение исследований фитопланктона водных объектов на территории НП были начаты в 2021 г. [11], на 16 водных объектах НП ведется биомониторинг по развитию фитопланктона [12]. Сведения о фитопланктоне р. Калтат в опубликованных ранее работах касались только численности и биомассы фитопланктона [13].

Цель работы – охарактеризовать видовой состав и таксономическую структуру фитопланктона реки Калтат и ее притоков на территории НП.

Материалы и методы

Материалом для проведения исследований послужили результаты обработки проб фитопланктона, отобранных в летний сезон в 2021–24 гг. в реке Калтат и ее притоках ручьях Нелидовский, Сухой (Столбовской) и Мокрый (Бабский) Калтат (рис. 1).

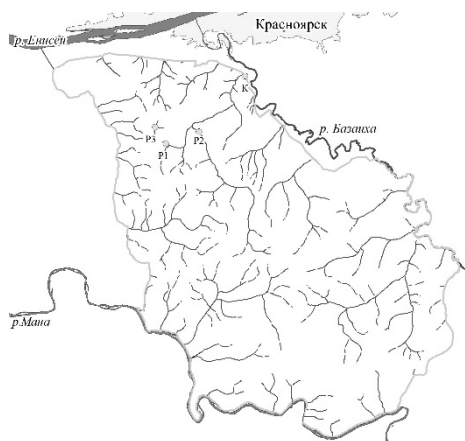


Рис. 1. Карта-схема территории НП «Красноярские Столбы» с указанием точек отбора проб: К – река Калтат; ручьи: P1 – Сухой Калтат, P2 – Мокрый Калтат, P3 – Нелидовский

Сбор и обработку проб фитопланктона проводили общепринятыми методами [9] на световом микроскопе Euler Professor 770T. Идентификацию видов диатомовых водорослей проводили на постоянных препаратах с использованием масляной иммерсии ($\times 2500$) и по снимкам, полученным на сканирующем электронном микроскопе JSM-6510LV в Институте биологии внутренних вод РАН (пос. Борок) под руководством д-ра биол. наук С.И. Генкала.

При сравнении видового состава фитопланктона р. Калтат с исследованными ручьями использовали коэффициент видового сходства Чекановского-Серенсена [10].

Определение видового состава проводили с помощью отечественных и зарубежных определителей и монографий. Базу данных интернет-ресурсов Algaebase использовали для проверки актуальности названий [14]. Эколого-географический анализ идентифицированных ВВТ проведен по общепринятым показателям [2].

При отборе проб проводили измерения температуры воздуха, воды, активной реакции водной среды с помощью прибора «Экотест-2000-И».

Результаты и их обсуждение

Температура воздуха во время исследований колебалась от 17 до 24 °С, температура воды – от 6,96 до 13,19 °С. Активная реакция водной среды нейтральная и слабо щелочная (6,95 – 7,88).

Летний фитопланктон реки Калтат и ее притоков отличается бедностью видового состава. За исследуемый период в фитопланктоне реки Калтат и ее притоках идентифицировано 70 видовых и внутривидовых таксонов (ВВТ), включая номенклатурный ранг вида, из 4 отделов, в том числе: Cyanoprokaryota – 3, Chrysophyta – 3, Chlorophyta – 14, Bacillariophyta – 50. Основу видового богатства фитопланктона формируют диатомовые и зеленые водоросли, в совокупности составляющие 91,43% идентифицированных ВВТ. Остальные отделы водорослей играют подчиненную роль в таксономической структуре фитопланктона (табл. 1).

Таблица 1. Таксономическая структура летнего фитопланктона р. Калтат и ее притоков, 2021–2024 гг.

Отдел	Класс	Количество				
		порядков	семейств	родов	видов	ВВТ
Cyanoprokaryota	Cyanophyceae	1	1	2	3	3
Chrysophyta	Chrysophyceae	1	2	2	3	3
Bacillariophyta	Coscinodiscaceae	1	1	1	2	2
	Bacillariophyceae	7	13	21	47	48
Chlorophyta	Chlorophyceae	2	5	6	11	11
	Trebouxiophyceae	1	1	2	3	3
Всего		13	23	34	69	70

Основу видового богатства фитопланктона исследуемых водных объектов составляют диатомовые водоросли: в реке Калтат – 50 ВВТ, в ручье Нелидовский – 19, Сухом Калтате – 20, Мокром Калтате – 21. Наибольшим видовым богатством среди диатомей характеризуются род *Navicula* Bory (12 ВВТ), *Achnanthes* Kütz. (5), *Cocconeis* Ehr. (4), *Fragilaria* Lyng. (3) и *Planothidium* Round et Bukhtiyarova (3), составляющие основу флористического богатства исследуемых водотоков.

Вторым по значению отделом фитопланктона исследуемых водотоков является Chlorophyta (20,0% от общего количества ВВТ), видовое богатство которых составляет в р. Калтат 13 ВВТ, в ручье Нелидовский – 7, Сухом Калтате – 11, Мокром Калтате – 9. Наиболее распространенными представителями зеленых водорослей являются виды семейств Selenastraceae (5) и Oocystaceae (3), доля которых в совокупности составляет 57,14%.

Цианопрокариоты и золотистые водоросли в фитопланктоне р. Калтат и ее притоков играют незначительную роль в формировании видового богатства. Цианопрокариоты найдены только в р. Калтат и представлены мелкоклеточными видами рода *Aphanocapsa* (*A. holsatica* (Lemm.) Cronb. et Komarek, *A. incerta* (Lemm.) Cronb. et Komarek) и *Synechocystis aquatilis* Sauv. Из золотистых водорослей повсеместно встречались виды рода *Kephyrion* (*K. rubri-claustri* Conr., *K. ovum* Pasch.), *Pseudokephyrion conicum* Schiller найден только в р. Калтат.

Найденные в исследованных водотоках водоросли относятся к числу видов, широко распространенных в водных объектах различных географических зон России [1; 4; 6]. Специфика таксономической структуры фитопланктона – преобладание диатомей в

альгофлоре р. Калтат и его притоков, является характерной чертой горных водотоков [3–5; 7].

Достаточно высокий уровень флористического сходства между фитопланктоном реки Калтат и его притоков (коэффициент Чекановского–Серенсена равен 0,68) отражает сходство гидрологических и гидрохимических показателей исследуемых водотоков НП.

При проведении эколого-географического анализа исследуемой альгофлоры, доля ВВТ с известной характеристикой должна составлять не менее 50 % от общего числа ВВТ [2]. Это условие было соблюдено и проведенный анализ может считаться корректным.

По месту обитания в исследованных водотоках преобладают планктонно-бентосные виды, обитатели бентоса также довольно многочисленны, наименьшее число видов относится к истинно планктонным (табл. 2).

Таблица 2. Эколого-географическая характеристика ВВТ из планктона р. Калтат и ее притоков, 2021–24 гг.

Эколого-географические группы	Число ВВТ	Доля, %	Эколого-географические группы	Число ВВТ	Доля, %
Местообитание			Ацидофильность		
п	10	14,29	Ин	15	21,43
б	16	22,86	Ал	16	22,86
п-б	25	35,71	Ац	1	1,43
о-п	2	2,86	Сапробность		
Галобность			χ	1	1,43
И	36	51,43	χ-о/о-χ	3	4,29
Ог	2	2,86	о	12	17,14
Гб	3	4,29	χ- β/β-χ	2	2,86
Гл	4	5,71	о-β/β-о	9	12,85
Мг	1	1,43	α-о/о-α	5	7,14
Географическая приуроченность			β	16	22,86
к	42	60,0	β-α	1	1,43
б	2	2,86			
с-а	1	1,43			

Условные обозначения.

Местобитание: п – планктонный вид, о – обростатель, б – бентосный вид. *Галобность:* И – индифферент, Ог – олигогалоф, Гб – галофоб, Гл – галофил, Мг – мезогалоф.

Географическая приуроченность: к – космополитный, с-а – северо-альпийский, б – бореальный.

Ацидофильность: Ин – индифферент, Ал – алкалофил, Ац – ацидофил.

Сапробность: χ – ксеносапроб, о – олигосапроб, β – бета-мезосапроб, α – альфа-мезосапроб.

Нестабильность среды, обусловленная быстрым течением и турбулентностью горных водотоков, является причиной бедности истинно планктонных водорослей и большого количества случайно-планктонных водорослей и обитателей бентоса.

Минерализация воды является важным экологическим фактором для развития фитопланктона. В Калтате и его притоках основную долю водорослей по отношению к солености составляют индифференты (см. табл. 2). К ним относятся представители всех отделов: цианопрокариоты (2 ВВТ), золотистые (1), диатомовые (24) и зеленые (9) водоросли.

По географической приуроченности в фитопланктон исследуемых водотоков наибольшую долю вносят космополиты, к которым относятся представители цианопрокариот (3 ВВТ), золотистых (2), диатомовых (25) и зеленых (11) водорослей.

Бореальных и северо-альпийских видов очень мало (см. табл. 2), к ним относятся *Kephyrion rubri-claustri* Cong., *Achnantheidium* cf. *affine* (Grunow) Czarnecki и *Navicula radiosa* Kütz.

По отношению к рН в Калтате и его притоках обитают алкалифилы и индифференты. Наиболее разнообразен состав алкалифилов (16 ВВТ) и индифферентов (14). Только один вид диатомей (*Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz.) относится к ацидофилам.

В составе фитопланктона найдено 49 видов-индикаторов сапробности, формирующих, примерно в равных долях, три группы сапробионтов: обитателей чистых вод (χ , χ -о-, о-сапробионты), загрязненных (β -, β - α -мезосапробы) и переходных между ними зон (χ - β -, о- α -, о- β -мезосапробы). Последние обеспечивают значительную самоочищающую способность водных объектов, поскольку обладают широкими пределами толерантности к загрязнению вод органическими веществами.

Заключение

Летний фитопланктон реки Калтат и ее притоков отличается бедностью видового состава. В фитопланктоне исследуемых водотоков выявлено 70 видовых и внутривидовых таксонов (ВВТ) водорослей, включая таксономический ранг вида, из четырех отделов, в том числе цианопрокариот – 3, золотистых – 3, зеленых – 14, диатомовых водорослей – 50. Специфика таксономической структуры фитопланктона р. Калтат и его притоков заключается в преобладании диатомовых водорослей (71,43 % от общего числа ВВТ), в основном из группы случайно-планктонных форм, типичных обитателей бентоса и обрастаний, что обусловлено абиотическими факторами, характерными для горных водотоков НП.

В составе найденных ВВТ преобладают широко распространенные случайно-планктонные виды, космополиты, индифференты и алкалифилы. Значительная доля (32,65 %) индикаторов сапробности, обладающих широкими пределами толерантности к загрязнению органическими веществами, обеспечивает высокую самоочищающую способность исследованных водотоков.

Полученные результаты будут использованы при проведении биомониторинга водных объектов НП.

Список литературы

1. Баженова, О.П. Фитопланктон Омского Прииртышья / О.П. Баженова, Н.Н. Барсукова, И.Ю. Игошкина, О.А. Коновалова, Л.В. Коржова, О.О. Кренц. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. 320 с.
2. Барина, С.С. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы / С.С. Барина, Е.П. Белоус, П.М. Царенко. – Хайфа, Киев: Изд-во Университета Хайфы, 2019. – 367 с.
3. Бондаренко, Н.А. Фитопланктон горных озер Восточной Сибири / Н.А. Бондаренко // Известия Самарского научного центра РАН. – 2006. – № 1 (8). – С. 176–190.
4. Габышев, В.А., Габышева О.И. Фитопланктон крупных рек Якутии и сопредельных территорий Восточной Сибири / В.А. Габышев, О.И. Габышева. – Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2018. 416 с.
5. Комулайнен, С.Ф. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология / С.Ф. Комулайнен, Т.А. Чекрыжева, И.Г. Вислянская. – Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2006. 81 с.
6. Корнева, Л. Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги / Л.Г. Корнева под ред. А. И. Копылова. – Кострома: Костромской печатный дом. 2015. – 284 с.
7. Митрофанова, Е.Ю. Водоросли планктона горных водотоков (на примере водотоков бассейна Телецкого озера, Россия) / Е.Ю. Митрофанова // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: Матер. II Всеросс. конф. – Сыктывкар: Ин-т биологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. – С. 104–107.

8. Наблюдение процессов и явлений в природном комплексе национального парка «Красноярские Столбы» и их изучение по программе «Летопись природы» / Книга 82 (2022 г.). Красноярск, 2023. 305 с.

9. Федоров, В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности / В.Д. Федоров. – М.: МГУ, 1979. – 168 с.

10. Шмидт, В.М. Статистические методы в сравнительной флористике / В.Д. Шмидт. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. 176 с.

11. Эйхвальд, К.А. Первые сведения о фитопланктоне некоторых водных объектов национального парка «Красноярские Столбы» / К.А. Эйхвальд, О.П. Баженова // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2022. Т. 21. № 1. С. 200–204.

12. Эйхвальд, К.А. Трофический статус и качество воды рек и ручьев национального парка «Красноярские Столбы» / К.А. Эйхвальд, О.П. Баженова // Экологические чтения – 2022: сборник научных трудов XIII Национ. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. – С. 415–421.

13. Эйхвальд, К.А. Фитопланктон и качество воды малых рек национального парка «Красноярские Столбы» / К.А. Эйхвальд, О.П. Баженова // Экологические чтения – 2024: материалы XV Национ. науч.-практ. конф. (с междунар. участием). – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2024. – С. 753–761.

14. Guiry, M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. 2024. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <https://www.algaebase.org/> (Accessed October 2024).

УДК579.6

СОСТАВ МИКРОБИОТЫ КИШЕЧНИКА БОЛЬНЫХ И ЗДОРОВЫХ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

А. Д. Юрчик, Г. В. Калмыкова., Моружи И. В

Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия, a.yurchik27@mail.ru

Аннотация. В статье представлен анализ состава микробиоты кишечника больных и здоровых осетровых рыб. На различных питательных средах было выделено 135 изолятов в чистые культуры, которые были изучены с использованием микроскопии, определения грам-принадлежности, и оценки продукции каталазы. Исследования показали, что в составе микробиоты кишечника здоровых рыб обнаружены бактерии родов *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Weissella*, *Bacillus*, *Oceanobacillus* и *Ceracibacillus*. В образцах из желудочно-кишечного тракта больных рыб были выделены бактерии, относящиеся к родам *Hafnia*, *Pseudomonas*, *Sphingomonas* и *Acinetobacter*.

Ключевые слова: микробиота кишечника, условно-патогенные микроорганизмы, питательные среды, микроскопия, патогены рыб, кокки, определение по Граму.

GUT MICROBIOTA COMPOSITION OF SICK AND HEALTHY STURGEON FISHES

A.D. Yurchik, G.V. Kalmykova, I.V. Moruzi

Summary. The article presents an analysis of the gut microbiota composition in sick and healthy sturgeon fishes. On various nutrient media, 135 isolates were isolated into pure cultures, which were studied using microscopy, determination of Gram-staining properties, and assessment of catalase production. The studies showed that bacteria of the genera *Enterococcus*, *Lactobacillus*,

Weisella, Bacillus, Oceanobacillus, and Ceracibacillus were found in the gut microbiota of healthy fish. Bacteria belonging to the genera Hafnia, Pseudomonas, Sphingomonas, and Acinetobacter were isolated from samples taken from the gastrointestinal tracts of sick fish.

Keywords: gut microbiota, opportunistic pathogens, nutrient media, microscopy, fish pathogens, cocci, Gram staining.

Анализ микробиоты кишечника необходим для поиска естественного пробиотика. Микробиота осетровых рыб играет ключевую роль в питании и иммунитете, стимулирует рост и развитие эпителия кишечника, предотвращает инвазию патогенов, способствует перевариванию сложных питательных веществ и синтезу полезных вторичных метаболитов [1].

Среди пробиотических культур, выделяемых из микробиоты осетровых рыб, можно отметить бифидобактерии, лактобактерии, энтерококки.

В то же время, осетровые рыбы могут быть обсеменены патогенными формами, такими как псевдомонады, санитарно-показательные и сапрофитные бактерии, *Aeromonas hydrophila* и *Pseudomonas aeruginosa*, *A. caviae*, *Pseudomonas diminuta*, *P. Pseudoalcaligenes*, *E.coli*, золотистый стафилококк, условно-патогенные энтеробактерии, такие как *Citrobacter braakii*. [2,3,4,5].

Целью работы: анализ состава микробиоты кишечника у больных и здоровых осетровых рыб.

Материал и методы

Выделение и идентификацию микроорганизмов из ЖКТ здоровой и больной стерляди проводили на различных селективных, дифференциально-диагностических и идентификационных средах: среда БТН-1 (Электрогорск, Россия) ТУ 9385-01-16542938-2012, MRS АГАР (п. Оболенск, Россия) ТУ 9385-235-78095326-2016, Энтерококкагар (п. Оболенск, Россия) ТУ 9398-110-78095326-2010, агар Эндо-ГРМ (п. Оболенск, Россия) ТУ 9398-027-78095326-2007), Колумбийский агар сухой (п. Оболенск, Россия) ТУ 20.59.52-307-78095326-2018, Бульон МакКонки-ГРМ (п. Оболенск, Россия) ТУ 9385-079-78095326-2009, среда Левина (Электрогорск, Россия) ТУ 9385-001-16542938-2012, Лактобакагар (п. Оболенск, Россия) ТУ 9398-104-78095326-2010, агар Плоскирева-ГРМ (п. Оболенск, Россия) ТУ 9398-045-78095326-2008, Стафилококкагар (п. Оболенск, Россия) ТУ 9398-109-78095326-2010, питательная среда №8 ГРМ (п. Оболенск, Россия) ТУ 9398-008-78095326-2007, TCBS-агар (п. Оболенск, Россия) ТУ 9398-156-78095326-2012, Agar Base Aeromonas (RYAN) (Madrid, Spain) Condalab.

Определение грам-принадлежности проводили экспресс-тестом, при котором 3% раствор гидроксида калия наносили на предметное стекло, а затем бактериальной петлей добавляли исследуемую культуру микроорганизмов. Образование мутности на стекле указывало на грамположительную культуру, а если культура тянулась от стекла к бактериальной петле, то – на грамотрицательную [6].

Отношение к каталазе изучали, используя 3% раствор пероксида водорода. На предметное стекло наносили каплю пероксида водорода, после чего стеклянной палочкой добавляли культуру микроорганизмов. Образование пузырьков газа свидетельствовало о том, что культура относится к каталазоположительным микроорганизмам, при образовании мутности – к каталазоотрицательным [7].

Форму клеток, выделенных изолятов изучали с помощью световой микроскопии, предназначенной для изучения объектов, размером не менее 0,2 мкм. В данной работе применялся микроскоп маркой АХЮ, модель Lab.A1, увеличением 100х/1,25.

Для приготовления микробиологического препарата на середину чистого, хорошо обезжиренного стекла наносили каплю физиологического раствора, в которую бактериальной петлей вносили небольшое количество исследуемой микробной культуры так, чтобы капля жидкости стала слегка мутноватой. После этого излишки микробного

материала на петле сжигали в пламени горелки. Для фиксации препарата стекло нагревали над пламенем горелки, а затем окрашивали метиленовой синью в течении 7 минут [5].

Результаты и их обсуждение

На различных питательных средах был проведен посев из желудочно-кишечного тракта здоровых и больных рыб, из полученных колоний были выделены в чистые культуры 135 изолятов.

По результатам экспресс-теста грам-принадлежности и отношению к каталазе было установлено, что 20 изолятов относятся к грамотрицательным, каталазаположительным микроорганизмам, 69 – к грамположительным, каталазаотрицательным, а 46 – к грамположительным, каталазаположительным бактериям.

Световая микроскопия изолятов из разных групп показала, что большинство изолятов первой группы – это мелкие палочки или коккопалочки, второй группы- это единичные кокки, иногда объединенные в цепочки, третьей группы- это длинные палочки, образующие споры (рис.1.).

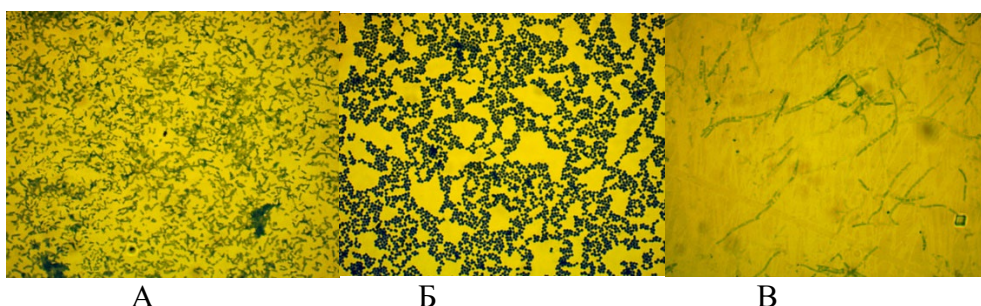


Рис. 1. Световая микроскопия чистых культур, выделенных из образцов ЖКТ. А-мелкие палочки или коккопалочки; Б-единичные кокки; В-палочки, образующие споры;

Варианты культур, одинаковых по грам-принадлежности, отношению к каталазе и сходных по морфологии клеток, были объединены в группы. Повторные рассевы на различных дифференциальных и селективных средах проводились с целью предварительной идентификации выделенных изолятов (рис. 2). В результате этого были сформированы однородные группы, представители которых были переданы на молекулярную идентификацию с использованием методов ПЦР и секвенирования. Это обеспечило более точное определение видов и их генетической принадлежности.



Рис.2. Дифференциальный рост изолятов на CHROMagar Orientation

Заключение

В результате анализа 16S рРНК были идентифицированы бактерии, относящиеся к родам *Hafnia*, *Pseudomonas*, *Sphingomonas* и *Acinetobacter*, которые встречались в основном у больных особей. Также были выделены *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Weissella*, *Bacillus*, *Oceanobacillus* и *Ceracibacillus* из образцов ЖКТ здоровых стерлядей.

Таким образом, исследование показало разнообразие микробного состава в желудочно-кишечном тракте как здоровых, так и больных рыб. Результаты экспресс-тестов на грам-принадлежность и каталазу позволили классифицировать изоляты по их характеристикам. Микроскопические исследования подтвердили морфологическое разнообразие выделенных культур, что позволило провести дальнейшую молекулярную идентификацию и установить генетическую принадлежность различных родов бактерий. Эти данные могут быть полезны для понимания микробиоты рыб и ее роли в здоровье и патологиях организма.

Список литературы

1. Литусов, Н. В. Патогенные грамотрицательные бактерии: учебное пособие / Н. В. Литусов, А. Г. Сергеев, Ю. В. Григорьева; под общей редакцией. — Екатеринбург: Уральский ГМУ, 2023. — 401 с.
2. Рудой Д. В. Обзор исследований применения комбикормов с пробиотической активностью в рационе животных и рыб / Д. В. Рудой, Т. А. Мальцева, С. Р. Саакян [и др.] // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: сборник научных трудов XVI Международной научно-практической конференции в рамках XXVI Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш» и «Агротехнологии», Ростов-на-Дону, 01–03 марта 2023 года / Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону: Изд-во "ДГТУ-ПРИНТ", 2023. – С. 70-73.
3. Ермаков, В. В. Микробиология и вирусология: практикум: учебное пособие / В. В. Ермаков. — Самара: СамГАУ, 2023. — 164 с. — ISBN 978-5-88575-704-1.
4. Текебаева Ж. Б. Пробиотики и их применение в аквакультуре / Ж. Б. Текебаева, Г. С. Шахабаева, З. С. Сармурзина [и др.] // Новости науки Казахстана, 2020. — С. 170-185.
5. Applications and Possible Modes of Action of Probiotics in Aquaculture / T. DANIYA, RAVIKANT, G. SINGH [и др.]. — Текст: непосредственный // International Journal of Agriculture Sciences, 2020. — С. 9753-9755.
6. Строганова, И. Я. Биотехнология в ветеринарной медицине: учебное пособие / И. Я. Строганова. — Красноярск: КрасГАУ, 2020 — Часть 1: Общая биотехнология, 2020. — 191 с.
7. Рябичева, А. Е. Общая микробиология: учебно-методическое пособие / А. Е. Рябичева, Н. С. Андрюшина; составитель А. Е. Рябичева. — Брянск: Брянский ГАУ, 2023. — 135 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

МАКРОЗОБЕНТОС ОЗ. ШАТАЛОВСКОЕ (ЗАПРУДА НА Р. МАЛЫЙ УЧУГ) В АВГУСТЕ 2024 Г. С.И. Андреева, А.В. Каримов, Ю.Н.Хмельницкий	3
ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ФИТОПЛАНКТОНЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ВОДОЕМОВ ООПТ «СТАРОЗАГОРОДНЫЙ» (Г. ОМСК) О.П. Баженова, М.А. Костенко	7
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ РОССИЙСКОГО УЧАСТКА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ИРТЫШ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ О.П. Баженова, В.В. Костерова.....	12
ЭВГЛЕНОВЫЕ ВОДОРОСЛИ ИЗ ПЛАНКТОНА ЗАТОНОВ РЕКИ ИРТЫШ В РАЙОНЕ Г.ОМСКА..... О.П. Баженова, О.О. Кренц, А.С. Первых	18
ТОКСИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ХРОМА НА МИКРОВОДОРОСЛИ В РЕЧНОЙ И ДЕХЛОРИРОВАННОЙ ВОДЕ Е.Н. Бакаева., И.В. Коваленко.....	22
МАКРОЗООБЕНТОС ВОДОТОКОВ И МАЛЫХ ВОДОЕМОВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ27 С.А.Валькова	27
СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ РЕКИ ОБЬ Л.С. Визер , А.А. Мухина, Ю.В. Шаруха	33
БИОЛОГИЯ РАЧКА АРТЕМИИ ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМОВ КУЛУНДИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА КУЛУНДИНСКОЕ) Л. В. Веснина, Ю. А. Веснин, М. В. Лассый	38
РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЫКНОВЕННОГО СУДАКА <i>SANDER LUCIOPERCA</i> НА РАЗНОТИПНЫХ УЧАСТКАХ ВЕРХНЕЙ ОБИ М.А. Дорогин, Е.А. Интересова.....	57
ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ НА ХИЩНИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ <i>PARACOTTUS KNERII</i> (DUBOWSKI, 1874) Я.К. Ермолаева, Д.С. Кондратьева, Д.Г. Рэчилэ, И.Д. Кодатенко, К.В. Саловаров, А.Б. Олимова, А.Т. Гулигуев, А.В. Башкирцев, А.С. Слепченко, А.В. Лавникова, С.А. Бирицкая, Н.А. Кульбачная, К.К. Рубан, М.А. Масленникова, Д.И. Голубец, Д.Ю. Карнаухов, Е.А. Зилов.....	61
ЕСТЕСТВЕННОЕ И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО СИБИРСКОГО ОСЕТРА <i>ACIPENSER BAERII</i> В РЕКЕ ИРТЫШ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ В.Ф. Зайцев, П.А. Балацкий, Е.А. Интересова, Л.А. Шиповалов	65
ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	

Е.А.Зотова, Е.Э.Сонина, С.Н.Макаров, А.С.Пудовкина, Л.В.Гузеева	70
САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА ИЛЬМЕНЬ ЛЕТОМ 2024 г. М.С. Исаченко, А.А. Быстрова, Л.Л. Капутина, О.И. Репина.....	74
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЫБОЛОВНЫХ И РЫБОВОДНЫХ УЧАСТКОВ, ВЫЗВАННЫЕ ЛОКАЛЬНЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ О.В. Козлов, А.Н. Накоскин, Ю.А. Енова, А.А. Асманова, Е.А. Коноводова, О.В. Филистеев, А.В. Чирухин, А.В. Дегтярев	78
ДИНАМИКА ПЛОЩАДИ ОЗЕРА КУЛУНДИНСКОЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ Г.В. Лукерина, А.Ю. Лукерин.....	83
РЕЗУЛЬТАТЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ВЫПУСКОВ МОЛОДИ РУССКОГО ОСЕТРА <i>ACIPENSER</i> <i>GUELDENSTAEDTII</i> (BRANDT & RATZEBURG, 1833) В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ В 2023 ГОДУ Г.А. Мельников, В.Н. Шевченко, В.Н. Кравченко.....	89
ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ВИДОВОЙ СОСТАВ ПАРЗИТОФАУНЫ У ЩУКИ <i>ESOX LUCIUS</i> (L.) А.В. Морозко, М.А. Дорогин	93
ДЕГРАДАЦИЯ ООЦИТОВ ТРОФОПЛАЗМАТИЧЕСКОГО РОСТА ПРИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ СОДЕРЖАНИЯ СОЗРЕВАЮЩИХ САМОК НА ПРИМЕРЕ ГИБРИДА АМУРСКОГО ОСЕТРА И КАЛУГИ (<i>ACIPENSER SCHRENCKII</i> X <i>HUSO DAURICUS</i>) Я.Г. Меркулов, И.А. Марков.....	97
РЕЗУЛЬТАТЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ШТАММОВ КИШЕЧНОЙ МИКРОФЛОРЫ БОЛЬНЫХ И УСЛОВНО-ЗДОРОВЫХ ОСОБЕЙ МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ И.В. Моружи, А.И. Михайлов, Г.В. Калмыкова, С.В. Севастеев, Е.В. Пищенко, Е.А. Елисеева, Н.Н. Разоков, Р.А. Олифер, О.А. Рысев.....	103
СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ РЕКИ МЁШИ Л.В. Новикова, Н.Ю. Степанова	109
СОСТОЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ СИБИРСКОГО ОСЕТРА <i>ACIPENSER BAERI</i> BRANDT, 1869 СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ЛЕНА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ А.В. Новосадова, О.Ю. Вилкова.....	114
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИХТИОФАУНЫ ОЗЕР БЫЧЬЕ И ЗОЛОТОЕ ВОЛЧИХИНСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ Г.А. Романенко, И.Ю. Теряева, С.А. Осипов, Д.Г. Елизарьев.....	122
ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА КРОВИ У МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ СИБИРСКОЙ (<i>ACIPENSER</i> <i>RUTHENUS MARSIGLI</i> BRANDT) ПОД ВЛИЯНИЕМ КОРМЛЕНИЯ С ПРОБИОТИЧЕСКИМИ ШТАММАМИ МИКРООРГАНИЗМОВ К.В. Симоненко, Н.А. Солнцев, А.Д. Юрчик, С.В. Севастеев, И.В. Моружи	129

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ И ПРИРОСТОМ МАССЫ ТЕЛА СТЕРЛЯДИ СИБИРСКОЙ (<i>ACIPENSER RUTHENUS MARSIGLIИ BRANDT</i>) В УСЛОВИЯХ УСТАНОВКИ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ Н.А. Солнцев, К.В. Симоненко, А.Д. Юрчик, И.В. Морузи	137
ИХТИОПАТОЛОГИЧЕСКОЕ БЛАГОПОЛУЧИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ ОБЬ В ГРАНИЦАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ И.Ю. Теряева, Г.А. Романенко, В.И. Щербаков.....	142
РОСТ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА, ПОЛУЧЕННОГО В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ, НА ДОННОЙ ПЛАНТАЦИИ В ПРОЛИВЕ СТАРКА И.С. Турабжанова.....	148
РЫБОПРОМЫСЛОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА Ю.А. Северов.....	153
СРАВНЕНИЕ И ОЦЕНКА ЭЯКУЛЯТОВ САМЦОВ РУССКОГО ОСЕТРА (<i>ACIPENSER GUEL DENSTAEDTII</i>) ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА Е.Е. Сусова, Э.В. Бубунец, Е.С. Седлецкая, О.А. Аньшаков	158
МАКРОЗООБЕНТОС ПРУДОВ РЫБХОЗА «ПИХТОВКА» (УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА) И ЕГО РОЛЬ В ПИТАНИИ КАРПОВ Н.В. Холмогорова, Т.Г. Крылова, Л.В. Головатюк	164
ВИДОВОЙ СОСТАВ И ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ КАЛТАТ И ЕЕ ПРИТОКОВ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ» К.А. Эйхвальд, О.П. Баженова, Е.Ф. Тропина.....	170
СОСТАВ МИКРОБИОТЫ КИШЕЧНИКА БОЛЬНЫХ И ЗДОРОВЫХ ОСЕТРОВЫХ РЫБ А. Д. Юрчик, Г. В. Калмыкова., Морузи И. В	175

