

Основной титульный экран

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ПРАВИТЕЛЬСТВО КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ

**Материалы IX Международного Балтийского морского форума
4-9 октября 2021 года**

Том 3

**IX НАЦИОНАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ, АКВАКУЛЬТУРА И ЭКОЛОГИЯ ВОДОЕМОВ»**

Электронное издание

**Калининград
Издательство БГАРФ
2021**

1 дополнительный экран

УДК [629.3; 639.2; 656.6; 621.4; 621.37]
001.89:[62+656.6]

Сост.: Кострикова Н.А.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Волкогон В.А., ректор Калининградского государственного технического университета; Кострикова Н.А., проректор по научной работе КГТУ; Грунтов А.В., начальник БГАРФ; Поляков Р.К., начальник Управления научно-исследовательской деятельности КГТУ; Яфасов А.Я., начальник Управления инновационной деятельности КГТУ; Бокарев М.Ю., директор Института профессиональной педагогики БГАРФ; Мезенова О.Я., зав. кафедрой пищевой биотехнологии КГТУ; Титова И.М., заведующая кафедрой технологии продуктов питания КГТУ; Румянцев А.Н., заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов КГТУ; Ухов А.А., кафедра электронных приборов и устройств СПбГЭТУ «ЛЭТИ»; Тылик К.В., декан факультета биоресурсов и природопользования КГТУ.

БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы IX Международного Балтийского морского форума 4-9 октября 2021 года [Электронный ресурс]: в 6 томах. Т. 3. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» IX Международная научная конференция. – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 1 электрон. опт. диск.

Балтийский морской форум является ежегодным масштабным международным научно-практическим мероприятием, объединяющим под своей эгидой ряд научных конференций, круглых столов и мастер-классов, посвященных тематике развития науки и образования в морской отрасли, промышленности, сельском хозяйстве Балтийского региона и РФ в целом. Целью форума является обмен научно-техническими достижениями, расширение научно-технического сотрудничества и выработка эффективных алгоритмов реализации новаторских идей в области судостроения, информационных технологий, аквакультуры, экологии, сельского хозяйства, пищевой биотехнологии, водных биоресурсов и технологий продуктов здорового питания.

Международный Балтийский морской форум предоставляет уникальную возможность расширить научные и деловые связи, представить экспертному сообществу результаты научного поиска.

В рамках IX Международного Балтийского морского форума состоялись конференции:

- **«Инновации в науке, образовании и предпринимательстве – 2021»**, XIX Международная научная конференция;
- **«Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии»**, IX Международная научная конференция;
- **«Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов»**, IX Международная научная конференция;
- **«Пищевая и морская биотехнология»**, X Юбилейная Международная научно-практическая конференция;
- **«Инновации в технологии продуктов здорового питания»**, VIII Национальная научная конференция;

- **«Инновации в профессиональном, общем и дополнительном образовании»**, VII Международная научная конференция;
- **«Автоматизация технологических процессов и производств»**, II Национальная научная конференция;
- **«Инновационное предпринимательство 2021: Цифровая экспансия»**, VII Международная конференция.

Материалы конференции публикуются в авторской редакции в виде электронного издания с присвоением международного стандартного номера ISBN, зарегистрированного в каталоге «Российские электронные издания» НТЦ «ИНФОРМРЕГИСТР».

Текстовое (символьное) электронное издание

Минимальные системные требования:

Тип компьютера, процессор, частота: Pentium 3, процессор с частотой не ниже 500 MHz.

Оперативная память (RAM): 64 Mb и более.

Необходимо на винчестере: 200 Mb.

Операционные системы: Microsoft Windows 98/Me/2000/XP/7.

Видеосистема: видеокарта 8 Mb памяти или лучше.

Акустическая система: звуковая карта (любая).

Дополнительное оборудование: CD привод 8x или лучше (рекомендуется 16x).

Дополнительные программные средства: ПО для просмотра файлов PDF.

Количество носителей – 1.

© БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021

ISBN 978-5-7481-0482-1

Подписано в печать 03.11.2021 г.

Объем издания – ** Мб.

Количество носителей – 1.

Уч.-изд. л. – 22,3.

Записано на материальный носитель:

БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»,

Издательство БГАРФ,

член Издательско-полиграфической ассоциации высших учебных заведений

236029, Калининград, ул. Молодежная, 6,

тел. +7 (4012) 95-77-18,

тел./факс +7 (4012) 95-52-27,

e-mail: bga_izdatel@mail.ru

БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы IX Международного Балтийского морского форума 4-9 октября 2021 года.

Том 1. «Инновации в науке, образовании и предпринимательстве – 2021», XIX Международная научная конференция.

Том 2. «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии», IX Международная научная конференция;

Том 3. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов», IX Международная научная конференция.

Том 4. «Пищевая и морская биотехнология», X Юбилейная Международная научно-практическая конференция;

Том 5. «Инновации в технологии продуктов здорового питания», VIII Национальная научная конференция

Том 6. «Инновации в профессиональном, общем и дополнительном образовании», VII Международная научная конференция;

«Автоматизация технологических процессов и производств», II Национальная научная конференция;

«Инновационное предпринимательство – 2021: Цифровая экспансия», VII Международная конференция.

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

IX Национальная научная конференция ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ, АКВАКУЛЬТУРА И ЭКОЛОГИЯ ВОДОЕМОВ

IX National scientific conference AQUATIC BIORESOURCES, AQUACULTURE AND ECOLOGY OF WATER RESERVOIRS

СЕКЦИЯ «АКВАКУЛЬТУРА, ИХТИОПАТОЛОГИЯ И ГИДРОБИОЛОГИЯ»

SECTION «AQUACULTURE, ICHTHYOPATHOLOGY AND HYDROBIOLOGY»

<i>Володина В.В., Воронина Е.А., Терпугова Н.Ю.</i> Паразитологические исследования промысловых видов рыб Волго-Каспия.....	3
<i>Капитунова А.И., Доминова И.Н., Жуков В.В.</i> Кристаллины хрусталиков камерного глаза гидробионтов: рыбы и моллюски.....	9
<i>Курапова Т.М., Хрусталева Е.И.</i> Потенциальная рыбопродуктивность прудов УОХ КГТУ по растительноядным рыбам	13
<i>Лопухин Д.Г., Чебан К.А.</i> Оценка влияния температуры воды на сроки зарыбления молоди растительноядных рыб в пастбищные водоемы на территории Калининградской области	19
<i>Савина Л.В., Курапова Т.М.</i> Особенности влияния факторов среды на удельную скорость роста планктонных водорослей во время зимовки растительноядных рыб	23
<i>Сафонов М.В., Жуков В.В.</i> Фармакологический анализ фототрансдукции в сетчатке глаза <i>Lymnaea stagnalis</i> L.	29
<i>Хрусталева Е.И., Чебан К.А.</i> Биотехнические особенности выращивания сеголетков карпа и растительноядных рыб в прудах УОХ КГТУ	35
<i>Шахова Е.В., Пьянов Д.С., Дельмухаметов А.Б.</i> Влияние разных температурных режимов на некоторые гематологические показатели молоди сига (<i>Coregonus lavaretus</i>).....	40
<i>Яркина Н.Н., Логанова Н.А.</i> Устойчивое рыболовство и аквакультура в контексте развития голубой биоэкономики.....	46

СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВОДОЕМОВ, ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

SECTION «BIOLOGICAL RESOURCES OF THE WATER RESERVOIRS, ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT»

<i>Бурбах А.С., Шибяев С.В.</i> Роль снетка (<i>Osmerus eperlanus eperlanus morpha spirinchus</i>) в формировании временного ихтиоценоза в транзитной системе Куршский залив – река Неман в период нерестовой миграции корюшки (<i>Osmerus eperlanus eperlanus</i> L.).....	53
<i>Гринберг Е.В., Литвиненко А.В.</i> Экологический подход при планировании санитарно-профилактических мероприятий на предприятиях по искусственному разведению тихоокеанских лососей	58

<i>Дубравин В.Ф., Краснобородько О.Ю.</i> Особенности сезонной изменчивости положения мгновенного полюса вращения Земли.....	70
<i>Краснобородько О.Ю., Дубравин В.Ф.</i> Особенности межгодовой изменчивости мгновенного положения полюса вращения Земли.....	82
<i>Кривоускова Е.В., Шибаева М.Н.</i> Пространственное распределение видового состава зоопланктона прибрежной части озера Виштынецкого.....	92
<i>Литвиненко А.В., Заварзин Д.С., Гринберг Е.В.</i> Условия подращивания молоди тихоокеанских лососей в озерах о. Итуруп	97
<i>Меньшенин А.С., Цупикова Н.А.</i> Изучение внешней нагрузки на пруд Шенфлиз (город Калининград) в 2018-2019 гг.	108
<i>Минашкина А.В.</i> Возможности использования территорий накопленного экологического вреда на примере Калининградской области	115
<i>Новожиллов О.А., Шибаев С.В.</i> Получение посадочного материала гигантской пресноводной креветки <i>Macrobrachium rosenbergii</i> (De Man, 1879) в условиях ФГБОУ ВО «КГТУ»	121
<i>Осадчий В.М., Архипов А.Г., Саускан В.И., Чернышков П.П.</i> Международные аспекты рыбохозяйственных исследований в Атлантическом океане и перспективы их развития	127
<i>Пак Р.А., Архипов А.Г., Симонова Т.А.</i> Динамика численности массовых видов ихтиопланктона в водах северной и южной частей Марокко	134
<i>Попова А.С., Шибаев С.В.</i> Пространственное распределение рекреационного рыболовства на водоемах г. Калининграда.....	144
<i>Салимзянова К.Р., Литвиненко А.В.</i> Современные аспекты искусственного разведения и отолитного маркирования тихоокеанских лососей в странах Азиатско-Тихоокеанского региона	151
<i>Севостьянова Е.А., Цупикова Н.А., Суэтина О.С.</i> Абиотические условия развития фитопланктона пруда Пелавского (Калининград) в вегетационные сезоны 2015–2017 гг.....	161
<i>Токранов А.М.</i> Северный волосозуб <i>Trichodon trichodon</i> (Trichodontidae) – потенциальный объект прибрежного рыболовства в прикамчатских водах Охотского моря.....	168
<i>Цветкова Н.Н., Кривоускова Е.В.</i> Оценка экологического состояния озера Виштынецкого с использованием трофического индекса Карлсона.....	175
<i>Шибаев С.В., Новожиллов О.А., Федотова Т.С.</i> Первые результаты количественной оценки воспроизводства леща в р. Промысловой бассейна Куршского залива	180

УДК 597-12(282.247.41)

**ПАЗАРИТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ РЫБ ВОЛГО-КАСПИЯ**

¹Володина Виктория Викторовна, канд. биол. наук, заместитель начальника отделения береговых специальностей

²Воронина Елена Александровна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник

³Терпугова Надежда Юрьевна, ведущий специалист

¹СПб МРК (филиал) ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Санкт-Петербург, e-mail: volodinavict@yandex.ru

²Волжско-Каспийский филиал ВГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Астрахань, e-mail: helen212@yandex.com

³ВГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Москва, e-mail: n.terpugova@bk.ru

Целью данной работы явилось проведение экологического мониторинга дельты Волги на основе паразитологического анализа половозрелых промысловых видов рыб. Исследование паразитарного загрязнения является актуальной темой ввиду того, что ущерб, наносимый рыбной отрасли, может проявляться не только в результате гибели рыбы, но и в потери ихтиомассы вследствие снижения темпов роста, упитанности, жирности, ослабления репродуктивной функции рыб. У половозрелых промысловых рыб выявлены патологические процессы, обусловленные инвазионными заболеваниями. Результаты исследований свидетельствуют как о высоком патогенном потенциале выявленных паразитарных форм, так и функциональности природных очагов инвазии в Волго-Каспийском рыбохозяйственном подрайоне.

Инвазионные заболевания являются результатом негативного воздействия на биологическую систему «паразит-хозяин». Любые неблагоприятные изменения, происходящие в среде обитания, оказывают отрицательное влияние на рыб, снижая их сопротивляемость к болезням. Изменение качества среды в экосистемах, подверженных антропогенному влиянию, способно вызывать дисбаланс паразито-хозяинных отношений, что приводит к особой форме биологического загрязнения окружающей среды – паразитарному загрязнению. Ущерб, наносимый рыбной отрасли, проявляется не только в результате гибели рыбы, но и от снижения темпов роста, упитанности, жирности, ослабления репродуктивной функции представителей ихтиофауны [7]. Поэтому в этом контексте ихтиопатологические исследования, являющиеся составной частью экологического мониторинга, весьма актуальны.

Для выявления эпизоотического статуса водных биологических ресурсов был проведен ихтиопатологический анализ, включающий патолого-анатомическое вскрытие и неполное паразитологическое обследование половозрелых промысловых видов рыб дельты Волги. Сбор ихтиопатологического материала осуществляли в апреле-октябре 2018 г. Всего обследовано: 20 экз. плотвы, 58 экз. сельди-черноспинки, 75 экз. красноперки, 80 экз. густеры, 100 экз. воблы, 240 экз. судака, 243 экз. щуки, 250 экз. окуня, 256 экз. леща и 300 экз. сома.

Работы проводили в соответствии с общепринятыми в паразитологии методиками и нормативной документацией [2; 4; 6]. Идентификацию выявленных гельминтов проводили с помощью определителей [3; 8].

При паразитологических исследованиях учитывали стандартные показатели: экстенсивность инвазии (ЭИ); интенсивность инвазии (ИИ); средняя интенсивность инвазии (СИИ); индекс обилия (ИО).

Результаты исследований показали, что в паразитоценозах обследованных рыб выявлены следующие гельминты, обладающие эпизоотической значимостью: *Mazocraes alosae*, *Caryophyllaeus laticeps*, *Proteocephalus osculatus*, *Triaenophorus nodulosus*, *Raphidascaris acus*, *Eustrongylides excisus*, *Pomphorinchus laevis*.

Уровень зараженности представителями различных таксономических групп варьировал в широких пределах: от 9,41 % у сазана при инвазии скребнями до 89,66 % у сельди-черноспинки, пораженной моногенетическими сосальщиками (таблица 1). Зарегистрированная численность гельминтов также была вариабельна и изменялась в пределах двух порядков: от 0,84 экз./рыбу *P. laevis* до 25,10 экз./рыбу у сазана.

Таблица 1

Показатели зараженности и заболеваемости рыб Волго-Каспийского региона

Вид паразита	Вид рыбы	ЭИ, %	СИИ, экз./рыбу	ИО, экз./рыбу
<i>Mazocraes alosae</i>	Сельдь-черноспинка	89,66	12,12	10,86
<i>Caryophyllaeus laticeps</i>	Лещ	19,92	9,49	1,89
	Сазан	21,18	118,53	25,10
<i>Proteocephalus osculatus</i>	Сом	39,33	6,73	2,65
<i>Triaenophorus nodulosus</i>	Щука	10,70	2,15	0,23
<i>Raphidascaris acus</i>	Щука	38,27	14,38	5,50
<i>Eustrongylides excisus</i>	Окунь	69,20	7,85	5,43
	Сом	68,67	8,80	6,04
<i>Pomphorinchus laevis</i>	Сазан	9,41	8,88	0,84

Следует отметить, что при определенных условиях паразит любой систематической группы способен инициировать манифестный ответ на инвазию. В 2018 г. у половозрелых промысловых видов рыб выявлено семь инвазионных заболеваний, спровоцированных моногенеями, цестодами, нематодами и скребнями. В основном паразиты, провоцирующие заболевания, локализовались в желудочно-кишечном тракте рыб (таблица 2).

Таблица 2

Систематическая принадлежность и локализация возбудителей инвазионных заболеваний, выявленных у половозрелых промысловых рыб в 2018 г.

Название гельминтоза	Возбудитель инвазионного заболевания	Вид рыбы	Локализация	ЭИ, %
Кл. Monogenea				
Мазокреоз	<i>Mazocraes alosae</i> (Mazocraes)	Сельдь-черноспинка	Жаберные лепестки	1,72
Кл. Cestoda				
Кариофиллез	<i>Caryophyllaeus laticeps</i> (сем. Caryophyllaeidae)	Лещ	Полость кишечника	1,95
		Сазан	Полость кишечника	2,35
Протеоцефалез	<i>Proteocephalus osculatus</i> (сем. Proteocephalidae)	Сом	Полость кишечника	2,33
Триенофороз	<i>Triaenophorus nodulosus</i> (сем. Triaenophoridae)	Щука	Полость кишечника	0,41
Кл. Nematoda				
Рафидаскариоз	<i>Raphidascaris acus</i> (сем. Anisakidae)	Щука	Полость кишечника	0,82
Эустронгилидоз	<i>Eustrongylides excisus</i> (сем. Dioctophymidae)	Окунь	Паренхиматозные органы	4,40
		Сом	Желудок	0,74
Кл. Acanthocephala				
Помфоринхоз	<i>Pomphorinchus laevis</i> (сем. Pomphorhynchidae)	Сазан	Гепатопанкреас, кишечник	1,76

Мазокреоз зарегистрирован в весенний период у 1,72 % сельди-черноспинки. Жабры больных рыб характеризовались мозаичной окраской (от молочного до светло-красного цвета) (рис. 1). Жаберные лепестки были повышено ослизнены. В местах прикрепления моногеней жаберный эпителий был разрушен, отмечены некротизированные участки.

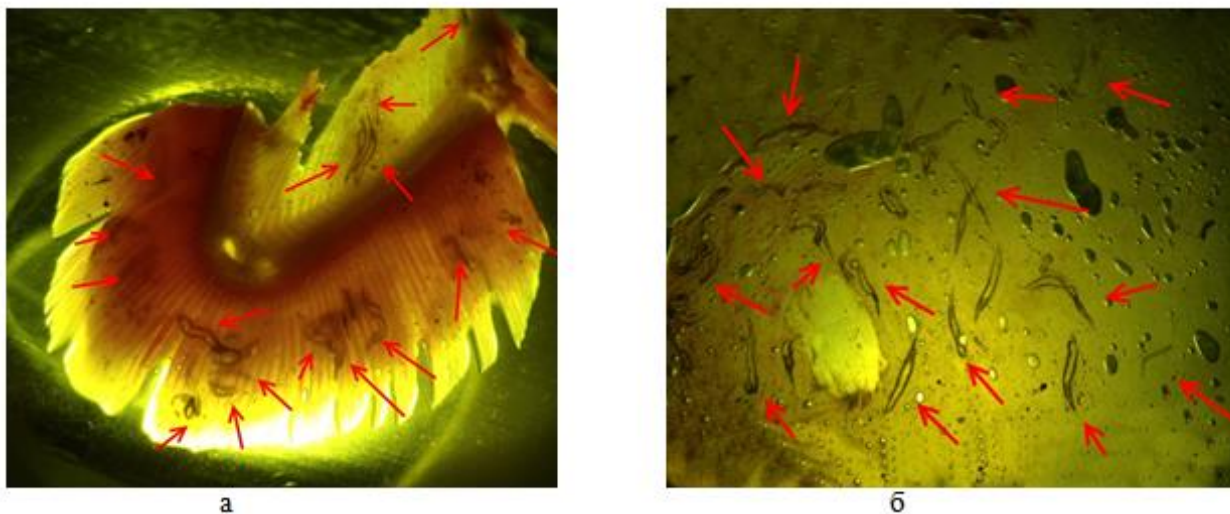


Рис. 1. Инвазия жаберных лепестков сельди-черноспинки моногенетическими сосальщиками *M. alosae*: на жаберной дуге (а); в ткани жаберного лепестка (б)

При паразитировании, как правило, отмечается разрастание эпителия, образование выростов и анастомоз между жаберными лепестками. Возникающие при этом нарушения в строении жаберных тканей приводят к еще большему нарушению их функций. У больных рыб также отмечаются и изменения в показателях состояния крови: уменьшается концентрация гемоглобина и увеличивается скорость оседания эритроцитов, отмечаются изменения в составе форменных элементов [9].

В целом высокая инвазия жабр моногенетическими сосальщиками вызывает усиленное ослизнение, разрушение респираторного эпителия лепестков и, как следствие, нарушение газообмена. Сильно пораженные особи характеризуются снижением темпов роста, упитанности, становятся более чувствительными к различным стресс-факторам, воздействию вторичных инфекций [1].

Кариофиллез отмечен только весной у 1,95 % леща и 2,35 % сазана при интенсивности инвазии 30-114 и 795-1103 паразитов, соответственно видам рыб.

Протеоцефалез выявлен у 2,33 % половозрелой части популяции сома. Интенсивность инвазии при заболевании варьировала от 11 до 37 экз. Заболевание зарегистрировано только в весенний период.

Триенофороз диагностирован у 0,41 % обследованных щук. Интенсивность поражения при заболевании достигала 6 экз. червей.

Клинические проявления, выявленные в желудочно-кишечном тракте рыб, пораженных представителями кл. Cestoda, были сходными: воспалительная реакция, характеризующаяся обширной гиперемией и отеком слизистой оболочки; закупорка кишечника (рис. 2), сопровождавшаяся непроходимостью пищевых масс, растяжением и истончением его стенок. В местах прикрепления паразитов также наблюдали уплотнение, деформацию и прободение стенки кишечника, их очаговую или тотальную гиперемию. Регистрировали анемию внутренних органов и жабр больных рыб.

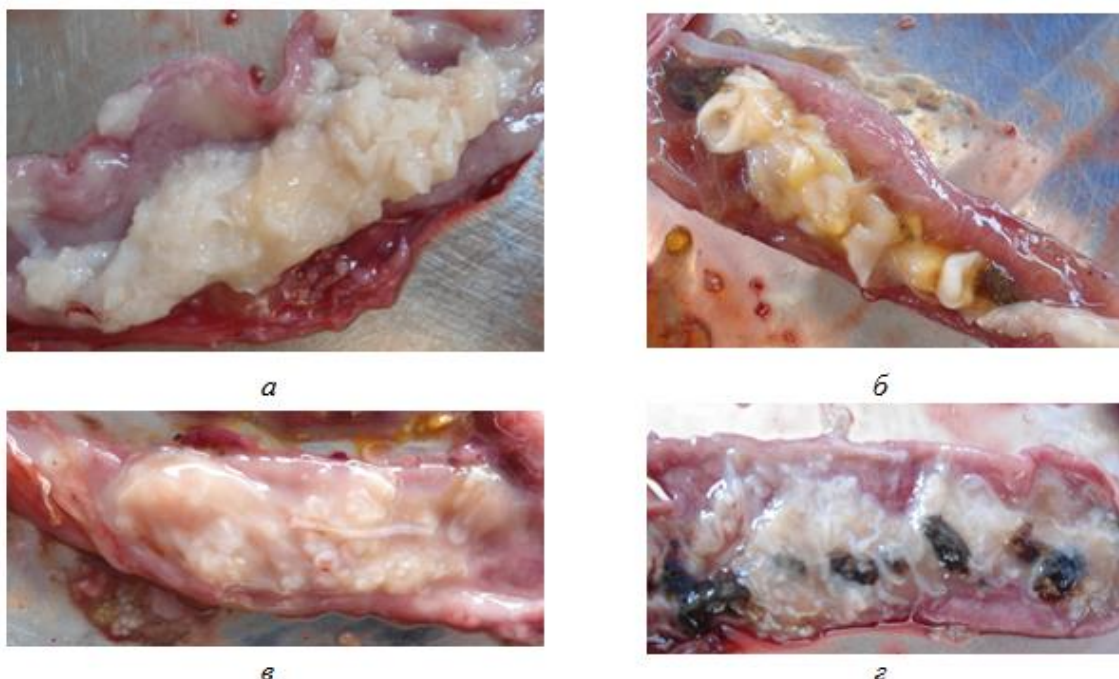


Рис. 2 Закупорка кишечника при цестодной инвазии: у сома (а); у щуки (б); у леща (в); у сазана (г)

Рафидаскариоз зарегистрирован у 0,82 % обследованных щук, интенсивность поражения кишечника при заболевании достигала 58 экз. Нематодоз обнаружен только в весенний период 2018 г.

Патологические изменения внутренних органов щуки при рафидаскариозе выражались в тотальной гиперемии слизистой и подслизистой оболочек кишечника, разлитых среднеочаговых кровоизлияниях в его стенках и стазе (рис. 3).

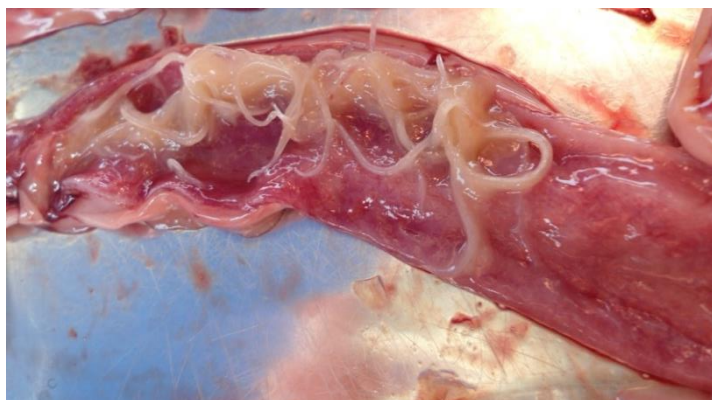


Рис. 3. Гиперемия слизистой оболочки кишечника щуки при паразитировании *R. acis*

Эустронгилидоз выявлен у 4,40 % окуня и 0,74 % сома. Нематодоз отмечали у половозрелой части популяции окуня во все сезоны исследований, у сома – только осенью. У сома нематоды в значительном количестве (достигавшем 100 экз.) присутствовали на брыжейке, вызывая ее нагноение, а также в стенках желудка, при этом они инициировали развитие локального отека эпителия, мелкоочаговой гиперемии и в некоторых случаях вызывали прободение органа.

В отличие от сома, у окуня личинки *E. excisus* в массовом количестве паразитировали в свободном состоянии в полости тела и в большинстве случаев локализовались в стенках брюшной полости, а также являлись причиной дисфункции печени, в виду того, что инкапсулированные цисты с гельминтами занимали большую часть объема органа и, тем самым, способствовали неравномерному расширению его кровеносных сосудов, образованию гноя, изменению формы и консистенции (рис. 4).

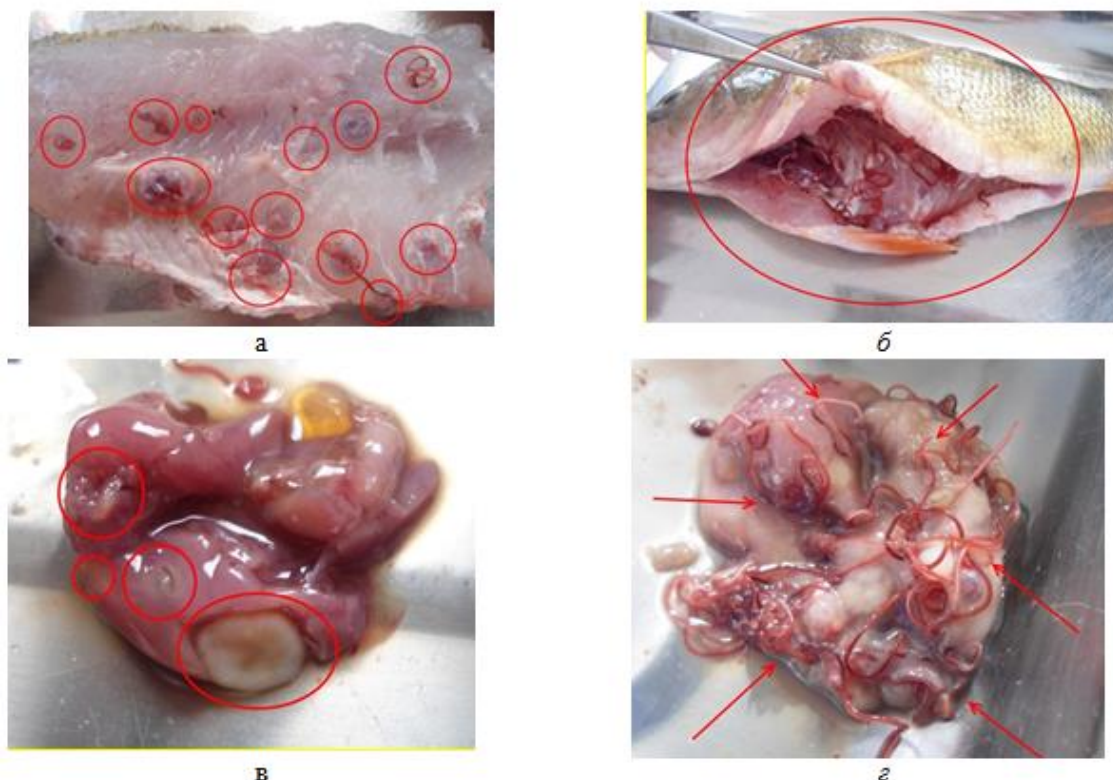


Рис. 4. Локализация круглых червей *E. excisus* во внутренних органах и тканях окуня: в инкапсулированном состоянии в мышцах (а); в полости тела (б); в печени (в); в желудке (г)

Помфоринхоз сазана выявлен у 1,76 % рыб. Заболевание, провоцируемое колючеголовыми, зарегистрировано в летний и осенний сезоны. Акантоцефалы при массовом поражении (36 паразитов на участке кишечника площадью 20 см²) вызвали перфорацию кишечника, сужение просвета кишечника (затрудняющего прохождение пищевых масс), а также локальное уплотнение и утолщение кишечной стенки, что в целом свидетельствовало о дисфункции пищеварительной системы инвазированных рыб (рис. 5).



Рис. 5. Паразитирование скребней *P. laevis* в кишечнике сазана: гиперемия слизистой кишечника (а); единичная инвазия (б)

Таким образом, у половозрелых промысловых рыб в дельте р. Волги выявлены следующие гельминты, обладающие эпизоотической значимостью: *M. alosae*, *T. nodulosus*, *P. osculatus*, *C. laticeps*, *R. acis*, *E. excisus* и *P. laevis*. Вышеуказанные паразитарные формы провоцировали у рыб развитие следующих инвазионных заболеваний: мазокреоз сельди-черноспинки, триенофороз щуки, протеоцефалез сома, кариофиллез леща и сазана, рафидаскариоз щуки, эустронгилидоз окуня и сома, помфо-

ринхоз сазана. Ввиду отсутствия инвазионных заболеваний у обследованной половозрелой части популяции судака, воблы, густеры, красноперки и плотвы, их эпизоотический статус можно оценить как благополучный.

Учитывая численность гельминтов в паразитоценозах рыб, патологии, обусловленные паразитированием гельминтов разных систематических групп, полученные результаты свидетельствует как о высоком патогенном потенциале выявленных паразитарных форм, так и функциональности природных очагов инвазии в Волго-Каспийского рыбохозяйственном подрайоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданова, Е.А. Паразитофауна и заболевания рыб крупных озер Северо-запада России в период антропогенного преобразования их экосистем СПб.: ГосНИОРХ, 1995. – С. 108-141.
2. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб: Руководство по изучению. – Л., 1985. – 121 с.
3. Быховская-Павловская, И.Е., Гусев А.В., Дубинина, М.Н., Изюмова, Н.А., Смирнова, Т.С., Соколовская, И.Л., Штейн, Г.А., Шульман, С.С., Эпштейн, В.М. [Под общ. рук. Быховского Б.Е.] Определитель паразитов пресноводных рыб СССР. – Москва-Ленинград: Изд-во Академии наук СССР, 1962. – 776 с.
4. Лабораторный практикум по болезням рыб / В.А.Мусселиус, В.Ф.Ванятинский, А.А.Вихман и др.; под ред. В.А.Мусселиус. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1983. – 296 с.
5. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки: Методические указания (МУК 3.2.988-00). – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001. – 69 с.
6. Новак, А.И. Паразитофауна рыб в экологических условиях северной части Верхневолжского региона: дисс. ... д-ра биол. наук. – М., 2010. – 249 с.
7. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3. Паразитические многоклеточные. - [Под ред. Бауера О.Н.]. – Л.: Наука, 1987. – 583 с.
8. Смирнова, И.Р., Арнацкая, А.А. Исследование рыб семейства карповых при сангвиникозе //РЖ «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии, 2014. - № 1 (11). – С. 35-38.

PARASITOLOGICAL RESEARCH OF COMMERCIAL FISH SPECIES OF THE VOLGO-CASPIAN

¹Volodina Viktoriya Viktorovna, Candidate of biological sciences, deputy head of department

²Voronina Elena Aleksandrovna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher

³Terpugova Nadezhda Yur'evna, Leading Specialist

¹SP MFC (branch) FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", St. Petersburg, Russia, e-mail: volodinavict@yandex.ru

²Volga-Caspian Branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Astrakhan, e-mail: helen212@yandex.com

³Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, e-mail: n.terpugova@bk.ru

The aim of this work was to conduct ecological monitoring of the Volga delta based on parasitological analysis of sexually mature commercial fish species. The study of parasitic pollution is an urgent topic due to the fact that the damage caused to the fishing industry can manifest itself not only as a result of fish death, but also in the loss of ichthyomass due to a decrease in growth rates, fatness, fat content, and a weakening of the reproductive function of fish. In sexually mature commercial fish, pathological processes caused by invasive diseases have been revealed. The research results indicate both the high pathogenic potential of the identified parasitic forms and the functionality of natural foci of invasion in the Volga-Caspian fishery sub-area.

КРИСТАЛЛИНЫ ХРУСТАЛИКОВ КАМЕРНОГО ГЛАЗА ГИДРОБИОНТОВ: РЫБЫ И МОЛЛЮСКИ

¹Капитунова Анастасия Ивановна, аспирант Института живых систем

¹Доминова Ирина Николаевна, старший преподаватель Института живых систем

¹Жуков Валерий Валентинович, канд. биол. наук, доцент Института живых систем

¹ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта»,
Калининград, Россия, e-mail: valerzhukov@mail.ru

Целью работы был расчет и анализ инкремента показателя преломления (dn/dc) кристаллинов хрусталиков глаз гидробионтов из числа рыб и моллюсков. Наибольшие значения dn/dc получены для белков γ M-семейства, характерного для рыб. Специфические для головоногих и двустворчатых моллюсков S- и Q-кристаллины, соответственно, имеют более низкое значение dn/dc . Очевидно, что эволюция кристаллинов гидробионтов разных таксономических групп шла независимо друг от друга. Высокое значение радиального градиента показателя преломления хрусталика, по-видимому, достигается не столько аминокислотным составом, сколько фолдингом белка.

Введение

Особенности зрения в водной среде находят свое отражение в строении и свойствах глаза гидробионтов [1]. Типичным для рыб и водных моллюсков является глаз, устроенный по типу оптической камеры с основными преломляющими элементами в виде роговицы и хрусталика. Близость величин коэффициента преломления материала воды и роговицы сильно понижает эффективность ее функции как фокусирующей линзы. Поэтому хрусталик камерного глаза абсолютного большинства гидробионтов является основным преломляющим элементом его оптической системы [2]. Твердый хрусталик рыб имеет, как правило, форму близкую к сферической. В глазу моллюсков хрусталик может, либо отсутствовать совсем (сем. Nautilidae) [3], либо, его функцию может выполнять прозрачный неорганический материал, например, как у хитона *Acanthopleura granulata* кристалл арагонита [4]. Все же наиболее типичным для водных моллюсков является хрусталик, имеющий форму сферы или эллипсоида вращения, хотя у головоногих он состоит из 2-х частей [5].

Твердая консистенция хрусталика гидробионтов делает невозможным механизм аккомодации по типу изменения кривизны его поверхности. Для этого у рыб есть специализированные мышцы, отвечающие за перемещение хрусталика относительно сетчатки с целью получения на ней оптимального по резкости резкого изображения [6]. Похожий механизм реализуется и в глазу головоногих моллюсков [7]. У брюхоногих такой мышечный аппарат отсутствует и положение хрусталика в глазу постоянно, вариант камеры с фиксированной оптикой. Для выполнения функции линзы материал хрусталика должен иметь достаточную прозрачность для электромагнитных волн в диапазоне, соответствующем, по крайней мере, световым условиям среды обитания, а также повышенное значение показателя преломления [8].

Сферическая или близкая к сферической форма в сочетании с высоким значением коэффициента рефракции материала обеспечивает высокую преломляющую силу хрусталика. Однако в случае гомогенного распределения показателя преломления по толщине сферической линзы качество создаваемого ею изображения будет ухудшено абберацией, т.к. положение фокуса будет сильно зависеть от точки вхождения луча в линзу. То, что эта проблема решена в хрусталиках рыб, было обнаружено более сотни лет назад Мэттисенном, который определил фокусное расстояние хрусталиков по отношению к их радиусу как $2,55 R$ [9]. Много позднее было найдено математическое описание решения проблемы сферической абберации в хрусталиках рыб [10]. Оказалось, что этот дефект устраняется радиальным градиентом показателя преломления. Существование такого градиента было показано у многих видов рыб путем определения точки фокуса прошедших через хрусталик лазерных пучков

[11], а также методами томографии [12] и интерферометрии [13]. Хрусталики с градиентной оптикой встречаются не только у гидробионтов. Однако у них коэффициент рефракции материала центральной области хрусталиков и его радиальный градиент существенно превышает таковой у наземных позвоночных [14]. Именно высокое значение радиального градиента хрусталика рыб позволяет уменьшить влияние сферической аберрации на качество изображения, формируемого оптическим аппаратом глаза на сетчатке [15].

Очевидно, что указанные особенности хрусталика гидробионтов во многом связаны с химическим составом и способом упаковки его компонентов. Доминирующее положение среди белков хрусталика рыб занимают γ М-кристаллины [16]. Поэтому предполагается, что именно эти белки определяют особые оптические свойства хрусталиков рыб. В ходе данной работы мы проверили насколько химический состав специфических кристаллинов хрусталиков может обеспечить высокое значение показателя рефракции и его градиента. Поэтому основной задачей работы стал расчет и анализ инкрементов показателя преломления кристаллинов ряда гидробионтов с целью анализа вклада специфичности аминокислотного состава в преломляющую силу хрусталика. Такая же задача решалась в отношении кристаллинов водных моллюсков.

Объекты и методы

Определение генов γ М-кристаллинов хрусталиков было выполнено у карпов *Cyprinus carpio* Парской породы, выращенных в прудах учебно-опытного хозяйства КГТУ, а также судаков *Sander lucioperca*, выловленных в Куршском заливе. Из гомогенизированных образцов тканей (хрусталики, мозг, мышцы и печень) выделяли РНК. Используя праймеры, спроектированные к отобранным по данным банка генов γ М-кристаллинов, проводили ОТ-ПЦР и оценивали уровни их транскрипции по отношению к гену 18S рРНК [17]. Уровни транскрипции выбранных генов определялись с помощью метода 2- $\Delta\Delta$ Ct [18]. Статистическую достоверность различий полученных результатов оценивали с помощью t-теста ($p > 0.05$).

Определение аминокислотного состава кристаллинов производили для γ М-кристаллинов карпа и судака, транскрипция генов которых в хрусталике была установлена нами по результатам ОТ-ПЦР. Кристаллины хрусталика *D. rerio* были выбраны по имеющимся в литературе результатам протеомного анализа [19]. Кристаллины осьминогов, гребешка *Pecten maximus* и брюхоногих моллюсков *Aplysia californica*, *Biomphalaria glabrata* и *Pomacea canaliculata* были также отобраны нами на основании соответствующих публикаций. Аминокислотные последовательности белков были взяты в базе данных NCBI Protein [20].

Расчет инкремента показателя преломления (dn/dc) кристаллинов осуществлялся как средневзвешенное значение dn/dc , предсказанное на основе аминокислотного состава белка. Для этого была использована модель, согласно которой показатель преломления белка полностью объясняется аминокислотным составом [21]. Процентное содержание каждой аминокислоты рассчитывалось с помощью программного обеспечения ProtParam на сервере ExPASy [22], затем умножалось на индивидуальный показатель dn/dc для каждой аминокислоты и суммировалось. В таблицах представлены средние значения для каждой группы кристаллинов.

Результаты и обсуждение

Установлено, что в хрусталиках 4-х месячных и годовалых карпов экспрессируются, по крайней мере, 7 генов γ М-кристаллинов, а именно: γ -кристаллин N-A (GCNA), β -кристаллин подобный S (BCSL), γ -кристаллин M1 (GCM1), γ -кристаллин подобный M1 (GCM1L), 3 изоформы γ -кристаллина подобный M2 (GCM2L, GCM2L2, GCM2L3). Экспрессия 3-х из этих генов обнаруживается также в печени, коже и мышцах, а именно: GCNA, BCSL, GCM2L2. Таким образом, активность лишь генов GCM1, GCM1L, GCM2L, GCM2L3 можно считать специфической для хрусталика карпа. В хрусталиках исследованных судаков обнаружена экспрессия 6-ти генов: GCM2L, GCM2L2, GCM2L3, GCM2L4, GCM2L5, GCNA2.

В таблицах 1 и 2 представлены средние значения инкремента показателя преломления этих кристаллинов, а также белков, выбранных нами для анализа по данным литературы. Выявленное нами число генов γ М-кристаллинов, экспрессирующихся в хрусталике карпа и судака заметно меньше, чем

у *D. rerio*, у которой в возрасте около 6 месяцев в хрусталике синтезируются 18 различных белков этой группы [19], а также, чем у, по-видимому, взрослых *D. mawsoni* – 11 [23]. Однако, сопоставляя состав и относительную численность обнаруженных нами транскриптов генов γ -кристаллинов в хрусталике *S. carpio* с идентифицированными белками этого семейства других рыб, следует учитывать различную продолжительность их жизни. У *D. rerio* она составляет от 36 до 66 месяцев [24], в то время как отдельные особи карпа могут доживать до 47 лет [25]. Продолжительность жизни у *D. mawsoni* сопоставима с таковой у карпа [26]. Не исключено, что такое сильное различие в продолжительности онтогенеза может находить свое отражение в динамике экспрессии генов кристаллинов хрусталика. Так у *D. rerio* в возрасте 4,5 дней экспрессируется 4 гена γ М-кристаллинов, а в 3-х недельном – 12. Не исключено, что у карпов с возрастом будет меняться состав ансамбля экспрессируемых генов белков хрусталика.

Предполагается, что высокое значение показателя преломления вещества хрусталика обусловлено свойствами γ М-кристаллинов, в составе которых относительно велика доля метионина [27]. При этом сам метионин показывает не самое большое значение ни по величине мольной рефракции, ни по значению концентрационного инкремента показателя преломления, dn/dc [28]. Более того, рассчитанные нами значения dn/dc γ М-кристаллинов хрусталиков *D. rerio* превышают значение такого у α и β -кристаллинов лишь в тысячных долях. Вероятно, для получения высоких значений показателя преломления более значимую роль играет упаковка белков по сравнению с их аминокислотным составом. По-видимому, эволюционное закрепление γ М-кристаллинов в качестве доминирующих белков хрусталиков рыб является наиболее оптимальным сочетанием последовательности аминокислот, определяющих специфику их вторичной и третичной структуры [16]. Последнее обеспечивает плотную упаковку белков в центральной зоне хрусталика и, что в конечном итоге приводит к большому значению радиального градиента.

Рассчитанные нами значения dn/dc кристаллинов моллюсков, также достаточно близки друг к другу. При этом отсутствие сколь-либо видимого сходства в строении кристаллинов рыб и моллюсков разных классов указывает на их различное происхождение и является примером конвергентного решения живыми организмами сходных функциональных задач [29].

Таблица 1

Рассчитанные значения инкремента показателя преломления (dn/dc , мл/г) для групп кристаллинов хрусталика глаз рыб

Кристаллины	<i>Danio rerio</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Sander lucioperca</i>
α	0,190	-	-
β	0,192	-	-
$\beta\gamma X$	-	-	0,191
γ	γM	0,197	0,199
	γN	0,195	0,196
	γS	0,194	0,195

Таблица 2

Рассчитанные средние значения инкремента показателя преломления (dn/dc , мл/г) для групп кристаллинов моллюсков

Кристаллины	Брюхоногие моллюски			Головоногие моллюски	Двустворчатые моллюски
	<i>Aplysia californica</i>	<i>Biomphalaria glabrata</i>	<i>Pomacea canaliculata</i>	<i>Octopus sp.</i>	<i>Pecten maximus</i>
α	0,188	0,185	0,187	0,189	0,188
β	-	-	-	-	0,190
$J1A$	0,185	0,188	0,186	0,186	0,185
λ	0,185	0,185	0,185	0,185	0,186
μ	0,184	0,184	0,183	0,184	0,182
Ω	-	-	-	0,188	0,186

Кристаллины	Брюхоногие моллюски			Головоногие моллюски	Двустворчатые моллюски
	<i>Aplysia californica</i>	<i>Biomphalaria glabrata</i>	<i>Pomacea canaliculata</i>	<i>Octopus sp.</i>	<i>Pecten maximus</i>
S	0,188	0,188	0,190	0,193	0,187
ζ	-	0,184	-	0,186	-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Land MF. The optical structures of animal eyes // *Current Biology*. – 2005. – V.15(9) – P. 319-323.
2. Kröger RH. Optical plasticity in fish lenses // *Prog Retin Eye Res* – 2013. – V.34 – P. 78-88.
3. Land M.F., Nilsson D.E. *Animal Eyes* – 2-nd ed. Oxford University Press, 2012. – 275 p.
4. Speiser D. I., Eernisse D. J., Johnsen S. A chiton uses aragonite lenses to form images // *Current Biology*. – 2011. – T. 21. – №. 8. – P. 665-670.
5. Hanke F. D., Kelber A. The eye of the common Octopus (*Octopus vulgaris*) // *Frontiers in physiology*. – 2020. – T. 10. – P. 1637.
6. Khorramshahi O., Schartau J. M., Kröger R. H. H. A complex system of ligaments and a muscle keep the crystalline lens in place in the eyes of bony fishes (teleosts) // *Vision research*. – 2008. – T. 48. – №. 13. – P. 1503-1508.
7. Schaeffel F., Murphy C. J., Howland H. C. Accommodation in the cuttlefish (*Sepia officinalis*) // *Journal of Experimental Biology*. – 1999. – T. 202. – №. 22. – P. 3127-3134.
8. Gagnon Y. L., Söderberg B., Kröger R. H. Effects of the peripheral layers on the optical properties of spherical fish lenses // *JOSA A*. – 2008. – T. 25. – №. 10. – P. 2468-2475.
9. Jagger W. S. The optics of the spherical fish lens // *Vision research*. – 1992. – T. 32. – №. 7. – P. 1271-1284.
10. Fletcher A., Murphy T., Young A. Solutions of two optical problems // *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*. – 1954. – T. 223. – №. 1153. – P. 216-225.
11. Kröger R. H. H., Fritsches K. A., Warrant E. J. Lens optical properties in the eyes of large marine predatory teleosts // *Journal of Comparative Physiology A*. – 2009. – T. 195. – №. 2. – P. 175-182.
12. Acosta E. et al. Tomographic method for measurement of the gradient refractive index of the crystalline lens. I. The spherical fish lens // *JOSA A*. – 2005. – T. 22. – №. 3. – P. 424-433.
13. Acosta E., Vázquez D., Castillo L. R. Analysis of the optical properties of crystalline lenses by point-diffraction interferometry // *Ophthalmic and Physiological Optics*. – 2009. – T. 29. – №. 3. – P. 235-246.
14. Pierscionek B. K. et al. CeO₂ nanoparticles have no detrimental effect on eye lens proteins // *Current Analytical Chemistry*. – 2010. – T. 6. – №. 2. – P. 172-176.
15. Discontinuities in the index gradient of the eye lens / Pierscionek, B., Hoshino, M., Yagi, N., Uesugi, K. and Regini, J. // In: 6th EOS Topical Meeting on Visual and Physiological Optics; 20 - 22 Aug 2012, Dublin, Ireland. – P. 22.
16. Pierscionek B. K., Regini J. W. The gradient index lens of the eye: an opto-biological synchrony // *Progress in retinal and eye research*. – 2012. – T. 31. – №. 4. – P. 332-349.
17. Filby A. L., Tyler C. R. Appropriate housekeeping genes for use in expression profiling the effects of environmental estrogens in fish // *BMC molecular biology*. – 2007. – T. 8. – №. 1. – P. 10
18. Livak K. J., Schmittgen T. D. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2 – $\Delta\Delta CT$ method // *methods*. – 2001. – T. 25. – №. 4. – P. 402-408.
19. Greiling T. M. S., Houck S. A., Clark J. I. The zebrafish lens proteome during development and aging // *Molecular vision*. – 2009. – T. 15. – P. 2313.
20. NCBI protein / Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/> (дата обращения 11.09.2021).
21. Zhao H., Brown P. H., Schuck P. On the distribution of protein refractive index increments // *Biophysical journal*. – 2011. – T. 100. – №. 9. – P. 2309-2317.
22. Gasteiger E. et al. Protein identification and analysis tools on the ExPASy server // *The proteomics protocols handbook*. – 2005. – P. 571-607.
23. Kiss A. J., Cheng C. H. C. Molecular diversity and genomic organisation of the α , β and γ eye lens crystallins from the Antarctic toothfish *Dissostichus mawsoni* // *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*. – 2008. – T. 3. – №. 2. – P. 155-171.

24. Gerhard G. S. et al. Life spans and senescent phenotypes in two strains of Zebrafish (*Danio rerio*) // *Experimental gerontology*. – 2002. – Т. 37. – №. 8-9. – P. 1055-1068.
25. Records: Life Spans of Mammals, Birds, Amphibians, Reptiles, and Fish. / Carey J.B., Judge D.S. Longevity – University Press of Southern Denmark, 2000 – 241p.
26. Brooks C. M. et al. Age estimation and lead–radium dating of Antarctic toothfish (*Dissostichus mawsoni*) in the Ross Sea // *Polar Biology*. – 2011. – Т. 34. – №. 3. – P. 329-338.
27. Zhao H. et al. The molecular refractive function of lens γ -crystallins // *Journal of molecular biology*. – 2011. – Т. 411. – №. 3. – P. 680-699.
28. Zhao H., Brown P. H., Schuck P. On the distribution of protein refractive index increments // *Biophysical journal*. – 2011. – Т. 100. – №. 9. – P. 2309-2317.
29. Land M. F. The evolution of lenses // *Ophthalmic and Physiological Optics*. – 2012. – Т. 32. – №. 6. – P. 449-460.

LENS CRYSTALLINS OF CAMERA EYE OF HYDROBIONTS: FISHES AND MOLLUSCS

¹Капитунова Анастасия Ивановна, PhD student, Institute of Living Systems

¹Dominova Irina Nikolaevna, Senior Lecturer, Institute of Living Systems

¹Zhukov Valeriy Valentinovich, PhD, Associate Professor, Institute of Living Systems

¹Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia, e-mail: valerzhukov@mail.ru

This work aimed to calculate and analyze the increment of the refractive index (dn/dc) of the eyes lens crystallins of hydrobionts amongst fishes and molluscs. The highest dn/dc values were obtained for proteins of the γM family, specific for fishes. S- and Ω -crystallins, specific for cephalopods and bivalves, respectively, have a lower dn/dc value. It is obvious that the evolution of hydrobiont crystallins of different taxonomic groups proceeded independently of each other. The high value of the radial gradient of the lens refractive index, apparently, is achieved not by the amino acid composition as by the protein folding.

УДК 639.3

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ РЫБОПРОДУКТИВНОСТЬ ПРУДОВ УОХ КГТУ ПО РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫМ РЫБАМ

¹Курапова Татьяна Михайловна, канд. биол. наук, доцент кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов

²Хрусталеv Евгений Иванович, д-р биол. наук, профессор кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов

ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград, Россия,

e-mail: ¹tkurapova@inbox.ru; ²evgenij.hrustalev@klgtu.ru

Целью данных исследований было изучение потенциальной рыбопродуктивности прудов по растительноядным рыбам, выращиваемым в прудах Учебно-опытного хозяйства Калининградского государственного технического университета (УОХ КГТУ). Расчет проводили только для прудов, в которых выращивали сеголетков белого и пестрого толстолобиков. Для расчетов использовали метод, приведенный в работе Бессонова Н.М и Привезенцева Ю.А.

Введение

Анализ имеющихся литературных источников по теме работы показывает, что к настоящему времени накоплено большое количество данных, характеризующих значение естественных кормов для питания рыб, при выращивании в прудах. Имеются работы, в которых рассматриваются вопросы трансформации энергии в различных звеньях основных пищевых цепей экосистемы пруда, но они относятся, к сожалению, главным образом относятся к выращиванию карпа в монокультуре. Следует отметить, что работ, посвященных совместному выращиванию сеголетков карпа и растительноядных рыб в прудовых хозяйствах, расположенных в I и II-ой рыбоводных зонах фактически нет. Также мало изучены вопросы об эффективности трансформации энергии в выростных прудах при применении мелиоративных мероприятий, направленных на стимулирование продукции кормовой базы [1].

Рыбопродуктивность - это количество рыбы, получаемое с единицы площади водоема за вегетационный период. Рыбопродуктивность определяется комплексом факторов, которые особенно тесно связаны с качеством почвы и воды прудов.

В прудах между конечной продукцией (рыбой) и начальными минеральными запасами (биогенами почвы и воды) имеется еще целый ряд промежуточных звеньев - растительных (фитопланктон, водные растения) и животных (зоопланктон, бентос, различные насекомые, рыбы). Звенья трофической цепи переплетаются между собой, разнообразно обуславливают одно другое [2].

Величина рыбопродукции в водоеме зависит от: качества и количества естественной пищи, экологических условий, видового состава рыб. Чем быстрее растет рыба и чем короче ее пищевой ряд, тем выше может быть естественная продуктивность водоема. Необходимо учитывать, что характер питания у рыб по мере роста меняется.

Основные факторы, влияющие на рыбопродуктивность прудов, можно объединить в 4 группы:

Морфометрически-ландшафтные факторы. К ним относятся: месторасположение, форма, площадь и глубина пруда, состояние его ложа.

Почвенные факторы. Это различные показатели почвы ложа пруда - такие, как ее механический состав и агрохимические свойства (рН, содержание P, N, Ca, K и других макро- и микроэлементов, щелочность и др.).

Водные факторы. На рыбопродуктивность влияет целый ряд показателей воды, которая служит и как среда существования водных организмов, и как поставщик необходимых веществ для их роста и развития. Как водные, так и почвенные факторы могут быть более или менее взаимозависимы: увеличение одного показателя может сопровождаться увеличением или уменьшением другого. Идеальным фактором при составлении методики оценки прудов был бы такой, числовое выражение которого лучше всех характеризовало все основные влияющие на рыбопродуктивность факторы.

Климатические факторы. Температура окружающей среды является наиболее сильным фактором, влияющим на рост и развитие рыб. Она в свою очередь определяется комплексом климатических факторов: интенсивностью солнечной радиации, продолжительностью солнечного сияния, температурой воздуха, ветрами, сроками последних заморозков весной и первых осенью, количеством осадков и др [3].

Для более полного использования кормовой базы прудов используют поликультуру. Традиционной и эффективной является поликультура карпа с растительноядными рыбами – белым амуром, белым толстолобиком и пестрым толстолобиком.

Растительноядные рыбы представляют различные требования к потребляемой пище. Белый амур питается высшей водной растительностью, черный амур – в основном потребляет моллюсков, белый толстолобик – фитопланктонофаг, пестрый толстолобик – зоопланктонофаг и детритофаг.

Материал и методика

Для исследования потенциальной рыбопродуктивности использовали метод Бессонова Н.М, Привезенцева Ю.А [4].

Вычисления проводили в несколько этапов:

- находили величину первичной продукции под квадратным метром акватории; для этого прозрачность в метрах, вычисленную по диску Секки подставляли в формулу 1:

$$P \times M^{-2} = 2,1 \times n \quad (1)$$

где P_1 – величина первичной продукции, г O_2/m^2 ; n – прозрачность, м.

- зная длительность вегетационного сезона в сутках, рассчитывали величину первичной продукции за сезон ($P_{сезон}$);

- для определения первичной продукции в фотическом слое водоема использовали формулу 2

$$P = P_{сезон} \times 0,6 \quad (2)$$

где P - величина первичной продукции в фотическом слое, г O_2/m^2 ; $P_{сезон}$ - величина первичной продукции за сезон, г O_2/m^2

- для перерасчета в ккал полученную величину первичной продукции в фотическом слое умножают на оксикалорийный коэффициент, равный 3,5 ккал;

- в литературных источниках указывают, что продукция зоопланктона составляет 11%, от первичной продукции, а доля продукции зообентоса всего лишь 1%. Зная величину первичной продукции в фотическом слое и отношение различных частей кормовой базы, рассчитывали продукцию зоопланктона и зообентоса;

- с учетом того, что рыбы в водоеме используют только 50% от всей продукции кормовых организмов, оставшиеся 50% кормовой базы, не включаются в общий поток энергии в виду естественной смертности и выедания хищниками.

При переходе к расчетам рыбопродукции по продукции фито и зоопланктона используют следующие соотношения:

- продукция фитопланктонофагов составляет 1,3% от величины первичной продукции;

- продукция зоопланктонофагов - 3,5% от продукции фитопланктона;

Следует отметить, что это данные для зарыбляемых водоемов (рыбоводных прудов), для естественных водоемов в литературных источниках приведены другие цифры

-Зная, то что, 1 кг рыбы это 1000 ккал, рассчитывали потенциальную продукцию по фито- и зоопланктофагам. Полученную величину (в килограммах) переводят на единицу площади – га.

Несмотря на то, что это будут ориентировочные данные, но они вполне достаточны для первого суждения о продукционных возможностях водоема и для разработки интенсификационных мероприятий с учетом охраны природы.

Обсуждения

Сбор материалов осуществлялся летом в период с 29.06 по 11.07.19 г. Прозрачность определяли диском Секки в прудах №4 и 5, 23 и 24, 26 и 27. На основании усредненных данных по прозрачности за летний сезон по вышеприведенной методике проводили расчет потенциальной рыбопродуктивности прудов в которых выращивали растительных рыб. Полученные данные сравнивались с результатами, полученным в ходе осенних обловов.

В 2020 году в прудах №4 и 5 выращивали сеголетков пестрого и белого толстолобика, в остальных прудах дополнительно к толстолобикам выращивали белого амура белого амура. Однако, применяя данную методику невозможно рассчитать его потенциальную рыбопродуктивность.

В качестве примера подробнее рассмотрим расчеты потенциальной рыбопродуктивности в выростном пруду №4, в остальных исследованных прудах расчет проводили аналогичным способом.

Летом в пруду №4 средняя прозрачность, определенная за вегетационный сезон по диску Секки была 0,55 м, а длительность вегетационного сезона в данном пруду составила 85 сут.

Вначале вычисляли величину первичной продукции под квадратным метром акватории по формуле 1.

$$P_1 = \frac{2,1 \times 0,55}{1-2} = 1,155 \text{ мг}O_2 / \text{м}^2$$

Зная длительность вегетационного сезона провели расчеты первичной продукции за сезон

$$P_{сезон} = 1,155 \times 85 = 98,175 \text{ мг}O_2 / \text{м}^2$$

На основании продукции за сезон вычисляли величину первичной продукции в фотическом слое по формуле 2.

$$98,175 \times 0,55 = 53,99 \text{ мгO}_2/\text{м}^2$$

Зная величину оксикалорийного коэффициента – 3,5 ккал, проводили перерасчеты в ккал

$$53,99 \times 3,5 = 188,98 \text{ ккал}/\text{м}^2$$

Продукцию кормовых организмов лучше всего найти экспериментальным путем по данным натуральных наблюдений. Более простой, но менее точный метод, определение продукции по Р/В коэффициентам и значениям летних биомасс, так как именно летом в большинстве водоемов величина общей биомассы отражает потенциальную продукцию кормовых организмов за вегетационный период [4].

Затем с учетом соотношения величины первичной и продукции зоопланктона, приведенную в литературных источниках (11%), вычисляли его продукцию через пропорцию.

$$P_{\text{зоопланктона}} = \frac{188,98 \times 11}{100} = 20,79 \text{ ккал}/\text{м}^2$$

В связи с тем, что рыбы используют только 50% от величины первичной продукции, то полученные величины снижают вдвое:

$$P_{\text{зоопланктона}} = \frac{20,79}{2} = 10,39 \text{ ккал}/\text{м}^2$$

$$P_{\text{фитопланктона}} = \frac{20,79 \times 188,98}{2} = 94,49 \text{ ккал}/\text{м}^2$$

При анализе полученных результатов и литературных данных, приведенных в работе Кузьмина И.А. отмечается, что при выращивании сеголетков растительных рыб в выростных прудах первого порядка в I рыбоводной зоне продукция фитопланктона может варьировать от 25,3 до 41,6 кДж/м² ×сут, а зоопланктона от 6,7 до 10,9 кДж/м² ×сут, в зависимости от годовых климатических характеристик. То есть продукция фито- и зоопланктона в пруду №4 была выше, чем в литературных данных, что по нашему мнению, связано с климатическими особенностями Калининградской области.

Принимая значения соотношений для зарыбляемых водоемов и рыбоводных прудов согласно литературным данным, вычисляли потенциальную рыбопродукцию по фито- и зоопланктонофагам:

$$P_{\text{фитопланктонофагов}} = \frac{94,49 \times 1,3}{100} = 1,2289 \text{ ккал}/\text{м}^2 \text{ или } 5,14 \text{ кДж}/\text{м}^2$$

$$P_{\text{зоопланктонофагов}} = \frac{10,39 \times 3,5}{100} = 0,36 \text{ ккал}/\text{м}^2 \text{ или } 1,51 \text{ кДж}/\text{м}^2$$

При сравнении полученных результатов с литературными данными, приведенных в работе Кузьмина И.А. отмечали, что при выращивании сеголетков растительных рыб в выростных прудах первого порядка в I рыбоводной зоне продукция по гибриду толстолобика составляла 1,36 -1,50 кДж/м² ×сут, что несколько ниже, чем получено в наших исследованиях.

Далее вычисляли потенциальную рыбопродуктивность на 1 га водоема:

$$P_{\text{фитопланктонофагов}} = 1,23 \times 10\,000 = 12\,284 \text{ ккал}/\text{га}$$

$$P_{\text{зоопланктонофагов}} = 0,36 \times 10\,000 = 3\,637 \text{ ккал}/\text{га}$$

Учитывая то, что 1 кг рыбы составляет 1000 ккал, получаем величину потенциальной продукции по фито- и зоопланктофагам.

$$P \text{ фитопланктонофагов} = \frac{12284}{1000} = 12,284 \text{ кг/га}$$

$$P \text{ зоопланктонофагов} = \frac{3600}{1000} = 3,67 \text{ кг/га}$$

Сравнивая результаты с имеющимися литературными данными Кузьмина И.А, можно отметить, что наши расчеты были выше, чем указано в литературном источнике – 3,40 - 5,83 кДж/м² ×сут. По нашему мнению, такие различия связаны с различными климатическими факторами в регионах. Исследования, приведенное в литературном источнике, были проведены в Ленинградской области, относящейся к первой рыболовной зоне, а Калининградская область, относится ко второй зоне и имеет некоторые климатические особенности, и по мнению ряда авторов в последние годы может быть отнесена к третьей зоне рыболовства.

Дальнейшие расчеты по величине потенциальной рыбопродуктивности в прудах различных категорий, в которых проводили выращивание сеголетков растительных рыб, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Потенциальная рыбопродуктивность некоторых прудов УОХ КГТУ

Показатель	Номер пруда					
	4	5	6	23	24	28
Средняя прозрачность за вегетационный сезон, м	0,55	0,47	0,55	0,34	0,33	0,36
Первичная продукция под м ² , мг О ₂ / м ²	1,155	0,987	1,155	0,714	0,693	0,756
Первичная продукция за сезон, мг О ₂ / м ²	98,175	83,89	109,72	67,83	65,84	71,82
Первичная продукция в фотическом слое, мг О ₂ / м ²	53,99	39,43	60,35	23,06	21,76	25,86
Потенциальная рыбопродуктивность, кг/га						
Фитопланктонофагов	12,28	8,97	13,72	5,24	4,94	5,88
Зоопланктонофагов	3,64	2,65	4,06	1,55	1,46	1,74

Как видно по данным таблицы 1 при выращивании растительных рыб на естественной кормовой базе рыбопродуктивность будет крайне низкой.

Для увеличения рыбопродуктивности в прудовых хозяйствах рекомендовано применять ряд интенсификационных мероприятий – летование, удобрение и кормление.

Летование - вывод прудов из эксплуатации на лето, рекомендуют засевать ложе пустых прудов злаковыми, бобовыми травами, участвующими в переработке органики и накоплении органических форм азота и фосфора в почве. Как показано в исследовании Наумовой А.Ю применение летования прудов с использованием рыбосевооборота в течение 5 лет обеспечивает санитарное благополучие по:

- гидрохимическому режиму и санитарно-бактериологическим показателям воды;
- микробиоценозу и химическим показателям донных отложений;
- увеличивая кормовую базу рыб за счет интенсивного развития;
- «оздоравливает» рыболовное хозяйство от инфекционных (аэромоназ) и инвазионных (эктопаразитозы, миксоблез, ботрицефалез) заболеваний;
- существенно снижает эпизоотическую значимость возбудителей гельминтозов с природной очаговостью;
- и повышает рыбопродуктивность [5].

Общепринятым является увеличение рыбопродуктивности на 30%, но на УОХ КГТУ летование не применяют.

Удобрение во второй рыболовной зоне увеличивает рыбопродуктивность на 100 кг/га [6]. Как известно, по литературным источникам, мальки карпа в возрасте 20 сут переходит на питание бентосом, и доля зоопланктона в пищевом спектре снижается. Основной прирост рыбопродукции за счет удобрений приходится на растительных рыб, потребляющих зоопланктон (примерно 80- 90%).

То есть увеличение рыбопродуктивности по растительноядным рыбам во второй рыбоводной зоне за счет применения удобрений теоретически должно составить от 80 до 90 кг/га.

При анализе данных, приведенных в работе Кузьмина И.А. отмечается, что реальное увеличение рыбопродуктивности при выращивании сеголетков растительноядных рыб в выростных прудах первого порядка в I рыбоводной зоне может составлять от 48,4 до 86,2%.

При проведении осенних обловов была рассчитана фактическая рыбопродуктивность различных категорий прудов по растительноядным рыбам – белому и пестрому толстолобикам. Для сравнения расчетных и фактических данных, полученных в результате осенних обловов, составили диаграмму (рис.1).

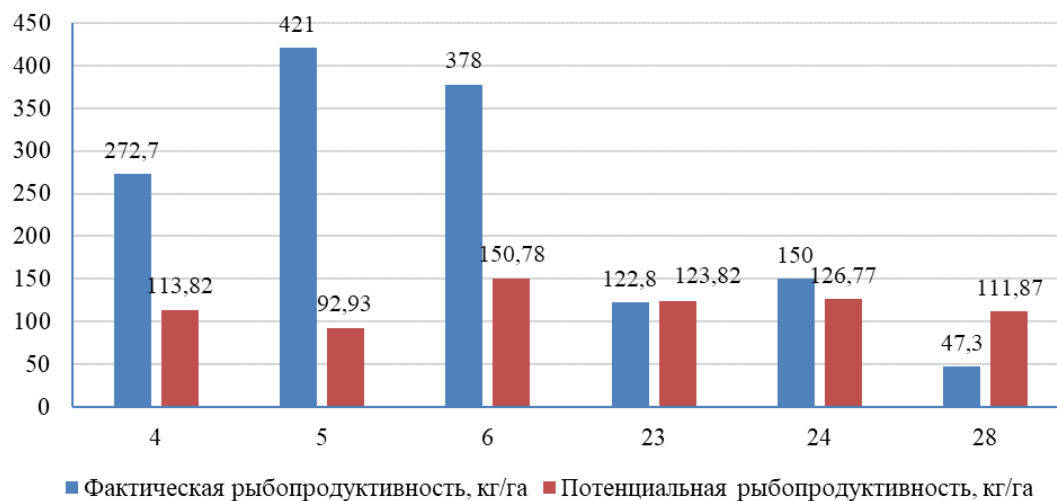


Рис. 1. Результаты выращивания растительноядных рыб в прудах УОХ КГТУ

Как видно по данным рисунка 1 потенциальная рыбопродуктивность, рассчитанная по методике Привезенцева и Бессонова, в прудах №423 и 24 близка к фактической, а в прудах №4, 5 и 6 фактическая рыбопродуктивность значительно выше, чем расчетная, и только в пруду 28 расчетная величина выше, чем полученная по факту. По нашему мнению, такие различия связаны, с тем, что в прудах №4-6 применяли совместное выращивание толстолобиков и белого и черного амуров, рыбопродуктивность которых данная методика не может учитывать, как это было отмечено ранее.

Если сравнивать полученные результаты с имеющимися литературными данными, то видно, что почти все расчетные данные выше, чем приведено в работе И.А. Кузьмина, по нашему мнению, это связано со специфическими климатическими условиями Калининградской области.

Заключение

Как видно из полученных результатов данную методику можно применять для приблизительных первичных расчетов потенциальной продукции растительноядных рыб, при выращивании в прудах. Но, данная методика не позволяет вычислить рыбопродукцию белого амура, что в конечном итоге, по нашему мнению, и привело к различию в результатах расчетной и фактической величины рыбопродукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмин И.А. Повышение продуктивности выростных прудов путем комплексного воздействия на их экосистему: дис. ... 03.00.10 Ихтиология. – М., 2007. – 151 с.
2. Ворошилина В.Г., Саковская В.Г., Хрусталеv Е.И. Товарное рыбоводство. – М.: Колос, 2008. – 275 с.
3. Управление кормовой базой: учеб.-метод. пособие по практ. занятиям для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению подгот. 35.04.07. «Вод. биоресурсы и аквакультура» / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, К.А. Молчанова. – Калининград: КГТУ, 2020. – 56 с.

4. Алимов, А. Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб. : Наука, 2001. – 248 с.

5. Способ оздоровления нагульных прудов рыбосевооборотом: пат. 2170010 РФ, МПК А01К 61/00 /А.А. Высоцкий, А.М. Наумова, А.Ю. Наумов, Г.Д. Сидоров, Л.С. Чистовал. заявл. 17.11.99; опубл. 10.07.01.4с

POTENTIAL FISH PRODUCTIVITY OF PONDS OF EEF KSTU FOR VEGETABLE FISHES

¹Kurapova T.M., Ph.D. by Biology, Associate Professor of Department of Aquaculture, Biology and Diseases of Hydrobionts;

²Khrustalev E.I., Ph.D. by Biology, Professor of Department of Aquaculture, Biology and Diseases of Hydrobionts;

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹tkurapova@inbox.ru; ²evgenij.hrustalev@klgtu.ru

The purpose of these studies was to study the potential fish productivity of ponds for herbivorous fish raised in the ponds of the Educational and Experimental Farm of the Kaliningrad state technological university (EEF "KSTU"). The calculation was carried out only for ponds in which underyearlings of silver carp and silver carp were reared. For calculations, we used the method given in the work of N.M. Bessonov and Yu.A. Privezentsev.

УДК 639.3

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА СРОКИ ЗАРЫБЛЕНИЯ МОЛОДИ РАСТИТЕЛЬНОВАДНЫХ РЫБ В ПАСТБИЩНЫЕ ВОДОЕМЫ НА ТЕРРИТОРИИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Лопухин Дмитрий Геннадьевич, аспирант, ведущий инженер кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов

²Чебан Ксения Андреевна, канд. биол. наук, зам. зав. кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹dmitrij.lopuhin@klgtu.ru; ²kseniya.elfimova@klgtu.ru

Абиотические факторы влияют на жизнь гидробионтов сильнее, чем на наземных животных. По характеру влияния абиотические факторы Хоаром У. и соавторами были разделены на направляющие, лимитирующие и сопутствующие. Температура воды, согласно этой классификации, отнесена к направляющим развитие факторам, что особенно важно учитывать при выращивании теплолюбивых растительноядных рыб. Целью данной работы являлась оценка возможного влияния на рост и развития растительноядных рыб температуры вод – основного абиотического фактора водной среды. В работе изучено влияние температуры воды на темп роста растительноядных рыб, выращиваемых в прудах учебно-опытного хозяйства КГТУ (УОХ КГТУ). Полученные данные позволили нам оценить вероятность наступления оптимальных сроков зарыбления посадочным материалом в холодное, жаркое и среднее по температуре воды лето. Для вегетационного с жарким летом рекомендуется проводить зарыбление в первую декаду июля, для среднего по температуре воды – в третьей декаде июля, а для холодного – в третью декаду сентября.

Обзор литературы

Хоар У. и соавторы [1] определили абиотические и биотические факторы по степени влияния на рост и развитие рыб следующим образом:

- температуру воды как основной направляющий развитие рыб фактор;
- содержание растворимого в воде кислорода как основной лимитирующий рост и развитие рыб фактор;
- соленость как основной лимитирующий фактор роста и развития рыб.

Все остальные абиотические факторы обозначены как сопутствующие для роста и развития рыб факторы. Для условий замкнутых рыбоводных систем к лимитирующим факторам отнесены все остальные факторы, учитываемые при анализе воды в рыбоводных системах как по химическому составу, так и пространственному, объемному проявлению, а также подвижности водной массы [2]. Среди биотических факторов основным направляющим рост и развитие фактором обозначено кормление, все остальные (плотность посадки, возрастной подбор рыб, половой состав выращиваемых рыб и т.д.) отнесены к лимитирующим факторам [3;4].

Калининградская область по существующей классификации отнесена к первой (Славский район) и второй (вся остальная территория) зонам прудового рыбоводства. Однако произошедшие в последние 30 лет существенные изменения в климате, которые привели к существенному потеплению, отразились на температурном режиме открытых водных систем, увеличении их общего баланса температуры воды за вегетационный сезон [5;2]. По сообщению литовской делегации на заседании российско-литовской смешанной комиссии по рыбоводству в 2019 году вся нормативная база по прудовому, садковому, бассейновому рыбоводству на территории Литвы переведена со II в III рыбоводную зону. Анализ по прудовым хозяйствам Белоруссии показывает, что существенное потепление климата позволило гарантировано выращивать двухлетков белого амура и толстолобика до массы 400-600 грамм [6]. По нашим наблюдениям в последние 30 лет в 50 % случаев баланс температуры воды, наблюдаемый в течение вегетационного сезона, позволил отнести хозяйства Калининградской области к III зоне прудового рыбоводства, в 40 % к IV и 10 % к V зоне (2006, 2010 г.). Отличием температурного режима в наблюдаемые годы, от типичных прудовых хозяйств, относящиеся к классификации к перечисленным зонам прудового рыбоводства было количество дней с температурой выше 20 °С.

Учитывая продолжающую эвтрофикацию больших (заливы) и малых (озера, исключая группы Виштенецких озер) водоемов на территории области, которая в отдельных (Куршский залив) и в большинстве малых озер в летний и осенний период превысило верхнюю границу эвтрофирования [7]. Такая ситуация обосновывает целесообразность вселения в водоемы Калининградской области растительноядных рыб, с целью подавления пресса высшей водной растительности и фитопланктона.

В связи с этим в данном исследовании мы ставили целью оценить возможное влияние основного направляющего рост и развития рыб фактора температуры воды на примере выращивания сеголетков белого амура, белого и пестрого толстолобиков в прудах учебно-опытного хозяйства (УОХ КГТУ).

Методика и результаты исследования

Исходным материалом для исследования послужили личинки растительноядных рыб, завезенные из прудовых хозяйств юга России (Краснодарский край, Ростовская область), сроки завоза – конец мая – начало июня. Личинки были высажены в выростные пруды УОХ КГТУ (экспериментальные по своим размерным характеристикам, температура воды превышает 17-18°C). Период выращивания охватывал июнь-сентябрь 2021 г.

Нами были выделены на основе проведенного анализа три вегетационных сезона: с жарким летом, со средним по температуре воды летом и с холодным летом. Продолжительность вегетационного сезона составила 120 суток. Средняя температура воды в вегетационный сезон с жарким летом – 21,7°C, общая сумма градусо-дней – 2 651. Средняя температура воды в вегетационный сезон со средней температуры воды летом – 18,5°C, общая сумма градусо-дней 2 261,5. Средняя температура воды в вегетационный сезон с холодным летом – 15,8°C, общая сумма градусо-дней – 1 930.

В своих расчётах мы учитывали, что нормативный показатель генетического коэффициента роста белого толстолобика составляет 0,214, для пестрого толстолобика - 0,195, для белого амура

0,220. Пользуясь правилом Вант-Гоффа Аррениуса, мы вносили коррективы в величину экологического коэффициента роста, учитывающего влияние температуры воды [3].

С учетом того, что оптимальная температура воды, обеспечивающая интенсивный рост растительноядных рыб, может быть принята 25°C, а градиент уменьшения скорости роста за каждые предыдущие 10 °C снижается в 2-3 раза, а также, с учетом установленной нами классификации экологического коэффициента роста для рыбоводных систем, мы приняли величину данного коэффициента для вегетационного сезона с жарким летом 0,7, со средней температурой летом – 0,45 и для холодного лета - 0,225. Мы рассчитали величину коэффициента массонакопления для вегетационных сезонов с жарким, средним и холодным летом по формуле (1):

$$K_M = K_r \times K_э, \quad (1)$$

где K_M – коэффициент массонакопления; K_r – генетический коэффициент роста; $K_э$ – экологический коэффициент роста.

Эти данные позволили рассчитать массу сеголетков растительноядных рыб к сентябрю, когда завершается их интенсивное питание. Расчеты конечной массы для сезонов с жарким, холодным и средним по температуре летом проводили по следующей формуле (2):

$$M_K = \frac{(K_M \times T + 3 \times \sqrt[3]{M_H})^3}{3}, \quad (2)$$

где M_K – масса конечная рыбы, г; T – время выращивания, сут.; M_H – начальная масса рыбы, г.

Результаты и обсуждения

С учетом рекомендации, данной ведущими ученым страны на заседании научно-технического совета Центрального Управления по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биоресурсов и акклиматизации (ЦУРЭН) Федерального агентства по рыболовству, прошедшего 18 мая 2021 г, масса вселяемых на пастбищный нагул рыб должна быть не менее 5-10 г (средняя 7,5 г). Основываясь на этом, мы рассчитали период времени, когда молодь растительноядных рыб достигнет этой массы и может быть выпущена на пастбищный нагул. Результаты наших расчётов приведены в таблице.

Таблица

**Результаты выращивания сеголетков растительных рыб в июле-сентябре 2021 г.
на УОХ КГТУ**

Объект	Вегетационный сезон с различной температурой воды	Коэффициент скорости массонакопления (Км)	Масса конечная, г (Мк)	Период времени до достижения сеголетками 7,5 г, сут.
Белый толстолобик (<i>Hurophthalmichthys molitrix</i>)	Жаркое лето	0,15	238	37 (зарыбление в первой декаде июля)
	Средняя температура летом	0,1	70,5	56 (зарыбление в третьей декаде июля)
	Холодное лето	0,044	8,6	124 (зарыбление в начале октября, не эффективно)
Пестрый толстолобик (<i>Hurophthalmichthys nobilis</i>)	Жаркое лето	0,47	189	40 (зарыбление в 1 декаде июля)
	Средняя температура летом	0,088	49,4	56 суток (зарыбление в третьей декаде июля)

	Холодное лето	0,044	6,9	127 (зарыбление в первой декаде октября)
Белый амур (<i>Stenopharyngodon idella</i>)	Жаркое лето	0,154	262	37 (зарыбление в первой декаде июля)
	Средняя температура летом	0,1	74	57 (зарыбление в третьей декаде июля)
	Холодное лето	0,5	9,7	114 (3 декада сентября, не эффективно)

Заключение

Полученные данные позволяют оценить вероятность наступления оптимальных сроков зарыбления посадочным материалом растительноядных рыб, достигших массы 7,5 г в июле месяце, когда температура воды обеспечивает развитие первичной продукции, а также продукции зоопланктона с наилучшими условиями для приспособления молоди рыб к условиям пастбищных водоемов. В сезонах с холодным летом рекомендуемая масса посадочного материала может быть достигнута к концу вегетационного сезона, как следствие вероятные значительные потери данной генерации в зимний период из-за не достаточного энергетического запаса в организме рыб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хоар У., Рендолл Д., Бретт Дж. Биоэнергетика и рост рыб. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1983. – 408 с.
2. Хрусталеv Е.И. Биологические основы пастбищной индустриальной аквакультуры в Калининградской области: дис... д-ра биол. наук. – Калининград, 2021. – 533 с.
3. Купинский, С.Б. Продукционные возможности объектов аквакультуры. – Астрахань: ДФ АГТУ, 2007. – 142 с.
4. Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, К.А. Молчанова. – СПб.: Лань, 2017. – 416 с.
5. Швагждис А. Влияние окружающей среды и антропогенных факторов на изменение уловов рыбы в Куршском заливе: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Каунас, 2009. – 24 с.
6. Результаты выращивания сеголетков карпа в прудовых хозяйствах Белоруссии с использованием интенсивных технологий / Т.М. Курапова, В.Ю. Канаш, Е.А. Куликовский, О.А. Марынюк. – М.: Рыбоводство и рыбное хозяйство № 11 (142), 2017. – С. – 30-35.
7. Закономерности гидробиологического режима водоемов разного типа. – М.: Научный мир, 2004. – 296 с.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF WATER TEMPERATURE ON THE STOCKING OF HERBIVOROUS JUVENILE IN PASTURE WATER BODIES IN THE KALININGRAD REGION

¹Lopukhin Dmitry Gennadyevich, post-graduate student, leading engineer of Department of Aquaculture, Biology and Diseases of Hydrobionts

²Cheban Kseniia Andreevna, Ph.D. by Biology, deputy head of Department of Aquaculture, Biology and Diseases of Hydrobionts

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹dmitrij.lopuhkhin@klgtu.ru; ²kseniya.elfimova@klgtu.ru

Abiotic factors affect the life of hydrobionts more than terrestrial animals. According to the nature of the influence of abiotic factors, Hoar W. et al. divided them into directing, limiting and contributing factors. Water temperature according to this classification is attributed to the directing factors, which is especially important to consider when rearing thermophilic herbivorous fish. The aim of this work was to estimate the possible influence of water temperature - the main abiotic factor of aquatic environment - on growth and development of herbivorous fish. The effect of water temperature on the growth rate of herbivorous fish grown in ponds of KSTU educational and experimental farm (KSTU EEF) was studied in this work. The obtained data allowed us to estimate the probability of the occurrence of optimal dates of stocking with planting material in cold, hot and average summer water temperatures. For the vegetation period with hot summer it is recommended to perform stocking in the first ten-day period of July, for average water temperature - in the third ten-day period of July, and for cold summer - in the third ten-day period of September.

УДК 639.3

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА УДЕЛЬНУЮ СКОРОСТЬ РОСТА ПЛАНКТОННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ВО ВРЕМЯ ЗИМОВКИ РАСТИТЕЛЬНояДНЫХ РЫБ

¹Савина Лиана Валерьевна, доцент, канд. биол. наук

²Курапова Татьяна Михайловна, доцент, канд. биол. наук

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹liana.savina@kltu.ru; ²tkurapova@inbox.ru

Целью данных исследований было изучение продукции микроводорослей фитопланктона в зимовальном пруду № 2 УОХ КГТУ при зимовке годовиков растительнойядных рыб. Расчет проводили по формуле В.В. Дмитриев и соавторов (Дмитриев и др., 2016) на основании литературных данных (концентрация тяжелых металлов, освещенность) и результатов собственных исследований (концентрация взвешенных веществ, биогенных элементов, водородный показатель, экстинция, прозрачность).

Введение

Рациональное использование прудовых площадей невозможно без знания основ питания рыб. Все, от нормы посадки до потребности в отдельных питательных веществах неразрывно связаны с биологией питания. Количество же потребляемого рыбами корма зависит от ряда факторов, таких как, например, температура воды, калорийность пищи и т.д.

В прудах между конечной продукцией (рыбой) и начальными минеральными запасами (биогенами почвы и воды) имеется еще целый ряд промежуточных звеньев - растительных (фитопланктон, водные растения) и животных (зоопланктон, бентос, различные насекомые). Звенья трофической цепи разнообразно переплетаются между собой [1]. Для более полного использования всех звеньев кормовой базы прудов используют поликультуру. Традиционной и эффективной является поликультура карпа с растительнойядными рыбами – белым амуром, белым и пестрым толстолобиком [2].

Как известно, все теплолюбивые карповые рыбы имеют наибольший темп роста при температуре выше 15°C, при снижении температуры до 5°C рыбы перестают питаться и живут за счет собственных энергетических ресурсов [3], что и происходит во время зимовки, которая в условиях Калининградской области продолжается с ноября по апрель.

Целью работы был расчет удельной скорости роста фитопланктонных микроводорослей в период зимовки растительнойядных рыб.

Материал и методика

Расчета влияния факторов среды на удельную скорость роста фитопланктона водорослей проводили по методике предложенной В.В. Дмитриевым с соавторами (Дмитриев и соавторы, 2016), отражающую влияние факторов среды на удельную скорость роста фитопланктона (μF , сут⁻¹) (1) [4].

$$\mu F = f(t) \times f(I) \times f(P) \times f(N) \times f(Hg) \times f(Pb) \times f(Cd), \quad (1)$$

где $f(t)$ – функция влияния температуры воды (принимается за μF_{max}); $f(I)$ – функция влияния освещенности; $f(P)$ – функция влияния минерального фосфора; $f(N)$ – функция влияния минерального азота; $f(Hg)$, $f(Pb)$, $f(Cd)$ – функции влияния ионов тяжелых металлов (ртути, свинца и кадмия) на первичное продуцирование органического вещества в водной экосистеме, соответственно.

Расчет проводили по формуле 1 в несколько этапов.

Вначале вычисляли влияние температуры воды на удельную скорость первичного биосинтеза $f(t)$ по формуле Эппли (2)

$$\mu T_{max} = a \times \exp(b \times T - c), \quad (2)$$

где, a , b , c – коэффициенты, T – температура воды, °С.

Для вычисления $f(I)$, с начала рассчитывали прозрачность воды по количеству взвеси (3).

$$S = 4,05 \times E^{-0,56} \quad (3)$$

где E – количество взвеси, мг/л.

Затем вычисляли коэффициент ослабления света за счет мутности – γ , по формуле 4.

$$\gamma = a + \frac{b}{S}, \quad (4)$$

где a и b – коэффициенты, S – прозрачность воды, см

Для зимних месяцев с ледоставом рассчитывали коэффициент влияния льда – $Kл$.

На основании предварительных расчетов определяли I по формуле 5:

$$I = \frac{I_0 \times K \times Kл \times (1 - \exp(-\gamma \times H))}{\gamma \times H}, \quad (5)$$

где: I – поступающая на поверхность суммарная солнечная радиация, МДж/м² сут; K – коэффициент экстинкции; $Kл$ – коэффициент отражающий влияние льда и снега; γ – коэффициент ослабления света взвесью

По формуле 6 проводили расчет $f(I)$:

$$f(I) = \frac{I}{I_{опт}} \times \exp\left(1 - \frac{I}{I_{опт}}\right), \quad (6)$$

где: I – поступающая на поверхность суммарная солнечная радиация, МДж/м² сут;

где: $I_{опт}$ – оптимальная поступающая на поверхность суммарная солнечная радиация, МДж/м² сут.

Вычисление фосфора на процессы биосинтеза $f(P)$ проводили по формуле 7.

$$f(P) = \frac{P}{K_{P+P}}, \quad (7)$$

где: P - концентрация биогенного элемента, мг/л; KP – константа полунасыщения биогенного элемента, мг/л

Расчет влияния азота f(N) на процессы биосинтеза проводили по формуле 10.

$$f(N) = \frac{N_s}{KN + N_s}, \quad (8)$$

где: N_s- концентрация суммарного доступного фитопланктону азота (9), мг/л; KN - константа полунасыщения по азоту, мг/л

$$N_s = NH_4 + a \times (NO_2 + NO_3), \quad (9)$$

где: NH₄ – концентрация аммонийного азота, мг/л; NO₂ - концентрация нитритов, мг/л; NO₃ – концентрация нитратов, мг/л; a - параметр регулирующий переключение азотного питания (10).

$$a = \frac{1}{1 + \frac{NH_4}{NH_4 \text{ крит}}}, \quad (10)$$

где: NH₄ – концентрация аммонийного азота, мг/л; NH₄ – критическая концентрация аммонийного азота, при которой происходит переключение азотного питания фитопланктона с нитритного на нитратное, мг/л.

Применяя формулы 11,12 и 13 вычисляли функции влияния ионов тяжелых металлов по литературным данным [5].

$$f(Hg) = 0,0035 \times C(Hg) + 0,872, \quad (11)$$

$$f(Pb) = -0,0036 \times C(Pb) + 0,8, \quad (12)$$

$$f(Cd) = -0,0174 \times C(Cd) + 0,685, \quad (13)$$

где C – концентрация вещества, мкг/л

Для определения влияния факторов вычисляли функции обратные приведенным выше (кроме температуры), данные результаты показывают во сколько раз недостаток света или минеральных и биогенных веществ уменьшают максимальную удельную скорость роста фитопланктона.

При расчетах использовали литературные данные по температуре воздуха в Калининграде в период с ноября 2019 по апрель 2020 гг. Средняя температура воздуха за этот период составила 2,67°C, максимальное значение отмечено в ноябре 7,5°C, минимальное в феврале -2,5°C [5]. Температура воды также имела сходную динамику, максимальные значения отмечали в ноябре 5,3°C, минимальные в феврале 1,9°C Длительность ледостава в прудах УОХ КГТУ отмечалась с 15 января по 20 марта [6].

Пробы воды и отбирались однократно, в середине месяца. В пробах стандартными методами определяли концентрацию аммонийного азота нитратов, нитритов, рН, концентрацию взвешенных веществ, экстинцию.

Результаты исследований

Результаты проведенных расчетов по месяцам зимовки представлены в таблице 1. Для расчетов μT_{max} использовали среднемесячные данные по температуре воды, любезно предоставленные П.П. Ждановым (таблица 1).

Данные для расчетов и результаты

месяц	11	12	1	2	3	4
Температура воздуха днем, °С	8	3	-1	0	6	9
Температура воздуха ночью, °С	7	2	-2	-5	1	4
Средняя температура воздуха, °С	7,5	2,5	-1,5	-2,5	3,5	6,5
Температура воды, °С	5,3	3,5	2	1,9	2,3	4,9
μT_{max}	0,72 4	0,70 8	0,73 5	0,78 9	0,92 1	1,16 6
Количество взвешенных веществ, г	0,09	0,08	0,07	0,05	0,05	0,08
Коэффициент ослабления света взвесью	1,30 5	1,30 5	1,30 5	1,30 5	1,30 5	1,30 5
Среднеинтегральная величина освещенности водного слоя (I), МДж/м ² сут	0,17 3	0,13 7	0,06 5	0,16 5	0,29 9	1,30 6
Суммарная солнечная радиация, МДж/м ² /сут	1,67	1,32	1,90	4,82	8,71	12,8
f(I)	0,04	0,03	0,01	0,02	0,04	0,21

Вычисленные значения функции влияния температуры воды μT_{max} представлены в таблице 1. Величина данного показателя с ноября по февраль имела близкие значения от 0,724 (ноябрь) до 0,789 (февраль). С марта отмечали постепенное повышение значения функции, что связано с повышением температуры воздуха и воды.

Вычисление функции влияния освещенности f(I) более сложное и велось в несколько этапов. Вначале, рассчитывали прозрачность воды, по количеству взвеси, затем считали коэффициент ослабления света – γ , по формуле 4. На основании полученных значений определили значения I. В период ледостава с января по март рассчитывали коэффициент влияния льда (Кл) на освещенность. Затем на основании полученных показателей вычисляли f(I) по формуле 6 (табл. 1).

Концентрация основных биогенных элементов в период исследований представлена в таблице 2. На основании полученных значений концентраций фосфатов, нитритов, нитратов и аммонийного азота, вычисляли значения функции влияния минерального фосфора f(P) и азота f(N) (таблица 2).

Исходные данные и результаты по биогенным элементам

месяц	11	12	1	2	3	4
Средняя концентрация фосфатов, мг/л	0,02	1,02	2,02	3,02	4,02	5,02
f(P)	1,00	0,20	0,25	0,25	0,40	0,22
Средняя концентрация аммонийного азота, мг/л	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Средняя концентрация нитритов, мг/л	0,15	0,10	0,08	0,07	0,09	0,12
Средняя концентрация нитратов, мг/л	1,40	1,20	0,90	0,70	0,50	0,80
f(N)	0,714	0,680	0,643	0,632	0,623	0,653
f(Hg)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
f(Pb):	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
f(Cd)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Концентрационные показатели тяжелых металлов взяты нами из литературных источников [5].

Концентрацию ртути в водоеме, взяли из литературных источников для водоемов бассейна р.Преголь - 0,0001 мкг/л, на ее основании вычисляли показатель f(Hg):

$$f(Hg) = 0,0035 \times C(Hg) + 0,872 = 0,0035 \times 0,0001 + 0,872 = 0,872$$

По литературным данным концентрация свинца – 0,0003 мкг/л:

$$f(Pb) = -0,0036 \times C(Pb) + 0,8 = -0,0036 \times 0,0003 + 0,8 = 0,799$$

При расчетах величины $f(Cd)$ использовали формулу 13 и концентрацию кадмия в водоеме – 0,0002 мкг/л:

$$f(Cd) = -0,0174 \times C(Cd) + 0,685 = -0,0174 \times 0,0002 + 0,685 = 0,68,$$

Все полученные значения подставили в формулу 2 и получили, что удельная скорость роста фитопланктона в зимовальном пруду №2, где проводили зимовку сеголетков растительноядных рыб, изменялась по месяцам следующим образом (рис. 1):

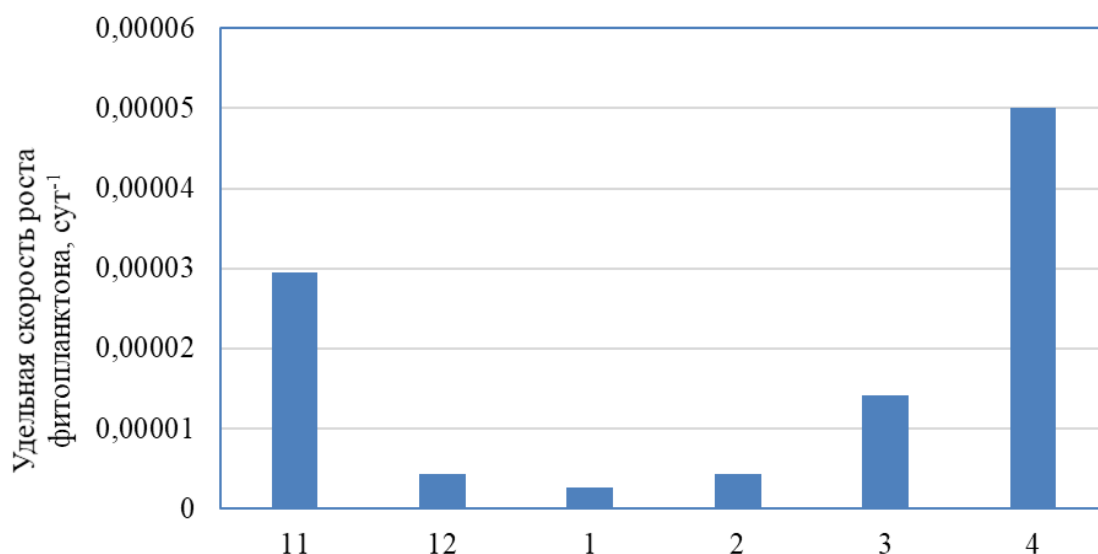


Рис. 1. Изменение удельной скорости роста планктонных водорослей на основе M – модели в зимовальном пруду (сут⁻¹)

Как видно по данным рисунка 1 наименьшая продукция фитопланктона была отмечена с 12 по 2 месяцы года, а максимальная в апреле.

Для определения влияния факторов вычисляли функции обратные приведенным выше и получили, что наибольшее влияние на продукцию фитопланктона оказывает освещенность (таблица 2), что особенно выражено в те месяцы, когда температура воды снижается.

Таблица 2

Величина обратных функций показателей $f(I)$, $f(P)$ и $f(N)$ от $f(t)$

Месяц	11	12	1	2	3	4
1/f(I)	24,38	30,62	64,18	25,52	14,29	3,57
1/f(P)	1,00	5,00	4,00	4,00	2,50	4,50
1/f(N)	1,40	1,03	1,56	1,58	1,61	1,53

Как видно влияние биогенных элементов на суточную продукцию фитопланктона зимой не значительное, наиболее значительное влияние в изучаемый период оказывает именно освещенность, а начиная с марта - температура.

В связи с проведенными исследованиями, можно сделать вывод, о том, что после пересадки в зимовальные пруды у рыб фито- детритофагов есть достаточно пищи в ноябре и марте. При весеннем подъеме дневной температуры воздуха растительноядные рыбы могут начать питаться, так как в водоеме уже образовалось достаточное количество фитопланктона.

Заключение

Полученные расчеты показали, что продуцирование органического вещества в зимовальном пруду происходит и в течение периода зимовки. Основным фактором, кроме температуры является освещенность, для которой были показаны максимальные значения обратных функций. То есть, весной, в конце зимовки, когда рыбы находится на грани истощения энергетических ресурсов у фитопланктоно- и детритофагов в условиях потепления в марте появляется возможность начала питания в зимовальных прудах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ворошилина В.Г., Саковская В.Г., Хрусталеv Е.И. Товарное рыбоводство: Практикум. – Калининград: КГТУ, 2005. – 275 с.
2. Мальцев В. И. Гидробиология. – Керчь: КГМТУ, 2018. - 64 с.
3. Хрусталеv Е.И., Курапова Т.М., Гончаренко О.Е. Управление кормовой базой: учеб.-метод. пособие по выполнению курс. проекта для студ. высш. учеб. заведений, обуч. в бакалавриате по направлению подгот. «Водные биоресурсы и аквакультура». - Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2020. - 57 с.
4. Дмитриев В.В. Вопросы теории моделирования морских экосистем // Физическая океанология и проблемы биологической продуктивности. Междудеvомственный сборник, 1992, с.40-50.
5. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Неман и рек бассейна Балтийского моря // Оценка экологического состояния и ключевые проблемы речного бассейна // Электрон. дан. Режим доступа URL: http://www.nord-west-water.ru/upload/information_system_18/1/2/4/item_12405/property_value_5073.pdf
6. Климатические характеристики// Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.gismeteo.ru/>

SPECIFIC FEATURES OF THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE SPECIFIC GROWTH RATE OF PLANKTONIAN ALGAE DURING THE WINTER OF VEGETABLE FISH

¹Savina L.V., Associate Professor, Cand. biol. sciences

²Kurapova T.M., Associate Professor, Cand. biol. sciences

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹liana.savina@klgtu.ru; ²tkurapova@inbox.ru

The purpose of these studies was to study the production of phytoplankton microalgae in the wintering pond No. 2 of the UOKh KSTU during the wintering of herbivorous yearlings. The calculation was carried out according to the formula of V.V. Dmitriev and co-authors (Dmitriev et al., 2016) based on literature data (concentration of heavy metals, illumination) and the results of their own research (concentration of suspended substances, biogenic elements, pH, extinction, transparency).

ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФОТОТРАНСДУКЦИИ В СЕТЧАТКЕ ГЛАЗА *LYMNAEA STAGNALIS* L.

¹Сафонов Михаил Витальевич, аспирант Института живых систем

²Жуков Валерий Валентинович, канд. биол. наук, доцент Института живых систем

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта», Калининград, Россия,
e-mail: ¹mikhailsafonov96@mail.ru, ²valerzhukov@mail.ru

*С целью анализа молекулярного механизма фототрансдукции в микровиллярных рецепторах сетчатки *Lymnaea stagnalis* исследовано влияние ряда веществ на электрические реакции изолированного глаза. Установлено, что 2-аминоэтилдифенил борат (10^{-5} М), ЭГТА (10^{-3} М) и Cd^{2+} (10^{-3} М) подавляют амплитуду электроретинограммы, вызываемой вспышкой света. Статистически значимого влияния метиленового синего ($2 \cdot 10^{-4}$ М) и (+)-цис-дилтиазем гидрохлорида (10^{-5} М) не обнаружено. Делается вывод о ключевой роли ионов Ca^{2+} в изучаемом процессе.*

Введение

Более полувека назад фоторецепторные клетки были разделены на две группы - цилиарные и рабдомерные (микровиллярные) - на основании особенностей ультраструктуры, отражающих их происхождение в филогенезе [1]. Цилиарные фоторецепторы, происходящие от ресничных клеток, имеют рудимент базального тельца и фибриллярного аппарата реснички. Собственно рецепторная поверхность образована плоскими внутренними дисками (палочки) или же впячиваниями наружной мембраны (колбочки). Такие клетки в различных структурных модификациях характерны для сетчатки глаз позвоночных. Рабдомерные фоторецепторные клетки не имеют признаков аппарата ресничек и несут на своей апикальной части многочисленные пальцеобразные выросты (микровиллы), ориентированные в пространстве с той или иной степенью упорядоченности. Эти клетки являются типичными для глаз беспозвоночных животных. Таким образом, деление послужило основанием для формирования представления о связи возникновения и последующего филогенеза фоторецепторных клеток с магистральными линиями эволюции [2]. При этом предполагалось, что изначально оба типа фоторецепторных клеток могли бы иметь общего эволюционного предшественника. Однако уже в момент конструирования схемы филогенетических связей фоторецепторных клеток был известен плохо вписывающийся в нее пример – глаз двустворчатых моллюсков рода *Pecten*. Многочисленные глаза этих животных имеют уникальное строение, включая оптику и клеточную организацию сетчатки. Последняя состоит из 2-х слоев клеток, принадлежащих к различным цитологическим группам – рабдомерные и цилиарные. Оказалось, что с цитологическим типом фоторецептора связана полярность его электрической реакции на освещение: гиперполяризация цилиарных и деполяризация рабдомерных клеток [3]. Такая связь подтверждается до настоящего времени результатами исследований различных представителей позвоночных и беспозвоночных животных и выглядит универсальной [2]. Совершенствование экспериментальных методов клеточной биологии и особенно привлечение приемов молекулярно-генетического анализа позволило во многих деталях прояснить схему путей преобразования сигнала в обоих типах фоторецепторных клеток. Оказалось, что в цилиарных фоторецепторах, характерных для сетчатки позвоночных животных, поглощение зрительным пигментом (тот или иной вид родопсина) кванта света приводит к активации фосфодиэстеразы, уменьшению вследствие этого в цитоплазме концентрации циклической формы гуанозинмонофосфата (цГМФ) и закрытию управляемых им катионных каналов, что приводит к гиперполяризации клетки [4].

В рабдомерных (микровиллярных) фоторецепторах глаз беспозвоночных животных возбуждение родопсина ведет к активации фосфолипазы C, которая расщепляет фосфатидилинозитол-4,5-бифосфат (ФИФ2) на инозитол-1,4,5-трифосфат (ИФ3) и диацилглицерол (ДАГ). Продукты этой ре-

акции вызывают активацию и открытие катионных каналов (каналы переходных рецепторных потенциалов, TRP), что ведет к деполяризации клетки [5]. Указанные схемы базируются главным образом на результатах детальных исследований фототрансдукции в сетчатке глаза млекопитающих (*Mus musculus*) и насекомых (*Drosophila melanogaster*) и частично подтверждены для фоторецепторных клеток глаза двусторчатых моллюсков [6]. При этом за рамками таких исследований пока остаются другие классы мягкотелых, в частности брюхоногие моллюски, без чего невозможно концептуальное рассмотрение не только эволюции фоторецепции [7], но и самой функции зрения. В качестве первого шага в этом направлении нами был выполнен фармакологический анализ параметров электрических реакций на свет глаза пресноводного моллюска *Lymnaea stagnalis* – распространенного лабораторного объекта нейробиологических исследований [8]. Сетчатка глаза *L. stagnalis* содержит многочисленные микровилярные фоторецепторы [9], освещение которых вызывает их деполяризацию [10], что выражается в волнах электроретинограммы [11] и импульсной активности волокон оптического нерва [12]. Анализ соответствия этого типа электрической реакции одной из двух схем молекулярного механизма фототрансдукции стал основной целью данной работы.

1. Материалы и методы

1.1. Объект

Опыты выполнены на взрослых особях прудовика (высота раковины 2.5 – 3.0 см), собранных в водоемах г. Калининграда и содержавшихся в лабораторных условиях.

1.2. Препарат

Препарат для экспериментов состоял из изолированного глаза моллюска с участком оптического нерва.

1.3. Регистрация электрических сигналов

Регистрация электрических сигналов выполнялась Ag/AgCl электродом с всасывающим наконечником, встроенным в дно экспериментальной камеры объемом 1 мл. Электрический сигнал усиливали (A-M Systems Model 1800, 100x) в полосе частот 0,1 – 500 Гц, оцифровывали с шагом дискретизации 0.1 мс (Digidata 1440A), записывали и обрабатывали на компьютере с использованием программного пакета pClamp 10.

1.4. Световая стимуляция

Световая стимуляция осуществлялась в импульсном режиме светодиодом ($\lambda_{\max}=525$ нм). Освещенность, создаваемая стимулом на уровне экспериментальной ванночки, составляла 4500 лк. Импульсы тока свечения диода подавали с выхода Digidata 1440A. Длительностью стимула постоянной яркости управляли средствами pClamp 10.

1.5. Ход эксперимента

Ванночку с препаратом помещали в экранированную камеру установки и оставляли в темноте на 1-2 часа, периодически регистрируя электрические ответы препарата на вспышки света. После установления стабильной амплитуды ЭРГ выполняли блок стимуляции световыми импульсами возрастающей длительности (от 1 до 500 мс) с интервалом 3 минуты между вспышками. В результате опыта получали зависимость амплитуды ЭРГ от длительности световой вспышки в физиологическом растворе, а затем в растворах, содержащих исследуемые вещества.

1.6. Количественная оценка результатов экспериментов

По результатам каждого опыта амплитуду ЭРГ нормировали, принимая за 1.0 максимальное значение, полученное в исходном физиологическом растворе (контроль). Статистическая обработка и построение графиков выполнялись средствами Excel.

1.7. Состав физиологического раствора

Состав физиологического раствора приведен в других работах [11,12].

1.8. Вещества:

1) 2-аминоэтилдифенил борат (2-АДБ, блокатор кальциевых каналов и процесса высвобождения Ca^{2+} из внутриклеточных депо, что является компонентом фототрансдукции в рабдомерных фоторецепторах); 2) (+)-цис-дилтиазем гидрохлорид (ДТЗ, блокатор CNG каналов, управление которыми является звеном фототрансдукции в цилиарных рецепторах позвоночных); 3) метиленовый синий (МС) как ингибитор гуанилатциклазы; 4) CdCl_2 для получения блокирующего эффекта ионов Cd^{2+} на кальциевые каналы; 5) эгтгазиновая кислота (EGTA) – хелатор 2-х валентных катионов, имеющий повышенное сродство к ионам Ca^{2+} .

2. Результаты

Основные результаты анализов представлены диаграммой на рисунке 1. На ней показаны средние значения нормированных амплитуд волны ЭРГ на вспышки света длительностью 500 мс, полученные в экспериментальных растворах, содержащих применяемые вещества, по отношению к исходному физиологическому раствору.

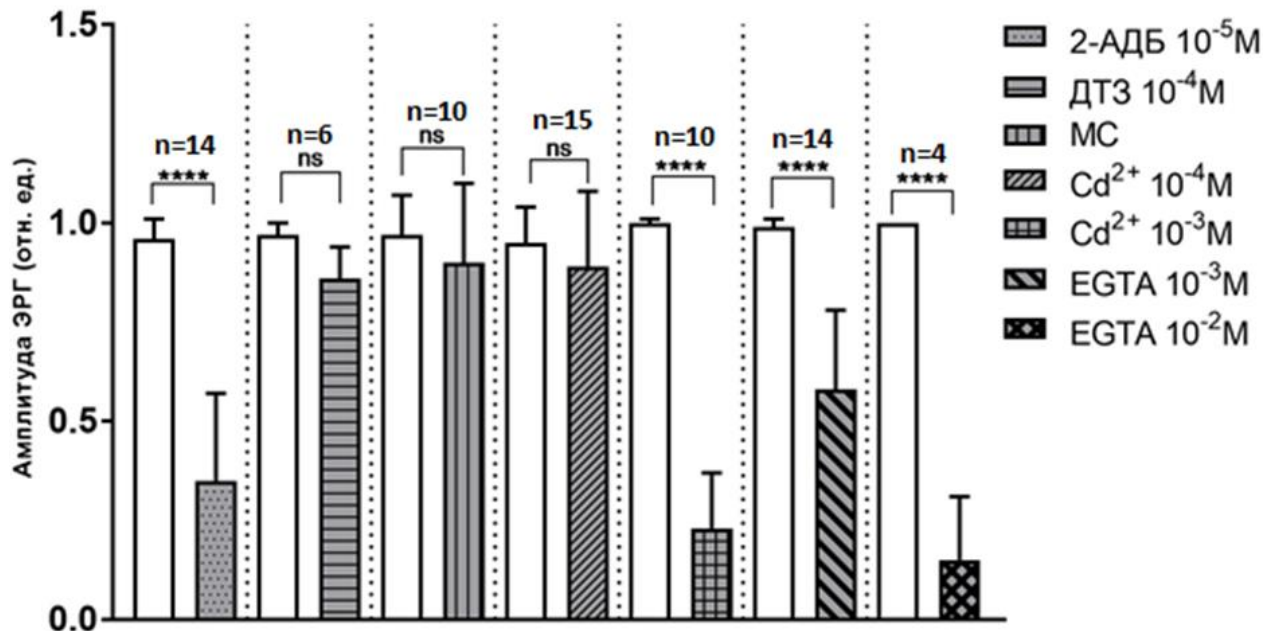


Рис. 1. Средние значения нормированных величин электроретинограмм *Lymnaea stagnalis*, полученные в фармакологических экспериментах. Обозначения: вертикальные линии – стандартное отклонение; *** - уровень достоверности различий $p \leq 0.001$; ns – различия недостоверны

Статистически значимые эффекты 2-АДБ наблюдали при введении вещества в физиологический раствор в концентрации с 10^{-5} М и выше. Вещество оказывало угнетающее влияние, как на амплитуду медленной волны ЭРГ, так и на импульсную активность фоторецепторов. Получаемый эффект развивался постепенно и был, как правило, длительным. Однако восстановление,

хотя бы частичное, электрических реакций глаза на свет, получить было принципиально возможно только после восстановления исходного физиологического раствора и многочасового выдерживания в нем препарата.

Ни ДТЗ (в концентрациях до 10^{-4} М), ни метиленовый синий ($2 \cdot 10^{-4}$ М) не производил статистически значимого влияния на амплитуду волны ЭРГ и импульсную активность фоторецепторов. При этом большое значение среднего квадратического отклонения имеет своей причиной разнонаправленный эффект вещества в отдельных опытах.

Ионы Cd^{2+} в концентрации 10^{-3} М оказывали выраженное и статистически значимое угнетающее влияние на амплитуду волны ЭРГ и импульсную активность фоторецепторов.

Влияние EGTA исследовали в растворе, в котором отсутствовали ионы кальция (раствор Ca-free), чтобы не ослаблять действие хелатора. Применение такого раствора не сопровождалось значимыми изменениями амплитуды ЭРГ. При этом введение в раствор EGTA в концентрации 10^{-3} М уменьшал ЭРГ почти наполовину. Сама кислота хорошо растворима только в щелочной среде и для приготовления ее маточного раствора брали 0,1 М NaOH. Контрольное введение в физиологический раствор эквивалентного количества NaOH приводила к небольшому повышению амплитуды ЭРГ. Поэтому уменьшение амплитуды ответа на свет, вызванное 10^{-3} М EGTA, несколько купируется увеличением в растворе концентрации ионов натрия. Восстановление подавленных электрических ответов на свет препарата принципиально возможно после длительного отмывания в нормальном физиологическом растворе, содержащем ионы кальция в концентрации 10^{-3} М. В концентрации 10^{-2} М EGTA практически полностью подавлял электрические ответы препарата.

Влияние EGTA исследовали в растворе, в котором отсутствовали ионы кальция (раствор Ca-free), чтобы не ослаблять действие хелатора. Применение такого раствора не сопровождалось значимыми изменениями амплитуды ЭРГ. При этом введение в раствор EGTA в концентрации 10^{-3} М уменьшал ЭРГ почти наполовину. Сама кислота хорошо растворима только в щелочной среде и для приготовления ее маточного раствора брали 0,1 М NaOH. Контрольное введение в физиологический раствор эквивалентного количества NaOH приводила к небольшому повышению амплитуды ЭРГ. Поэтому уменьшение амплитуды ответа на свет, вызванное 10^{-3} М EGTA, несколько купируется увеличением в растворе концентрации ионов натрия. Восстановление подавленных электрических ответов на свет препарата принципиально возможно после длительного отмывания в нормальном физиологическом растворе, содержащем ионы кальция в концентрации 10^{-3} М. В концентрации 10^{-2} М EGTA практически полностью подавлял электрические ответы препарата.

3. Обсуждение

Полученные результаты дают основание отвергнуть возможность преобразования светового сигнала в фоторецепторах *L. stagnalis* по гуанилатциклазному пути, т.к. применение блокатора CNG каналов ДТЗ и попытка ингибировать активность гуанилатциклазы метиленовым синим не дали значимого результата. При этом совершенно очевидно, что одну из ключевых ролей в этом механизме выполняют ионы кальция, которые, скорее всего, входят в клетку в результате активации TRP каналов.

Открываются ли эти каналы в результате реализации инозитолфосфатного механизма, подобно тому, как это происходит в фоторецепторах мух, еще предстоит выяснить. Блокада TRP каналов со стороны 2-АДБ [13] вполне объясняет его угнетающее действие этого вещества на амплитуду ЭРГ. Все же пока не ясно, откуда входят ионы кальция в цитоплазму фоторецепторов: из внеклеточного пространства или из внутриклеточных депо. Казалось бы, если основной источник поступления в цитоплазму фоторецепторов – внеклеточная жидкость, то растворы, не содержащие ионы кальция, должны уменьшать электрические ответы препарата. В действительности ни в этих опытах, ни ранее [12] такого эффекта растворов Ca-free не наблюдали. Путем внутриклеточной регистрации ответов фоторецепторов на свет так же было показано, что удаление ионов Ca^{2+} из физиологического раствора не нарушало способность фоторецепторов отвечать деполяризацией на освещение [10]. Конечно, нельзя полностью исключить, что содержание этого иона во внеклеточных пространствах глаза настолько велико, что обеспечивает нормальную работу изолированного органа на протяжении нескольких часов. Логичной также, кажется, гипотеза о существовании внутриклеточных депо ионов

кальция, которые могут управляться через активацию рецепторов IP_3 . В таком варианте ингибирующий эффект 2-АДБ может быть приписан блокирующему действию вещества на эти рецепторы, что соответствует его установленным свойствам [14]. В любом случае ингибирующее влияние 2-АДБ и Ca^{2+} свидетельствуют о важной роли ионов кальция в преобразовании светового сигнала в электрические сигналы фоторецепторов. На представленной схеме гипотетических путей фототрансдукции (рис. 2) указаны ключевые точки воздействия испытанных веществ, которые могут объяснить полученные результаты этой работы.

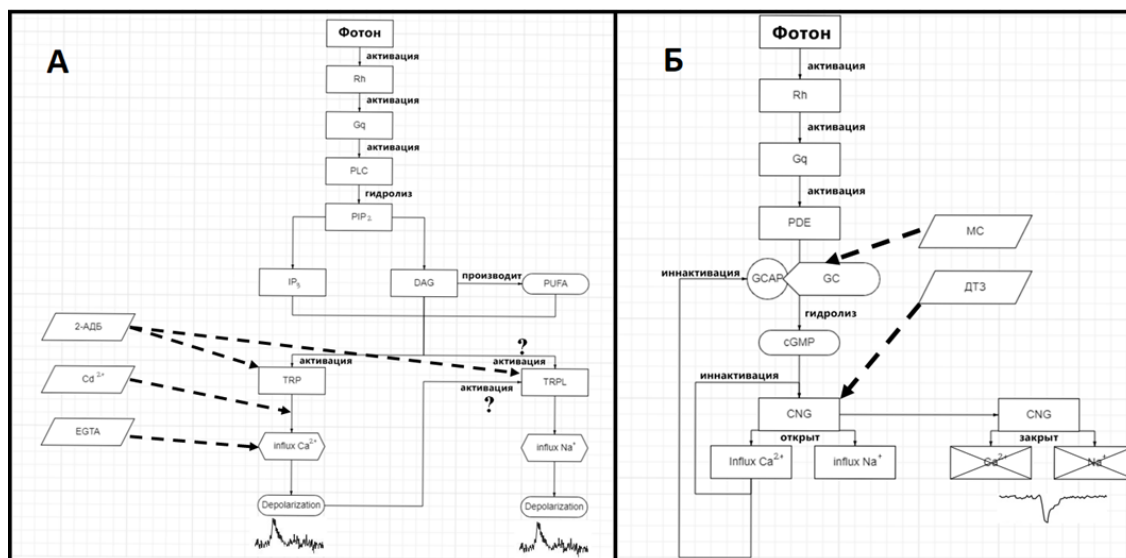


Рис.2. Схема преобразования светового сигнала (фототрансдукция) в рабдомерных(микровиллярных) (А) и цилиарных (Б) фоторецепторных клетках. Пунктирными линиями указаны промежуточные звенья процесса, являющиеся мишенью воздействия примененных в исследовании веществ.

Следует указать, что наряду с фоторецепторами сетчатки глаза у *L. stagnalis* есть светочувствительные элементы кожи в области пневмостома [15]. Там находятся только фоторецепторы, дающие ответ off-типа, который обеспечивает закрытие дыхательного отверстия при резком снижении освещенности. Применение 2-АДБ и ДТЗ для анализа схемы фототрансдукции в этих фоторецепторах дал результат, противоположный тому, что получен в ходе нашей работы, на основании чего был сделан вывод об участии циклической формы ГМФ в процессе фототрансдукции у кожных фоторецепторов [16]. В целом полученные результаты дают еще один пример сосуществования в одном организме фоторецепторов, реализующих различные молекулярные механизмы преобразования сигнала [2] и имеющих, возможно, независимое происхождение в филогенезе [17]. Функционирует ли в этих фоторецепторах один и тот же светочувствительный пигмент или же в них экспрессируются гены различных опсинов еще предстоит выяснить.

Работа Сафонова М.В. поддержана грантом БФУ по программе 5-100

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Eakin R. M. Evolution of photoreceptors // Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. – Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1965. – V. 30. – P. 363-370.
2. Fain G. L., Hardie R., Laughlin S. B. Phototransduction and the evolution of photoreceptors // Current Biology. – 2010. – V. 20. – №. 3. – P. R114-R124.
3. Wilkens L. A. Primary inhibition by light: a unique property of bivalve photoreceptors // American Malacological Bulletin. – 2008. – V. 26. – №. 1/2. – P. 101-109.
4. Molday R. S., Moritz O. L. Photoreceptors at a glance // Journal of cell science. – 2015. – V. 128. – №. 22. – P. 4039-4045.
5. Yau K. W., Hardie R. C. Phototransduction motifs and variations // Cell. – 2009. – V. 139. – №. 2. – P. 246-264.

6. Nasi E., Gomez M. D. P., Payne R. Phototransduction mechanisms in microvillar and ciliary photoreceptors of invertebrates // Handbook of biological physics. – North-Holland, 2000. – V. 3. – P. 389-448.
7. Shichida Y., Matsuyama T. Evolution of opsins and phototransduction // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2009. – V. 364. – №. 1531. – P. 2881-2895.
8. The natural history of model organisms: the unlimited potential of the great pond snail, *Lymnaea stagnalis* / Istvan Fodor, Ahmed Hussein, Paul Benjamin, Joris Koene et al. // Elife. – 2020. – V. 9. – P. e56962.
9. Variations in the retinal designs of pulmonate snails (Mollusca, Gastropoda): squaring phylogenetic background and ecophysiological needs (I) / Bobkova M.V., Gal J., Meyer-Rochow., V.B., Zhukov V.V. et al. // Invertebrate Biology. – 2004. – V. 123. – №. 2. – P. 101-115.
10. Electrophysiological responses to light of neurons in the eye and statocyst of *Lymnaea stagnalis* / Sakakibara M., Aritaka T., Iizuka A., Suzuki H. et al. // Journal of neurophysiology. – 2005. – V. 93. – №. 1. – P. 493-507.
11. Жуков В.В., Грибакин Ф.Г. Спектральная чувствительность глаза *Lymnaea stagnalis* L. и *Planorbium corneum* L. в ультрафиолетовой и видимой области спектра // Сенсорные системы. – 1990. – Т. 4. – №4. – С. 341-350.
12. Электрические реакции глаза *Lymnaea stagnalis* на световую стимуляцию: влияние двухвалентных катионов / Жуков В.В., Федоренко А.Д., Лаврова А.И., Постников Е.Б. / Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2017. – Т. 53. – №. 5. – С. 360-367.
13. Aminoethoxydiphenyl borate and flufenamic acid inhibit Ca²⁺ influx through TRPM2 channels in rat dorsal root ganglion neurons activated by ADP-ribose and rotenone / Nazıroğlu M., Özgül C., Çelik Ö., Çiğ B., et al. // The Journal of membrane biology. – 2011. – V. 241. – №. 2. – P. 69-75.
14. 2APB, 2-aminoethoxydiphenyl borate, a membrane-penetrable modulator of Ins (1, 4, 5) P3-induced Ca²⁺ release / Maruyama T., Kanaji T., Nakade S., Kanno T., et al. // The Journal of Biochemistry. – 1997. – V. 122. – №. 3. – P. 498-505.
15. Morphological and physiological characteristics of dermal photoreceptors in *Lymnaea stagnalis* / Takigami S., Sunada H., Horikoshi T., Sakakibara M. // Biophysics. – 2014. – V. 10. – P. 77-88.
16. Pankey S. et al. Cyclic nucleotide-gated channels are involved in phototransduction of dermal photoreceptors in *Lymnaea stagnalis* / Pankey S., Sunada H., Horikoshi T., Sakakibara M. // Journal of Comparative Physiology B. – 2010. – V. 180. – №. 8. – P. 1205-1211.
17. von Salvini-Plawen L. Photoreception and the polyphyletic evolution of photoreceptors (with special reference to Mollusca) // American Malacological Bulletin. – 2008. – V. 26. – №. 1/2. – P. 83-100.

PHARMACOLOGICAL ANALYSIS OF PHOTOTRANSDUCTION IN THE RETINA OF *LYMNAEA STAGNALIS* L.

¹Saphonov M.V., graduate student

²Zhukov V.V., PhD, docent

Institute of Living Systems, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹mikhailsafonov96@mail.ru; ²valerzhukov@mail.ru

*In order to analyze the molecular mechanism of phototransduction in microvillary receptors of the retina in *Lymnaea stagnalis*, the effect of a number of substances on the electrical reactions of an isolated eye was studied. It was found that 2-aminoethyl diphenyl borate (10^{-5} M), EGTA (10^{-3} M) and Cd^{2+} (10^{-3} M) suppress the amplitude of the electroretinogram caused by a flash of light. No statistically significant effect of methylene blue ($2 \cdot 10^{-4}$ M) and (+) - cis-diltiazem hydrochloride (10^{-5} M) was found. A conclusion is made about the key role of Ca^{2+} in the process under study.*

БИОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕГОЛЕТКОВ КАРПА И РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫХ РЫБ В ПРУДАХ УОХ КГТУ

¹Хрусталеv Евгений Иванович, доц., канд. биол. наук, профессор кафедры АББГ

²Чебан Ксения Андреевна, канд. биол. наук, зам. зав. кафедрой АББГ

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹evgenij.hrustalev@klgtu.ru; ²kseniya.elfimova@klgtu.ru

Целью данных исследований было изучение биотехнических особенностей выращивания сеголетков растительноядных рыб при совместном выращивании с карпом в прудах УОХ КГТУ. В работе наряду с оценкой биотехнических показателей при выращивании карпа с растительноядными рыбами рассчитывали скорость роста, оценку эффективности кормления и величину кормового коэффициента. Результаты исследования позволили оценить перспективы в повышении весовых кондиций сеголетков карпа и растительноядных рыб.

Введение

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что годовой спрос на рыбу в России растет. Карп и растительноядные рыбы занимают особое положение в водоемах Калининградской области. Учитывая тот факт, что запасы мирового океана не являются неисчерпаемыми, все большую роль в производстве рыбы играет искусственное разведение [1].

Прудовое рыбоводство и главная его отрасль – карповодство в поликультуре с растительноядными рыбами в настоящее время развиваются довольно стремительными темпами [2].

Интенсификация и внедрение новых организационно-технических мероприятий возможно за счет:

- обеспечения благоприятных экологических и зоогигиенических условий среды;
- мелиорации и удобрения прудов;
- дополнительного кормления рыб искусственными кормами;
- своевременного проведения профилактических мероприятий для недопущения возникновения болезней.

Применяя данные мероприятия на учебно-опытном хозяйстве (УОХ КГТУ) получают высокого уровня сеголетков карпа и растительноядных рыб.

Материал и методика

Исследования проводили на базе выростных прудов УОХ КГТУ. Объектами исследования были личинки, мальки и сеголетки парского, краснодарского карпа, белого амура, белого и пестрого толстолобика. Личинки были завезены на УОХ КГТУ в июне из рыбоводных хозяйств Московской области и Краснодарского края.

Оценку раскрытия ростовой потенции у рыб в прудах проводили на основе общепродукционного коэффициента скорости массонакопления (K_m) (1) [3]:

$$K_m = \frac{(\sqrt[3]{M_k} - \sqrt[3]{M_n}) \times 3}{T}, \quad (1)$$

где M_k и M_n – масса конечная и начальная, г; T - продолжительность выращивания, сут.

Оценку эффективности кормления карпа проводили по величине коэффициента оплаты корма (2) [4]:

$$K_{оп} = \frac{K}{Pr}, \quad (2)$$

где K – количество заданного в пруд корма, кг; Pr – прирост массы рыб за период кормления, сут.

Величину кормового коэффициента определяли, как отношение количества заданного корма к приросту массы рыб, исключая величину естественной рыбопродуктивности (3):

$$K/k = \frac{K}{Pr - Pe}, \quad (3)$$

где Pe – естественная рыбопродуктивность, кг/га.

При расчете естественной рыбопродуктивности учитывали средне сезонную биомассу бентосных и зоопланктонных кормовых организмов. Для этого ежемесячно проводили съёмку с помощью дночерпателя в 4-х равноудалённых местах пруда фрагментов грунта с донными организмами и установленную осреднённую биомассу проектировали на площадь пруда.

Биомассу зоопланктонных организмов определяли с помощью планктонной сети, которую протягивали по диагоналям пруда, вырезая определённый объём воды. Установив осреднённую биомассу зоопланктона, проводили пересчёт на весь объём воды в пруду. Далее с учётом R/V коэффициента рассчитывали величину продукции зоопланктонных и зообентосных организмов за исследуемые периоды.

По зоопланктонным организмам величина коэффициента была принята 0,22, для зообентосных 0,02. Коэффициент выедаемости кормовых организмов был принят 0,8. Кормовой коэффициент кормовых организмов был принят 10 [5].

В качестве корма служили размол пшеницы, ячменя, отходы хлебопекарных изделий, пивная дробина, а также комбикорм собственного производства. Выживаемость рыб в прудах определяли по разности между количеством посаженных весной и количеством выловленных осенью.

Оценку скорости массонакопления, выживаемости, величины рыбопродукции и коэффициента оплаты корма проводили в периоды после рассадки мальков карпа и растительноядных рыб в пруды до осеннего облова. В варианте выращивания сеголетков карпа отправной точкой было достижение молодью массы 0,2 г и рассадка в пруды с определенной плотностью посадки. Молодь растительноядных рыб имела среднюю массу около 1 г. При выборе плотности посадки учитывали результаты предыдущих лет исследований и литературные данные.

Результаты исследований

Продуктивность выростных прудов по карпу. Оценивая результаты выращивания сеголетков, имеющих разное происхождение, следует обратить внимание на близкие значения величины рыбопродукции у сеголетков парского и краснодарского карпа (табл. 1). Она, в основном, находилась на уровне от 973 до 993 кг/га. Исключение составил пруд 23, в котором рыбопродукция достигла 1408 кг/га при средней величине плотности посадки (37,5 тыс.шт./га) и выживаемости 78,2%. Очевидно, решающее влияние на её величину оказала конечная масса сеголетков (48,0 г), чему, очевидно, способствовала большая естественная рыбопродуктивность пруда.

Подтверждением могут служить данные по коэффициенту оплаты корма, величина которого была наименьшей (2,38). Отставание по величине рыбопродукции сеголетков гибридного происхождения следует связать с крайне неблагоприятными по температурному режиму условиями выращивания в мае и первой половине июня. В целом, следует признать, что как по величине выживаемости, так и конечной массе были превышены нормативные показатели, принятые для второй зоны прудового рыбоводства.

Результаты выращивания карпа в прудах УОХ КГТУ

Номер пруда	S, га	Возраст	Масса, г		Плотность посадки, тыс.шт/га	Выход, %	Рыбопродукция, кг/га	Коп
			нач.	кон.				
28*	0,05	0+	0,2	31,0	60,0	52,5	977	2,89
23*	0,05	0+	0,2	48,0	37,5	78,2	1408	2,38
4**	0,1	0+	0,2	42,0	30,0	80,2	1018	2,45
5**	0,1	0+	0,2	38,5	30,0	84,2	973	3,05
6**	0,1	0+	0,2	52,5	30,0	63,0	993	2,92
24***	0,1	0+	0,2	40,0	30,0	50,0	600	2,82

Коп - Коэффициент оплаты корма;

*- краснодарский карп, ** - парский карп, *** - гибридная форма карпа

Эффективным следует признать кормление рыб разного возраста. Величина коэффициента оплаты корма у сеголетков (2,38-3,05). Естественная рыбопродуктивность выростных прудов по карпу была достаточно низкой (72-101 шт./га), что можно связать с присутствием в прудах молоди растительноядных рыб и пресом их на первичную продукцию и зоопланктон.

Как результат величина кормового коэффициента снизилась по сравнению с коэффициентом оплаты корма всего на 0,4-0,04 (табл.2).

Таблица 2

Разница кормового коэффициента искусственных кормов

Номер пруда	Естественная рыбопродуктивность, кг/га	Прирост рыбопродукции, кг/га	Кормовой коэффициент	Разница с Коп
28	83,0	965	2,85	-0,04
23	79,0	1400	2,34	-0,04
4	78,5	1012	2,44	-0,01
5	101,0	968	3,03	-0,02
6	97,5	987	2,90	-0,02
24	72,0	594	2,86	-0,03

Как видно в таблице 2, больше всего разница кормового коэффициента искусственных кормов было в пруду 28 и 23, а меньше всего в пруду 4.

Особенности роста и выживаемости сеголетков карпа. Предваряя оценку скорости роста следует отметить, что в исследованиях были использованы рыбы, имеющие разное происхождение: краснодарский карп, парский карп, гибридная форма карпа. Результаты выращивания приведены в таблице 2.

Расчет скорости роста показали, что величина коэффициента массонакопления, несмотря на существенное превышения зонального стандарта массы (25 г) была:

$$KM_{28} = \frac{(\sqrt[3]{31} - \sqrt[3]{0,2}) * 3}{106} = 0,07$$

$$KM_4 = \frac{(\sqrt[3]{42} - \sqrt[3]{0,2}) * 3}{106} = 0,08$$

$$KM_{23} = \frac{(\sqrt[3]{48} - \sqrt[3]{0,2}) * 3}{106} = 0,09$$

$$KM_5 = \frac{(\sqrt[3]{38,5} - \sqrt[3]{0,2}) * 3}{106} = 0,08$$

$$KM_{24} = \frac{(\sqrt[3]{40} - \sqrt[3]{0,2}) * 3}{106} = 0,08$$

$$KM_6 = \frac{(\sqrt[3]{52,5} - \sqrt[3]{0,2}) * 3}{106} = 0,09$$

При этом доля экологических факторов составила:

$$KЭ_{28} = \frac{0,07}{0,235} = 0,31$$

$$KЭ_4 = \frac{0,08}{0,235} = 0,35$$

$$КЭ_{23} = \frac{0,09}{0,235} = 0,37$$

$$КЭ_5 = \frac{0,08}{0,235} = 0,34$$

$$КЭ_{24} = \frac{0,08}{0,235} = 0,34$$

$$КЭ_6 = \frac{0,09}{0,235} = 0,38$$

Таким образом, действие экологических факторов, влияющих на скорость массонакопления, составила от 31% до 38%. А это значит, что по величине экологического коэффициента роста сеголетков карпа можно отнести к рыбам с низкой скоростью роста, поскольку грация для средней скорости роста, определяемая величиной КЭ, составляет 0,4-0,5, для высокой 0,7-0,9 [6].

Особенности роста и выживаемости сеголетков растительных рыб приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты выращивания растительных рыб в прудах УОХ КГТУ

Номер пруда	S, га	Возраст	Масса, г		Плотность посадки, шт/га	Выход, %	Рыбопродукция, кг/га
			нач.	кон.			
28*	0,05	0+	0,7	18,0	5000	52,5	47,3
23*	0,05	0+	0,55	15,7	10000	78,2	122,8
4**	0,1	0+	0,7	17,0	20000	80,2	272,7
5**	0,1	0+	1,5	25,0	20000	84,2	421,0
6**	0,1	0+	1,5	30,0	20000	63,0	378,0
24***	0,1	0+	0,7	15,0	20000	50,0	150,0

*- краснодарский карп, ** - парский карп, *** - гибридная форма карпа

По результатам расчетов скорости массонакопления получили:

$$КМ_{28} = \frac{(\sqrt[3]{18} - \sqrt[3]{0,7}) * 3}{88} = 0,06 \quad КМ_4 = \frac{(\sqrt[3]{17} - \sqrt[3]{0,7}) * 3}{88} = 0,06$$

$$КМ_{23} = \frac{(\sqrt[3]{15,5} - \sqrt[3]{0,55}) * 3}{88} = 0,06 \quad КМ_5 = \frac{(\sqrt[3]{25} - \sqrt[3]{1,5}) * 3}{88} = 0,06$$

$$КМ_{24} = \frac{(\sqrt[3]{15} - \sqrt[3]{0,7}) * 3}{88} = 0,05 \quad КМ_6 = \frac{(\sqrt[3]{30} - \sqrt[3]{1,5}) * 3}{88} = 0,07$$

При этом доля экологических факторов составила:

$$КЭ_{28} = \frac{0,06}{0,220} = 0,27 \quad КЭ_4 = \frac{0,06}{0,214} = 0,27$$

$$КЭ_{23} = \frac{0,06}{0,195} = 0,29 \quad КЭ_5 = \frac{0,06}{0,205} = 0,30$$

$$КЭ_{24} = \frac{0,05}{0,214} = 0,25 \quad КЭ_6 = \frac{0,07}{0,205} = 0,33$$

Действие экологических факторов на скорость массонакопления составило от 27% до 33%. А это значит, что по величине экологического коэффициента роста сеголетков растительных рыб можно отнести к рыбам с низкой скоростью роста.

Оценка эффективности кормления сеголетков карпа. Анализ учета эффективности кормления основан на установлении прироста массы сеголетков карпа за вегетационный сезон и количества заданного в прудах корма в таблице 4.

Поскольку невозможно установить фактическое поедание рыбами искусственного корма, то оценка эффективности кормления проводится по величине коэффициента оплаты корма.

Эффективность кормления сеголетков карпа

№ пруда	Масса, г		Кол-во, шт.		Общая масса, кг		Прирост, кг	Кол-во корма, кг	Коэффициент оплаты корма
	нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.			
28*	0,2	31,0	3000	1820	0,6	56,42	55,82	161,5	2,99
23*	0,2	48,0	4000	3300	0,8	158,4	157,6	353,0	2,83
4**	0,2	42,0	6000	4090	1,2	171,8	170,6	548,0	2,93
5**	0,2	38,5	2000	1550	0,4	59,68	59,28	143,8	3,12
6**	0,2	52,5	2000	1690	0,4	88,73	88,33	183,0	2,85
24***	0,2	40,0	4000	2450	0,8	98	97,2	372,3	2,62

Примечание:

*- краснодарский карп, ** - парский карп, *** - гибридная форма карпа

вид корма: пивная дробина, бобы, ячмень, кукуруза, отходы хлеба, искусственный корм

Из данной таблицы видно, что наименьшее значение коэффициента оплаты корма были в прудах с наименьшими количественными выходами сеголетков (пруды 23,4,6,24).

Исключение составил пруд №10, где величина коэффициента оплаты корма составил 3,12. Возможно в том пруду, где была наименьшая плотность посадки, на некоторых этапах имело место неполное съедание корма. В то же время, максимальный разброс в величине коэффициента оплаты корма составил 0,5 (3,12 – 2,62), в среднем по всем прудам 3,0.

Столь незначительные отклонения в величине коэффициента могут говорить о близком балансе питательных веществ искусственного корма и равной доступности его во всех прудах.

Величина коэффициента оплаты корма соответствовала нормативному значению, установленному для выростных прудов. В совокупности сказанного можно сказать, что принятый на УОХ режим кормления следует признать эффективным.

Заключение

Естественная рыбопродуктивность выростных прудов по карпу была достаточно низкой (72-101 кг/га), что можно связать с присутствием в прудах сеголетков растительноядных рыб, осваивавших первичную продукцию и зоопланктон.

Наибольшая масса сеголетков карпа была 52,5 г в пруду №6, чему, очевидно, способствовала большая естественная рыбопродуктивность пруда. Но при величине коэффициента массонакопления 0,07-0,09 экологические условия были реализованы по степени влияния на рост от 31% до 38%. А это значит, что по величине экологического коэффициента роста сеголетков карпа можно отнести к рыбам с низкой скоростью роста.

Наибольшая масса сеголетков растительноядных рыб была 30 г в пруду №6, чему, очевидно также способствовала большая естественная рыбопродуктивность пруда. Но при величине коэффициента массонакопления 0,05-0,07 экологические условия были реализованы по степени влияния на рост от 27% до 33%.

А это значит, что по величине экологического коэффициента роста сеголетков растительноядных рыб тоже можно отнести к рыбам с низкой скоростью роста.

Оценка эффективности кормления сеголетков карпа искусственными кормами показала, достаточно высокую эффективность величины коэффициента оплаты корма была от 2,62 до 3,12.

Таким образом, результаты исследования позволили оценить перспективы в повышении весовых кондиций сеголетков карпа и растительноядных рыб. Очевидно она может быть реализована при повышении естественной рыбопродуктивности за счет минеральных удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Привезенцев Ю.А., Власов В.А. Рыбоводство. – М.: Мир, 2007. – 456 с.
2. Козлов В.И., Никифров-Никишин А.Л., Бородин А.Л. Аквакультура. – М.: Колос, 2006. – 445 с.

3. Купинский С.Б. Продукционные возможности объектов аквакультуры. – Астрахань: ДФ АГТУ, 2007. – 133 с.
4. Рыбы: Популярный энциклопедический справочник/Белорус. сов. энциклопедия. Ин-т зоологии АН БССР; по ред. П.И.Жукова. – Минск: Бел. СЭ, 1989. – 311 с.
5. Мовчан В.А. Жизнь рыб и их разведение. – М.: Колос, 1966. – 350 с.
6. Козлов В.И., Абрамович Л.С. Справочник рыбоводства. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 238 с.

BIOTECNICAL FEATURES OF CULTIVATION OF FINGERLINGS CARP AND HERBIVOROUS FISHES IN THE POND TEACHING AND EXPERIMENTAL FARM KSTU

¹Khrustalev E.I., Ph.D. by Biology, Professor of Department of Aquaculture, Biology and Diseases of Hydrobionts

²Cheban K.A., Ph.D. by Biology, Deputy Head of the Department of Aquaculture, Biology and Diseases of Hydrobionts

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹evgenij.hrustalev@klgtu.ru; ²kseniya.elfimova@klgtu.ru

The purpose of these studies was to study the biotechnical features of rearing herbivorous fish underyearlings when reared together with carp in the ponds of the educational and experimental farm of KSTU. In this work, along with the assessment of biotechnical parameters when growing carp with herbivorous fish, the growth rate, the assessment of the efficiency of feeding and the value of the feeding coefficient were calculated. The results of the study made it possible to assess the prospects for increasing the weight condition of underyearlings of carp and herbivorous fish.

УДК 664.371

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ НА НЕКОТОРЫЕ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОДИ СИГА (COREGONUS LAVARETUS)

^{1,2}Шахова Евгения Владимировна, канд. биол. наук, вед. инженер кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов

²Пьянов Дмитрий Сергеевич, канд. биол. наук, зав. сектором аквакультуры и пресноводных водоемов

³Дельмухаметов Артем Борисович, канд. биол. наук, зав. кафедрой животноводства

¹ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: evgeniya.shakhova@klgtu.ru

²Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО»), Калининград, Россия, e-mail: ryanov@atlantniro.ru

³Калининградский филиал ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Полесск, Россия, e-mail: zoo_kf@spbgau.ru

Определены ранее не изученные различия в гематологических показателях молоди проходного европейского сига (Coregonus lavaretus), выращиваемой в условиях проточной воды (экспериментальная группа) и установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) (контрольная группа), с разным температурным режимом. Определены показатели концентрации гемоглобина (44,5-60,2 г·л⁻¹), эритроцитов

(0,7-1,1 Г·л⁻¹) и лейкоцитов (13,8-50,3 Г·л⁻¹), а также обнаружены достоверные различия по лейкоцитарной формуле между двумя группами. Полученные данные свидетельствуют о том, что изменчивый температурный режим оказывает влияние на гематологические показатели молоди сига и его физиологическое состояние.

Введение

Европейский проходной сиг (*Coregonus lavaretus*) – одна из самых ценных рыб Куршского залива Балтийского моря. Его искусственным воспроизводством в Калининградской области в настоящее время занимаются сотрудники Экспериментального рыбоводного цеха Калининградского филиала ФГБУ «Главное бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов». В цехе имеются современные установки замкнутого водообеспечения для подращивания молоди сига до навески 1-10 г, где рыба находится при постоянных температурных условиях. Однако интерес составляет реакция физиологического состояния молоди сига на условия проточного водоснабжения, где температурный режим зависит от объема ежесуточной подпитки воды. Основной целью исследования было определение различий в гематологических показателях молоди проходного европейского сига, выращиваемой в условиях проточной воды и установки замкнутого водоснабжения (УЗВ), с различной температурой.

Исследования были сосредоточены на разновозрастной молоди сига массой до 5 г, выращенной на искусственных комбикормах в установке замкнутого водоснабжения на базе Экспериментального рыбоводного цеха Калининградского филиала ФГБУ «Главрыбвод» и полупроточной установке экспериментального рыбоводного цеха «АтлантНИРО» (пос. Лесной, Калининградская область). Молодь сига из цеха ФГБУ «Главрыбвод» рассматривалась в качестве «контрольной группы», а молодь из новой личиночно-мальковой экспериментальной установки «АтлантНИРО» в качестве «экспериментальной группы».

Материал и методы исследования

Вся используемая в исследовании молодь была получена из икры от диких производителей сига Куршского залива, заложенной на инкубацию в декабре 2020 г. Основное различие в условиях выращивания заключалось в разных температурных режимах и гидрохимических показателях (содержание нитритов, нитратов) на двух установках. В бассейнах личиночного отделения экспериментального рыбоводного цеха ФГБУ «Главрыбвод» поддерживались постоянные оптимальные гидрохимические условия и температурный режим за счет элементов УЗВ, в частности биофильтров и системы подогрева технологической воды, в то время как в установке «АтлантНИРО» отмеченные показатели зависели от температуры проточной воды и объема ежесуточной подпитки.

При выдерживании предличинок и последующих подращивании и выращивании личинок в обоих случаях использовалась следующая схема кормления: науплии артемии с 5 по 30 сутки после вылупления, искусственный стартовый корм промышленного производства с диаметром крупки 0,2 мм с 20 по 40 сутки после вылупления; с диаметром крупки 0,4 мм с 40 по 70 сутки после вылупления. Крупки данного диаметра использовались при выращивании личинок до 500 мг и обладали следующими питательными свойствами: содержание протеина 64%, липидов 8%, углеводов 8,9%, энергетическая ценность 19,4 МДж/кг, усваиваемая энергия 8,0 МДж/кг. В последующем, начиная с 70 после вылупления, при выращивании ранней молоди использовались корма с диаметром крупки 0,5-1,0 мм (1 гр), которые содержали 60% протеина, 15% липидов, 5,7% углеводов, общая и перевариваемая энергия составляла 21,2 МДж/кг и 19,7 МДж/кг соответственно.

В период выращивания молоди сига изучали гематологические показатели, так как они позволяют определить физиологический статус выращенной молоди и оценить состояние организма [1].

Гематологические показатели определялись для молоди сига в возрасте 95 и 147 суток. Кровь для анализа у молоди брали прижизненно из хвостового гемального канала пастеровскими пипетками. Пробы брали объемом 15 экз. из каждого бассейна. Определяли следующие показатели крови: концентрацию гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов, а также лейкоцитарную формулу.

Гематологические исследования проводили по единым отработанным методикам. Концентрацию гемоглобина определяли гемиглобинцианидным методом на гемоглобинометре МИНИ-Гем 540 (ЗАО НПП «Техномедика», Москва), концентрацию эритроцитов - пробирочным методом, концентрацию общего белка в сыворотке крови – рефрактометрически, по коэффициенту преломления сыворотки, который измеряли на рефрактометре ИРФ-454 Б2М (ОАО «КОМЗ», Казань). Косвенным методом на 500 эритроцитов подсчитывали концентрацию лейкоцитов и относительное количество незрелых эритроцитов (оксифильных нормобластов) [2, 3, 4]. Подсчет лейкоцитарной формулы производили на сухих мазках с использованием микроскопа «Микмед» и иммерсионного объектива (АО «ЛОМО», Санкт-Петербург). На каждом мазке идентифицировали 200 лейкоцитов с учетом стадий их цитогенеза по классификации Н.Т. Ивановой [1983] [1].

Статистическую обработку данных выполняли по общепринятыми методикам, а также с помощью программного пакета «Microsoft Excel 10.0». Определяли следующие параметры признаков: среднеарифметические значения (M); ошибка (m); среднеквадратичное отклонение (σ). Для подтверждения достоверности различий использовали критерий Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$; $0,01$ и $0,001$ [5].

Результаты и обсуждение

Температура воды в установке «АтлантНИРО» на этапе выращивания личинок до 1 г колебалась от $8,8$ до $19,0^{\circ}\text{C}$. Среднее её значение составило $13,9 \pm 2,7^{\circ}\text{C}$. В установке «Главрыбвода» за счет системы подогрева и охлаждения технологической воды температура колебалась поддерживаясь на уровне оптимальных для проходного сига значениях и находилась в диапазоне от $11,5$ до $13,7^{\circ}\text{C}$, в среднем составляя $12,7 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. При последующем выращивании молоди температура воды в проточной установке повышалась до $24,8^{\circ}\text{C}$, в среднем составляя $22,0 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$. В контрольной установке значения температуры колебались незначительно, составляя $18,0 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$.

Содержание нитритов в контрольной установке не превышало предельно допустимых для сига значений и в среднем составляло $0,02 \pm 0,01$ мг N/л, что подтверждает высокую эффективность работы биофильтра (объемом $5,5 \text{ м}^3$) в системе УЗВ. В экспериментальной установке «АтлантНИРО», из-за позднего «запуска» и двух биофильтров небольшого объема ($1,0 \text{ м}^3$ каждый) значения данного показателя зависели от объема ежесуточной подпитки. Отдельные значения нитритов превышали $0,1$ мг N/л, в среднем составляя $0,07 \pm 0,04$ мг N/л.

Содержание в воде кислорода в обеих системах находилось в пределах нормы. В экспериментальной установке «АтлантНИРО» данное значение составило $7,2 \pm 1,1$ мг/л при насыщении чуть более 90%, в контрольной установке «Главрыбвода» - $7,5 \pm 0,8$ мг/л. Значения водородного показателя рН в период исследований составляло $8,0$ - $9,0$.

Первые пробы по гематологическим показателям были отобраны в конце июня. Средний возраст молоди сига составлял 95 суток, средняя масса особей в контрольной группе составила $1,00 \pm 0,40$ г, в экспериментальной – $0,96 \pm 0,19$ г. Последующие пробы были отобраны в середине августа, когда возраст молоди составлял 147 суток при средней массе $2,48 \pm 0,35$ г и $2,92 \pm 0,46$ г в контрольной и экспериментальной группах соответственно. Визуальный осмотр молоди сига, показал, что все исследованные рыбы были активные, после отлова некоторое время оставались жизнеспособными. Их кожные покровы были цельными. Мускулатура у исследованных рыб была упругая, жабры полнокровные ало-красного цвета, жаберные лепестки лежали параллельно, роговица глаз была прозрачной.

У исследованной молоди сига из контрольной и экспериментальной групп, выращенной в установках с разным температурным режимом, концентрация гемоглобина была невысокой, что вероятно связано с возрастом исследованных рыб. При этом у молоди сига из контрольной группы концентрация гемоглобина в возрасте 95 суток и одинаковой массе тела была достоверно ниже ($p < 0,05$), чем у одновозрастной молоди сига из экспериментальной группы (таблица 1). Полученные значения свидетельствуют о несколько лучшем физиологическом состоянии рыб экспериментальной группы, так как высокое содержание гемоглобина способно обеспечить более высокую интенсивность обмена веществ и более широкие возможности для выживания в неблагоприятных условиях [6].

Некоторые показатели крови молоди сига, выращенной при разной температуре

Показатель	Контрольная группа рыб		Экспериментальная группа рыб	
	95	147	95	147
<i>Концентрационные показатели</i>				
Концентрация эритроцитов, Г·л ⁻¹	-	0,66±0,04 ²	0,92±0,02	1,07±0,16 ²
Концентрация лейкоцитов, Г·л ⁻¹	50,33±4,62 ^{3,3}	28,44±3,78 ³	13,83±1,95 ^{3,1}	27,50±7,21 ¹
Концентрация гемоглобина, Г·л ⁻¹	48,89±2,87 ¹	44,50±1,86 ³	58,57±4,45 ¹	60,17±2,88 ³
<i>Лейкоцитарная формула, %</i>				
Миелоциты нейтрофильные	2,07±0,40	1,75±0,48 ²	1,40±0,28 ³	4,17±0,87 ^{2,3}
Метамиелоциты нейтрофильные	4,40±0,60	4,88±1,06 ³	3,47±0,59 ³	15,33±2,93 ^{3,3}
Палочкоядерные нейтрофилы	1,67±0,40	1,38±0,35 ¹	2,13±0,57	4,83±1,80 ¹
Сегментоядерные нейтрофилы	0,47±0,17 ^{1,1}	1,38±0,40 ¹	1,40±0,46 ¹	3,50±1,44
Общее число нейтрофилов	8,60±1,11	9,38±1,95 ³	8,40±1,25 ³	27,83±5,62 ^{3,3}
Псевдоэозинофилы	0,53±0,20	0,88±0,24 ²	0,73±0,26 ²	2,17±0,44 ^{2,2}
Псевдобазофилы	2,07±0,38	2,50±0,49	1,53±0,43 ²	4,50±1,16 ²
Моноциты	-	0,25±0,17 ¹	0,87±0,17	1,83±0,72 ¹
Большие лимфоциты	1,00±0,23 ²	0,50±0,29 ³	3,53±0,94 ^{2,1}	1,83±0,18 ^{3,1}
Малые лимфоциты	87,80±1,43	86,50±2,42 ³	84,93±1,94 ³	61,83±6,68 ^{3,3}
Общее число лимфоцитов	88,80±1,36	87,00±2,56 ³	88,47±1,46 ³	63,67±6,78 ^{3,3}
<i>Стадии развития клеток красной крови, %</i>				
Оксифильные нормобласты	3,49±0,57 ¹	4,75±1,17 ²	2,24±0,42 ^{1,1}	0,97±0,45 ^{2,1}

^{1,2,3} - различия между одновозрастной молодью из контрольной и экспериментальной группы достоверны соответственно при $p < 0,05; 0,01; 0,001$;

^{1,2,3} - различия между рыбами разных возрастов внутри контрольной и экспериментальной группы достоверны соответственно при $p < 0,05; 0,01; 0,001$.

Лучшее физиологическое состояние рыб из экспериментальной группы подтверждается и показателем концентрации эритроцитов, который в возрасте 147 суток был достоверно больше ($p < 0,01$), чем у рыб из контрольной группы, несмотря на то, что более активный эритропоэз, происходящий в организме растущей молоди сига, был зафиксирован у контрольной группы рыб. В результате чего в периферической крови молоди контрольной группы отмечалась высокая концентрация незрелых эритроцитов за счет выброса оксифильных нормобластов бедных гемоглобином [7]. Процентное количество оксифильных нормобластов в крови молоди из контрольной группы было достоверно выше в 4,5 раза, чем у молоди из экспериментальной группы (таблица 1). Интенсивность эритропоэза часто является показателем активизации защитных сил организма. Кроме естественных физиологических причин, в нашем случае – это активный рост молоди сига, причиной для усиления процессов кроветворения может быть интенсификация метаболизма, направленная на удаление из организма токсичных соединений. Известно, что интенсификация эритропоэза служит общей защитной реакцией организма на действие какого-либо токсического фактора и имеет адаптивное значение, так как молодые формы эритроцитов более устойчивы к действию повреждающих агентов [6].

Показатель концентрации лейкоцитов также свидетельствовал об изменениях, происходящих в крови молоди сига из контрольной группы. В крови этих рыб концентрация лейкоцитов в возрасте 95 суток была выше в 3,5 раза ($p < 0,001$), чем у молоди из экспериментальной группы, что свидетельствует об активации у этих рыб иммунной системы. В возрасте 147 суток нами отмечено достоверное снижение ($p < 0,001$) этого показателя у молоди сига из контрольной группы до уровня значений зафиксированных у рыб из экспериментальной группы. Вероятно, фактор, повлиявший на молодь из контрольной группы, был токсической природы и действовал не продолжительное время, и после прекращения этого воздействия у молоди сига показатели крови стали быстро восстанавливаться до значений характерных для сига из естественных водоёмов. Об этом свидетельствуют и результаты, полученные при изучении лейкоцитарной формулы исследованных групп рыб.

В лейкоцитарной формуле нами были обнаружены достоверные различия между контрольной и экспериментальной группами рыб по количеству больших и малых лимфоцитов, общему числу лимфоцитов, моноцитов, псевдоэозинофилов, а также всем стадиям клеток нейтрофильного ряда.

Количество малых лимфоцитов в обеих группах в возрасте 95 суток не превышало 94 %, их средние значения были схожи. Количество больших лимфоцитов в крови сига из экспериментальной группы было достоверно больше ($p < 0,01$), чем в крови молоди сига из контрольной группы, что говорит о более активном лимфопоэзе в крови этой группы рыб.

К возрасту 147 суток общее число лимфоцитов в крови молоди сига из контрольной группы осталось на прежнем уровне, а в крови рыбы из экспериментальной группы произошло достоверное снижение ($p < 0,001$) этого показателя за счёт достоверного снижения количества малых ($p < 0,001$) и больших ($p < 0,05$) лимфоцитов. В связи с этим, у молоди сига из контрольной группы количество малых лимфоцитов и общее число лимфоцитов оказались достоверно выше при $p < 0,001$, чем у рыб из экспериментальной группы, но количество больших лимфоцитов было достоверно ниже ($p < 0,001$). Эти изменения связаны с выбросом в периферическую кровь молоди сига из экспериментальной группы молодых форм нейтрофильного ряда – миелоцитов и метамиелоцитов нейтрофильных, так как нейтрофилы занимали второе место по численности в периферической крови молоди сига.

В обеих исследованных группах рыб в возрасте 95 и 147 суток среди нейтрофилов преобладали незрелые формы – миелоциты и метамиелоциты нейтрофильные, что не характерно для сиговых рыб [8, 9]. Однако в крови молоди сига из экспериментальной группы зрелых форм – сегментоядерных нейтрофилов в возрасте 95 суток было достоверно ($p < 0,05$) больше, чем в крови молоди сига из контрольной группы. В возрасте 147 суток внутри контрольной группы было зафиксировано достоверное увеличение ($p < 0,05$) сегментоядерных нейтрофилов. Внутри экспериментальной группы достоверных различий по количеству зрелых форм обнаружено не было, но было зафиксировано достоверное увеличение молодых форм нейтрофильного ряда – миелоцитов нейтрофильных в 3 раза ($p < 0,001$) и метамиелоцитов нейтрофильных в 4,5 раза ($p < 0,001$). Изменение всех этих показателей крови к концу исследования, вероятно, связано с изменениями, происходящими в печени молоди исследованного сига из экспериментальной группы, обнаруженными при вскрытии и осмотре внутренних органов. Известно, что нейтрофилы высокочувствительны к разнообразным изменениям внутренней среды, которые сопутствуют нарушениям гомеостаза во многих системах организма, в том числе и пищеварительной системе. Такого рода процессы сопровождаются усилением выхода этих гранулоцитов в кровь [10].

Кроме того, воспалительный процесс в печени, стал причиной циркуляции в периферической крови молоди сига из экспериментальной группы моноцитов, которые встречались только в крови молоди этой группы, так как являются активными фагоцитами крови, поглощающими продукты распада клеток и тканей. У контрольной группы рыб эта форма клеток отсутствовала в возрасте 95 суток и встретилась лишь у двух особей в возрасте 147 суток.

Заключение

Гематологические исследования некоторых показателей молоди сига, выращенной при различных температурных режимах, и обнаруженные достоверные различия между контрольной и экспериментальной группой рыб по концентрационным показателям крови свидетельствуют, о несколько лучше физиологическом состоянии молоди сига из экспериментальной группы. Однако изменения, зафиксированные в лейкоцитарной формуле рыб этой группы, указывают на развивающийся воспалительный процесс в их организме, вероятно связанный с изменениями, происходящими в печени. Из чего можно сделать вывод, что колебание температурного показателя оказывает опосредованное воздействие на пищеварительную систему молоди сига.

На показатели крови молоди сига из контрольной группы оказывал влияние токсический фактор неизвестной природы, который действовал непродолжительное время и ухудшал физиологическое состояние исследованной молоди в период активного роста. Компенсаторной реакцией организма было снижение концентрации гемоглобина и эритроцитов, на фоне увеличения концентрации лейкоцитов, процентного количества оксифильных нормобластов и юных форм нейтрофилов. Температурный показатель не оказывал негативного воздействия на организм рыб контрольной группы, так как находился в диапазоне оптимальных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1983. – 184 с.
2. Серпунин Г.Г. Гематологические показатели адаптации рыб: дисс. ... д-ра биол. наук. – Калининград, 2002. – 482 с.
3. Глаголева Т.П., Бодрова Т.И. Диагностическое значение гематологического анализа у лососевых видов рыб // Корма и методы кормления объектов марикультуры. Сб. науч. тр. Всес. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 1988. – С. 121 – 127.
4. Житенева Л.Д., Полтавцева Т.Г., Рудницкая О.А. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб. – Ростов н/Д: Кн. изд-во, 1989. – 112 с.
5. Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. – М., 1968. – 289 с.
6. Королева И.М. Гематологические показатели сига обыкновенного *Coregonus lavaretus* в водоёмах Кольского севера // Труды ВНИРО. – 2016. – Т. 162. – С. 36 – 45.
7. Серпунин Г.Г. Гематологические показатели адаптаций рыб: монография. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2010. – 460 с.
8. Моисеенко Т.И. Теоретические основы нормирования антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики. – Апатиты: Кольск. НЦ РАН, 1997. – 261 с.
9. Сементина Е.В. Ихтиогематологические показатели как критерий условий выращивания и обитания рыб: дисс. ... канд. биол. наук. – Калининград, 2011. – 241 с.
10. Житенева Л.Д., Полтавцева Т.Г., Рудницкая О.А. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб. – Ростов н/Д: Кн. изд-во, 1989. – 112 с.

INFLUENCE OF DIFFERENT TEMPERATURE REGIMES ON SOME HEMATOLOGICAL PARAMETERS IN EUROPEAN WHITEFISH (*COREGONUS LAVARETUS*) JUVENILES

^{1,2}Shakhova Eugenia Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Lead engineer of Department of Aquaculture, Biology and Diseases of Aquatic Organisms

²Pyanov Dmitry Sergeevich, Candidate of Biological Sciences, Head of Department of Aquaculture and Freshwater fisheries

³Delmukhametov Artem Borisovich, Candidate of Biological Sciences, Head of Department of Animal Husbandry

¹ FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia, e-mail: evgeniya.shakhova@klgtu.ru

²Atlantic branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (AtlantNIRO), Kaliningrad, Russia, e-mail: pyanov@atlantniro.ru

³Kaliningrad branch of Saint-Petersburg State Agrarian University, Polessk, Russia, e-mail: zoo_kf@spbgau.ru

*A hematological study was made on European whitefish (*Coregonus lavaretus*) juveniles grown under different temperature regimes in a recirculating aquaculture system (RAS) (control group) and in a semi-flow through system (experimental group). Levels of hemoglobin concentration (44.5-60.2 g·l⁻¹), red blood cell count (0.7-1.1 T·l⁻¹) and white blood cell count (13.8-50.3 G·l⁻¹) were determined; mean values of differential leukocyte count differed statistically between the two groups. The obtained data showed that different water temperatures affect the hematological parameters and physiological conditions of whitefish juveniles.*

УСТОЙЧИВОЕ РЫБОЛОВСТВО И АКВАКУЛЬТУРА В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ГОЛУБОЙ БИОЭКОНОМИКИ

¹Яркина Наталья Николаевна, д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры экономики, ученая степень

²Логунова Наталья Анатольевна, д-р экон. наук, доцент, проректор по научной работе, профессор кафедры экономики

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», Керчь, Россия, e-mail: ¹nata-yarkina@yandex.ru; ²natalya_logunova@mail.ru

Голубая биоэкономика рассматривается как фактор устойчивого развития общества посредством устойчивого развития рыболовства и аквакультуры. На основе данных мировой статистики и аналитики показана роль сектора рыболовства и аквакультуры в реализации целей устойчивого развития. Акцентирована ЦУР 14 (сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития) и инициатива «Голубой рост». Выделены базовые характеристики инициативы «Голубой рост» актуальные в контексте голубой биоэкономики.

Введение

Мир, в котором мы живем (поля и леса, моря и океаны, атмосфера и биосфера), «вдруг» из надежного, незыблемого оплота нашего бытия «превратился» в хрупкое творение, защищать ко-торое наступила наша очередь, защищая таким образом возможность питаться, поддерживать фи-зическое здоровье и духовное развитие, то есть просто жить.

Человечество вступило в пору активной эксплуатации природных ресурсов, сопряженной с подрывом воспроизводственной способности одних из них и деградацией или полным исчезновением других, и только в его силах оставить этот деструктивный процесс, создавая гарантии те-кущей жизнедеятельности и обеспечивая грядущим поколениям также право на жизнь.

Одним из средств обеспечения устойчивого развития современного общества, признаваемого и как его цель, и как средство обеспечения жизнеспособности и процветания его последующих генераций, выступает биоэкономика.

Предпосылкой актуализации развития концепции биоэкономики («зеленой» и «голубой») стала необходимость решения и (или) сглаживания проблем дисбаланса экономических, социальных и экологических целей общества, неизбежность согласованного обеспечения экономического роста, социального прогресса и экологической устойчивости, без поддержания которой не воз-можны ни экономический рост, ни социальный прогресс.

Целью проводимого исследования является продолжение научно-практических изысканий по проблеме устойчивого развития в контексте голубой биоэкономики [1,2], развитие ее теоретико-при-кладных положений и научного инструментария.

Сектор рыболовства и аквакультуры как субъект реализации целей устойчивого развития

Устойчивое развитие – цель глобального масштаба, соответственно, его обеспечение – задача, решение которой подвластно слиянию совместных последовательных усилий стран, международных организаций и их учреждений, направленных на создание условий и разработку конкретных мер эволюции общества и поддержания гармонии между миром людей и природы. Только согласованные, рациональные и результативные действия мирового сообщества позволят решить проблемы ликвидации нищеты (ЦУР 1), ликвидации голода и обеспечения продовольственной безопасности (ЦУР 2), хорошего здоровья и благополучия (ЦУР 3), качественного образования (ЦУР 4), гендерного равен-

ства (ЦУР 5), чистой воды и санитарии (ЦУР 6), недорогостоящей и чистой энергии (ЦУР 7), достойной работы и экономического роста (ЦУР 8), индустриализации, инноваций и инфраструктуры (ЦУР 9), уменьшения неравенства (ЦУР 10), устойчивых городов и населенных пунктов (ЦУР 11), ответственного потребления и производства (ЦУР 12), борьбы с изменением климата (ЦУР 13), сохранения морских экосистем (ЦУР 14), сохранения экосистем суши (ЦУР 15), мира, правосудия и эффективных институтов (ЦУР 16), партнерства в интересах устойчивого развития (ЦУР 17). Представленная система семнадцати широкомасштабных целей устойчивого развития (ЦУР) [3], изначально сформулированных в Декларации тысячелетия, легла в основу Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года – программного документа, принятого ООН в 2015 году [4]. Для их реализации установлены 169 целевых задач преобразований технического, институционального и политического характера, комплексное решение которых рассматривается как залог достижения устойчивого развития современного общества.

Рыбохозяйственная деятельность в секторальных рамках рыболовства и аквакультуры интегрирована в общий процесс реализации обусловленных целей. В предисловии к докладу «Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020», посвященного теме «Меры по повышению устойчивости», генеральный директор ФАО Цюй Дунъюй подчеркнул, что «Сектор рыболовства и аквакультуры вносит весомый вклад в достижение всех ЦУР» [5].

Непосредственное участие хозяйствующих субъектов рыболовства и аквакультуры в обеспечении жизнедеятельности людей и анализ их потенциала в системе устойчивого развития позволил систематизировать и ранжировать группы ЦУР по степени влияния на их реализацию мирового рыбохозяйственного сектора.

В группу наиболее значимого реального и потенциального вклада рыбного хозяйства в их реализацию, вошли такие цели устойчивого развития, как:

- ЦУР 2: ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания, и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства;
- ЦУР 3: обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте;
- ЦУР 8: содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех;
- ЦУР 12: обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства;
- ЦУР 14: сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития.

Общепризнано, что «рыба и рыбопродукты не только входят в число самых здоровых продуктов питания на планете, но и оказывают наименее значительное воздействие на окружающую среду. Поэтому они должны занимать более заметное место в национальных, региональных и глобальных стратегиях в области продовольственной безопасности и питания и призваны играть важную роль в преобразовании продовольственных систем, которое поможет ликвидировать голод и неполноценное питание» [5].

Проблема голода и недоедания имеет комплексный, глубинный характер и требует приоритетного неотложного решения. В настоящее время недоедает каждый девятый житель планеты. По данным официальной статистики ООН в 2018 году с проблемой недоедания сталкивался 821 млн человек. Следует отметить, что на протяжении многих лет число голодающих снижалось, но с 2014 года эта цифра растет.

Сектор рыболовства и аквакультуры осуществляет, и может и в дальнейшем вносить уникальный вклад в улучшение положения по всем четырем аспектам продовольственной безопасности: наличию, доступу, использованию и стабильности. По данным таблицы 1 очевидно соотношение динамики мирового вылова рыбы и морепродуктов в эквиваленте живого веса и численности жителей нашей планеты на протяжении 1900–2018 годов в пользу результатов рыбохозяйственной деятельности. На протяжении более чем векового периода наблюдался, в основном, опережающий рост объемов производства продукции мирового рыбного хозяйства в эквиваленте живого веса по сравнению с ростом численности населения планеты.

Динамика мирового вылова и численности населения Земли за 1900-2018 гг.

Показатель	1900 г.	1950 г.	1960 г.	1970 г.	1980 г.	1990 г.	2000 г.	2010 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Мировой вылов, млн т	4,0	21,1	40,0	70,8	71,9	97,7	126,0	148,1	168,7	166,1	172,7	178,5
Численность населения Земли, млрд чел.	1,6	2,5	3,0	3,6	4,4	5,3	6,1	6,9	7,3	7,4	7,5	7,6
Среднегодовой темп прироста за предшествующий цепной период, %												
– мирового вылова	–	3,4	6,6	5,9	0,2	3,1	2,6	1,6	2,6	-1,5	4,0	3,4
– численности населения	–	0,9	1,8	2,2	2,0	1,9	1,4	1,2	1,1	1,4	1,3	1,3

Из общего объема мирового вылова 2018 года, составившего 178,5 млн т рыбы в эквиваленте живого веса (термин «рыба» означает рыбу, ракообразных и моллюсков), 156 млн т было использовано для потребления человеком, что эквивалентно 20,5 кг на душу населения в год. Для сравнения: в 1961 году потребление пищевой рыбы в эквиваленте живого веса составляло 9,0 кг. Начиная с 1961 года, потребление пищевой рыбы на душу населения росло примерно на 1,5% в год. Темпы роста производства рыбной продукции в эквиваленте живого веса существенно опережали темпы наращивания объемов производства всех других продуктов, содержащих животные белки (мяса, молочных продуктов, молока и т.д.). В 2017 году на долю рыбы приходилось около 17% животного белка и 7% всего потребляемого белка в рационе мирового населения [5].

Несмотря на устойчивые различия объемов потребления рыбы в разных регионах и государствах четко прослеживаются следующие положительные тенденции [5]:

- в развитых странах потребление рыбы на душу населения возросло с 17,4 кг в 1961 году до максимального уровня в 26,4 кг в 2007 году, а затем стало постепенно снижаться и в 2017 году составило 24,4 кг;

- в развивающихся странах потребление рыбы на душу населения в 1961 году составляло 5,2 кг, а в 2017 году – уже 19,4 кг, что соответствует среднегодовым темпам прироста на уровне 2,4%;

- в наименее развитых странах годовое потребление рыбы на душу населения увеличилось с 6,1 кг в 1961 году до 12,6 кг в 2017 году, т.е. в среднем росло на 1,3% в год. В последние 20 лет темпы прироста этого показателя увеличились до 2,9% в год, что связано с ростом производства и импорта рыбы;

- в странах с низким уровнем доходов и дефицитом продовольствия потребление рыбы стабильно росло примерно на 1,5% в год; в 1961 году оно составляло 4,0 кг, а в 2017 году – уже 9,3 кг.

Вклад мирового рыбохозяйственного сектора в решение продовольственных проблем неопровержим, а его потенциал демонстрируется динамикой объемов производства продукции в эквиваленте живого веса за 2000-2018 годы (таблица 2 по данным [5, 6]).

Несмотря на то, что в 2018 году в мире было произведено рекордное количество продукции промышленного рыболовства – 96,4 млн т, его возможности в устойчивом наращивании объемов производства рыбной продукции, не просто ограничены, а блокированы лимитирующим фактором естественной воспроизводственной способности сырьевой базы океанического рыболовства, существенно подорванной проблемами экосистемного характера, обусловленным интенсификацией промысла на фоне климатических изменений и негативного антропогенного воздействия.

Объемы вылова мирового рыболовства на протяжении исследованного периода колебались в пределах 89,1-96,4 млн т, не показывая явно выраженной тенденции развития ни к росту, ни к снижению, что позволяет сделать вывод о том, что мировой океанический вылов достиг своей критической отметки. В свою очередь, мировая аквакультура на протяжении 2000-2018 годов развивалась по арифметической прогрессии, а среднегодовой абсолютный прирост объема производства ее продукции в эквиваленте живого веса составлял 2,79 млн т. Согласно данным таблицы 2 объем изъятия продукции мирового рыболовства в 2000 году составлял 32,4 млн т или 25,7% от общего объема мирового вылова, а в 2018 году – 82,1 млн т или 46,0 %, соответственно, притом, что 52% рыбы, потребленной людьми в 2018 году, была культивирована.

**Объем и структура производства продукции мировым сектором рыболовства
и рыбоводства за 2000-2018 гг.**

Годы	Мировой вылов, всего		в том числе							
			рыболовство, итого		включая				аквакультура, итого	
	млн т	%			млн т	%	млн т	%		
2000	126,0	100,0	93,6	74,3	85,0	67,5	8,6	6,8	32,4	25,7
2001	129,8	100,0	93,4	72,0	84,8	65,3	8,6	6,7	36,4	28,0
2002	133,6	100,0	93,2	69,8	84,5	63,2	8,7	6,6	40,4	30,2
2003	133,2	100,0	90,5	67,9	81,5	61,2	9,0	6,7	42,7	32,1
2004	134,3	100,0	92,4	68,8	83,8	62,4	8,6	6,4	41,9	31,2
2005	136,4	100,0	92,1	67,5	82,7	60,6	9,4	6,9	44,3	32,5
2006	137,3	100,0	90,0	65,5	80,2	58,4	9,8	7,1	47,3	34,5
2007	140,7	100,0	90,8	64,5	80,7	57,3	10,1	7,2	49,9	35,5
2008	143,1	100,0	90,2	63,0	79,9	55,7	10,3	7,3	52,9	37,0
2009	145,9	100,0	90,2	61,8	79,7	54,6	10,5	7,2	55,7	38,2
2010	148,1	100,0	89,1	60,2	77,8	52,5	11,3	7,7	59,0	39,8
2011	154,0	100,0	92,2	59,9	81,5	52,9	10,7	7,0	61,8	40,1
2012	156,0	100,0	89,5	57,4	78,4	50,3	11,1	7,1	66,4	42,6
2013	160,7	100,0	90,6	56,4	79,4	49,4	11,2	7,0	70,1	43,6
2014	164,9	100,0	91,2	55,3	79,9	48,4	11,3	6,9	73,7	44,7
2015	168,7	100,0	92,6	54,9	81,2	48,1	11,4	6,8	76,1	45,1
2016	166,1	100,0	89,6	53,9	78,2	47,1	11,4	6,8	76,5	46,1
2017	172,7	100,0	93,1	53,9	81,2	47,0	11,9	6,9	79,6	46,1
2018	178,5	100,0	96,4	54,0	84,4	47,3	12,0	6,7	82,1	46,0

Результаты исследования однозначно свидетельствуют о том, что будущее в развитии мирового рыбохозяйственного сектора за аквакультурой, имеющей существенный потенциал в решении не только продовольственных проблем общества (и признанной в качестве важнейшего фактора глобальной продовольственной безопасности), но экономических, способствуя поступательному, устойчивому экономическому росту. В частности, при соотношении в 2018 году физических объемов мирового вылова рыболовства и аквакультуры (в тоннах) 1,17:1 (соответственно 54,0% и 46,0%), соотношение рыночной стоимости продукции рыболовства и аквакультуры (в ценах первоначальной продажи) составило 0,6:1 (соответственно 37,7% и 62,3%). В абсолютном количественном выражении по данным 2018 года наблюдается следующее: 178,5 млн т общий секторальный вылов рыбы, из них 82,15 млн т продукция аквакультуры; 401 млрд долл. США общий объем первоначальных продаж продукции мирового рыбного хозяйства, из них 250 млрд долл. США приходится на продукцию аквакультуры [5].

Устойчивое развитие аквакультуры требует формирования новых стратегий, которые помогут в полной мере реализовать потенциал сектора как одного из субъектов мирового развития и решать масштабные экологические проблемы, с которыми неизбежно столкнутся в процессе интенсификации производства. При разработке этих стратегий необходимо опираться на технические достижения в области производства кормов, селекционного разведения, биобезопасности и борьбы с болезнями, а также новаторские цифровые решения и новые подходы к предпринимательству в сфере инвестиций и торговли.

В мировом секторе рыболовства и аквакультуры в 2018 году было занято 0,8% жителей населения планеты, т.е. практически каждый 125. На протяжении исследованного периода наблюдалась в основном положительная динамика числа занятых в отрасли (таблица 3). Аквакультура и тут демонстрировала опережающий рост.

Большинство занятых в рыболовстве и рыбоводстве – это жители развивающихся стран, среди которых преобладают лица, занятые маломасштабным, кустарным рыболовством, и работники предприятий аквакультуры. Таким образом, сектор позволяет решать социальные и экономические вопросы там, где наиболее остро стоят проблемы нищеты, голода и недоедания, обеспечивая продуктивную занятость и являясь источником доходов и пропитания.

**Уровень, структура и динамика занятых в мировом секторе рыболовства
и аквакультуры за 2020-2018 гг.**

Сектор рыболовства и аквакультуры	Число занятых, тыс. чел.					Доля, %				
	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2018 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2018 г.
Рыболовство	34439	36655	39305	38771	38976	72,9	70,5	67,8	65,5	65,5
Аквакультура	12825	15364	18625	20390	20533	27,1	29,5	32,2	34,5	34,5
Всего	47264	52019	57930	59161	59509	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Среднегодовой темп роста занятых, %					Отклонение от предыдущего периода (+/-), %				
Рыболовство	–	101,3	101,4	99,7	100,2	–	-2,4	-2,7	-2,3	0,0
Аквакультура	–	103,7	103,9	101,8	100,2	–	+2,4	+2,7	+2,3	0,0
В целом по сектору	–	101,9	102,2	100,4	100,2	–	0,0	0,0	0,0	0,0

В условиях продовольственного дефицита и ограниченных возможностей сырьевой базы рыбного хозяйства остро стоит проблема рационального производства и потребления рыбопродукции. Потери и порча пищевой продукции – это серьезная общемировая проблема.

Уникальность рыбного сырья состоит в том, что его полностью можно использовать, перерабатывая в пищевых и технических целях. Современные технологии позволяют увеличить выход готовой пищевой продукции за счет использования побочных продуктов рыбопереработки, которые находят широкое применение. Как известно, головы, хребты, обрезки филе и кожу можно использовать непосредственно в пищу либо для приготовления рыбной колбасы, паштетов, пирогов, закусок, желатина, супов, соусов и других продуктов питания. Кроме того, побочные продукты идут на производство кормов и удобрений, биотоплива и биогаза, диетических продуктов (хитозана), фармацевтических препаратов (масел – источников омега-3), натуральных красителей, косметики и альтернатив пластику, а также используются в других промышленных целях.

Немалая значимость выделенной проблемы предопределяется и тем, что образование большого количества побочных продуктов переработки, которые могут составлять до 70% переработанной рыбы, ведет к серьезным экологическим и техническим проблемам, так как они имеют высокую микробную и ферментную нагрузку и быстро разлагаются, если их не обрабатывать или не хранить их должным образом.

Рациональное использование природных ресурсов является не только ключевым принципом реализации ЦУР 12, но представляет собой сквозную тему всех целей устойчивого развития.

Ни одна из глобальных целей устойчивого развития не будет реализована, если не будет обеспечено сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов (ЦУР 14).

Концепция «Голубой рост» и «Голубая биоэкономика»

Устойчивое рыболовство и аквакультура – залог реализации в значительной степени большинства целей устойчивого развития современного общества. Являясь участниками мировых рыбохозяйственных процессов в триаде Мировой океан, Субъекты рыбохозяйственной деятельности и Человечество, рыболовство и аквакультура являются субъектами взаимобратных связей с другими двумя ее составляющими.

Стремление отделить социально-экономическое развитие от деградации окружающей среды, обусловленной действиями основных пользователей океанов и внутренних водоемов, таких как рыболовство и аквакультура, орошение, туризм и морской транспорт, производство возобновляемой энергии, опреснение воды, добыча полезных ископаемых на морском дне, морская биотехнология легло в основу концепции «голубого роста», выдвинутой ФАО в 2013 году.

Суть концепции, определяемой как инициатива «Голубой рост», формулируется следующим образом: «устойчивые рост и развитие, являющиеся следствием экономической деятельности, в ходе которой используются живые возобновляемые ресурсы океанов, водно-болотных территорий и прибрежных зон, сводящие к минимуму степень деградации окружающей среды, потерю биоразнообразия и неустойчивое использование водных ресурсов, и доводящие до максимума экономические и социальные выгоды» [6].

Это определение абсолютно связывает понятия «устойчивое развитие» и «голубая биоэкономика», действующей в рамках реализации целей устойчивого развития, выделяя первое как следствие, а второе – в качестве причины.

Инициатива «Голубой рост» согласуется с необходимостью сохранения и рационального использования океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития (ЦУР 14) и содействует в решении ее основных задач [3]:

- сокращение загрязнения морской среды (14.1);
- защита водных экосистем (14.2);
- минимизация последствий закисления океана (14.3);
- обеспечение эффективного регулирования добычи и прекращение перелова, ННН-промысла и губительной рыбопромысловой практики (14.4);
- сокращение оказывающих отрицательное воздействие субсидий для рыбного промысла, содействующих созданию чрезмерных мощностей и перелову (14.6);
- повышение экономических выгод от рационального использования рыбных ресурсов (14.7);
- развитие научного потенциала по вопросам рыбного хозяйства (14.a);
- обеспечение доступа рыбакам, ведущим маломасштабный промысел, к ресурсам и рынкам (14.b);
- более строгое соблюдение норм международного права, касающихся устойчивого использования океанов (14.c).

Инициатива «Голубой рост» предусматривает инновационный, комплексный, межсекторальный подход к управлению водными ресурсами, нацеленный на получение максимальных объемов экологических благ и услуг, обеспечиваемых океанами и внутренними водоемами при одновременном обеспечении благ социального и экономического характера [6].

Проработка информационно-программных документов ФАО по проблеме устойчивого развития рыболовства и аквакультуры [6,7], позволила выделить ряд основополагающих характеристик инициативы «Голубой рост», актуальных в контексте голубой биоэкономики:

- объект, на который она направлена: ответственное управление водными ресурсами, нацеленное на всеохватный рост, который должен содействовать обеспечению устойчивого развития по всем трем составляющим (экономической, социальной, экологической);
- сферы основного внимания инициативы: рыболовство, аквакультура, переработка рыбы, а также экосистемные (экологические) услуги, торговля и социальная защита;
- методологический подход к реализации инициативы: интегрированный, основанный на идее интеграции рыбного хозяйства с другими пользователями и услугами водных экосистем и применении комплексного методического подхода;
- миссия инициативы: восстановить производственный потенциал океанов, морей, внутренних водных объектов;
- идея инициативы: создать благоприятные условия для трансформирования занятого в рыболовстве и аквакультуре населения из пользователя ресурсов в их рачительного хозяина;
- принцип, на котором базируется инициатива: признание абсолютной необходимости предоставляемых водными экосистемами экологических услуг (воздуха, которым дышим; пищи, которой питаемся; воды, которую пьем) с точки зрения человеческого благополучия.

Рассматривая голубую биоэкономику как фактор устойчивого развития современного общества через устойчивое развитие сектора рыболовства и аквакультуры, необходимо подчеркнуть ключевые принципы, без реализации которых рыбохозяйственный сектор не будет способен выполнять собственную миссию – это ответственность, рациональность и сбалансированность.

Заключение

Голубая биоэкономика как отрасль экономической деятельности призвана решать, в том числе посредством сектора рыболовства и аквакультуры, ключевые экономические и социальные проблемы современного общества не в ущерб экосистеме Мирового океана, обеспечивая таким образом устойчивое развитие, идея которого состоит в удовлетворении потребностей ныне живущих поколений, не лишая при этом будущие поколения возможности также удовлетворять свои потребности.

Рыбохозяйственный сектор является непосредственным участником реализации таких целей устойчивого развития как ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания; обеспечение здорового образа жизни; содействие поступательному, всеохватывающему и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех; обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства; сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития.

Растущие потребности, обусловленные, в первую очередь, ростом численности населения нашей планеты на фоне деградации источников природных биоресурсов, определяют смещение акцентов в развитии рыбохозяйственного сектора в пользу аквакультуры, имеющей мощный потенциал в борьбе с голодом и нищетой, в обеспечении продовольственной безопасности и продуктивной занятости, а также в реализации других целей устойчивого развития.

Существующие экологические проблемы, связанные с управлением рыболовством и аквакультурой, изменением климата и растущей антропогенно-техногенной нагрузкой, представляют собой важнейшую группу угроз устойчивому развитию рыбохозяйственного сектора, что определило инициативу «Голубой рост», ориентированную на получение максимальных объемов экологических благ и услуг, обеспечиваемых водной средой при одновременном обеспечении благ социального и экономического характера.

Чтобы в будущем сектор рыболовства и аквакультуры продолжал развиваться, необходимо грамотно регулировать рыболовство и использовать в аквакультуре методы, способствующие устойчивому использованию ресурсов и сохранению водного биоразнообразия, т.е. действовать на основе рациональных принципов голубой биоэкономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яркина, Н.Н. Устойчивое развитие и инициатива «Голубой рост» // Вестник КГМТУ. – 2019. – Выпуск № 3. // Электрон. дан. Режим доступа URL: [URL: https://www.ejkgmtu.ru/?p=22315](https://www.ejkgmtu.ru/?p=22315)
2. Yarkina, N., Logunova, N. The concept blue growth as a way for sustainable development of the fisheries. E3S Web of Conferences, 2021, 244, 03021. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124403021>
3. Цели в области устойчивого развития. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/>
4. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года. A/RES/70/1. ООН, 2015. – 44 с. // Электрон. дан. Режим доступа URL: https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/2030_Agenda_ru.pdf
5. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости. Рим, ФАО, 2020. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://doi.org/10.4060/ca9229ru>
6. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 – Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Rome, FAO, 2018. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://www.fao.org/3/i9540EN/i9540en.pdf>
7. Инициатива ФАО «Голубой рост» и аквакультура. ФАО, 2015. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://www.fao.org/cofi/43732-0d96f652208820299a272b5bd477b0406.pdf>

SUSTAINABLE FISHERIES AND AQUACULTURE IN THE CONTEXT OF THE DEVELOPMENT OF THE BLUE BIOECONOMY

¹Yarkina Natalia Nikolaevna, Doctor of economic sciences, Associate Professor, Professor of Department of Economy

²Logunova Natalia Anatoliivna, Doctor of Economics, Associate Professor, Vice-Rector or Research, Professor of the Department of Economics

¹Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russia, e-mail: ¹nata-yarkina@yandex.ru; ²natalya_logunova@mail.ru

The blue bioeconomy is considered as a factor of sustainable development of society as a means of sustainable development of fisheries and aquaculture. Based on the data of world statistics and analytics, the role of the fisheries and aquaculture sector in the implementation of the Sustainable Development Goals is shown. SDG 14 (conservation and rational use of oceans, seas and marine resources for sustainable development) and the Blue Growth initiative are emphasized. The basic characteristics of the Blue Growth initiative that are relevant in the context of blue bioeconomics are highlighted.

**СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВОДОЕМОВ,
ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»**

**SECTION «BIOLOGICAL RESOURCES OF THE WATER RESERVOIRS,
ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT»**

УДК 639.2/.3

**РОЛЬ СНЕТКА (*OSMERUS EPERLANUS EPERLANUS MORPHA SPIRINCHUS*)
В ФОРМИРОВАНИИ ВРЕМЕННОГО ИХТИОЦЕНОЗА
В ТРАНЗИТНОЙ СИСТЕМЕ КУРШСКИЙ ЗАЛИВ – РЕКА НЕМАН
В ПЕРИОД НЕРЕСТОВОЙ МИГРАЦИИ КОРЮШКИ
(*OSMERUS EPERLANUS EPERLANUS L.*)**

Бурбах Анна Сергеевна, ведущий инженер кафедры ихтиологии и экологии
Шибяев Сергей Вадимович, заведующий кафедрой ихтиологии и экологии,
д-р биол. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: anna.burbakh@klgtu.ru

Снеток являлся важным компонентом промысловой статистики до 1990-х гг., затем практически полностью исчез из нее. Изучена роль снетка в формировании ихтиоценоза и уловов в транзитной системе Куршский залив – река Неман в последние 10 лет. Установлено, что доля снетка в речных уловах существенно возросла и в отдельные годы достигает 40 %, хотя отмечаются значительные межгодовые флюктуации. Показана возможность и эффективность специализированного лова снетка в весенний период в транзитной системе Куршский залив – река Неман, где ведется интенсивный сезонный лов корюшковых (корюшка и снеток).

Введение

Транзитная система Куршский залив – река Неман, включающая в себя нижнюю часть реки Неман (рукав Скирвит, река Витине, река Атмата) и реку Матросовка, имеет важное значение для воспроизводства проходных и полупроходных видов рыб. В весенний период здесь формируется специфический временный ихтиоценоз, представленный в основном корюшкой и снетком, которые совершают нерестовые миграции и становятся объектами промышленного рыболовства. Видовая структура ихтиоценоза в районе промысла является важной характеристикой, определяющей экономическую эффективность рыболовства.

Промышленное рыболовство здесь организовано закидными речными неводами с ячей 11-12 мм, хотя согласно действующими Правилам рыболовства минимальный разрешенный размер ячеи орудий лова составляет 5 мм [4]. В связи с чем в настоящее время в транзитной зоне добывают в основном корюшку. Применение орудий лова с большим размером ячеи вполне объясняется тем фактом, что снеток с середины 1990-х гг. практически исчезает из промысловой статистики, хотя в Куршском заливе до начала 1990-х гг. он составлял основу уловов «корюшковых» (корюшка и снеток), тогда его доля в уловах доходила до 60%. В последние десятилетия вылов снетка редко превышает 10% (рис. 1). Согласно мониторинговым данным в настоящее время снеток стал все чаще появляться в промышленных уловах, но применение крепнейших орудий лова не позволяет установить реальную роль снетка в формировании вылова [2, 3, 5].

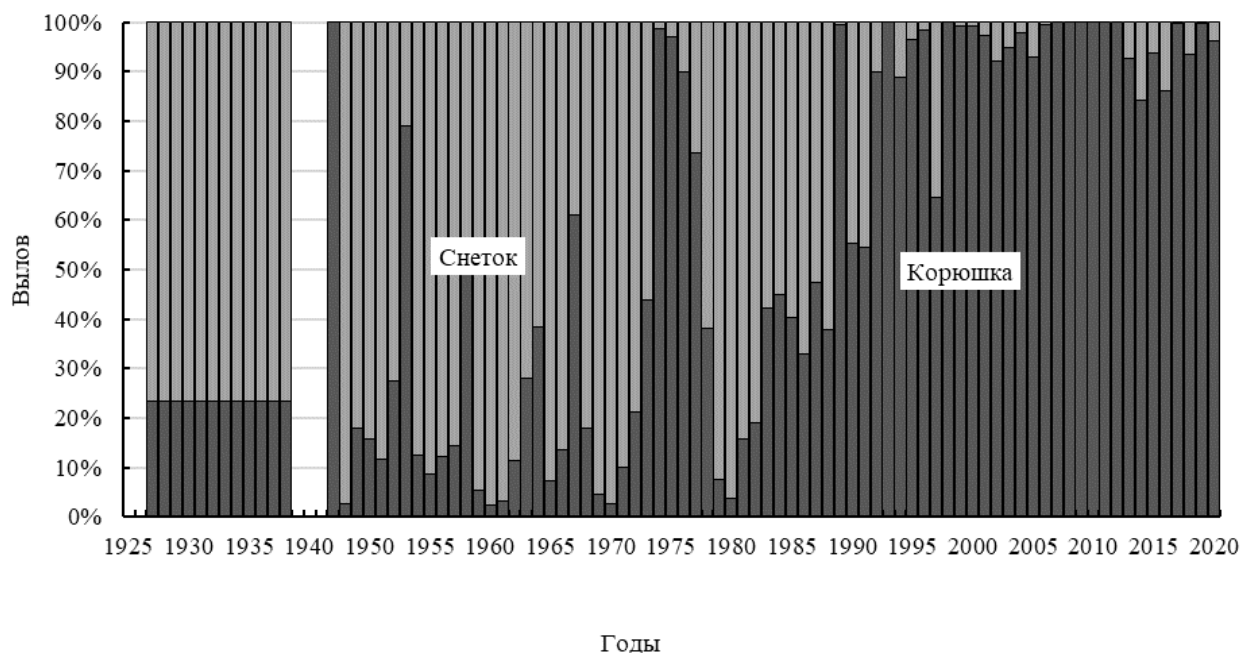


Рис. 1. Видовая структура промысловых уловов корюшковых (корюшка и сеток) по данным промысловой статистики

Цель данной работы – определение роли снетка в формировании ихтиоценоза и уловов в транзитной системе Куршский залив - река Неман.

Материал и методика

Материалом для работы послужили данные промысловых и контрольных уловов в транзитной системе Куршский залив - река Неман за период с 2012 по 2020 гг. Промысловый лов ведется закидными неводами длиной 36, 40, 60 и 90 м, высотой 6-9 м с шагом ячеи 11-12 мм. Контрольный лов осуществляется при помощи невода с шагом ячеи 4 мм. Все уловы подвергались стандартной обработке: определялся видовой состав по численности и массе, проводились массовые промеры [6, 7]. Объем собранного материала представлен в таблице 1.

Таблица 1

Объем собранного и обработанного материала

Вид работ	Объем материала
Контрольные обловы, шт.	720
Промысловые обловы, шт.	312
Массовые промеры, тыс. экз.	46,4
Полный биологический анализ, тыс. экз.	6,4

Результаты исследований и обсуждение

В составе временного ихтиоценоза транзитной системы Куршский залив – река Неман в весенний период в период проведения мониторинговых работ, как по численности, так и по биомассе отмечено абсолютное доминирование корюшки, доля прочих видов по численности не превышала 5%, по биомассе – 11%, остальные виды встречаются в уловах случайно (рис. 2). Такая структура ихтиоценоза сохраняется в течение достаточно короткого времени – до 1-1,5 месяцев, а затем трансформируется после окончания нерестового хода корюшки и снетка. Большая часть снетка, отмечаемого в уловах, в статистике указывается как корюшка [1].

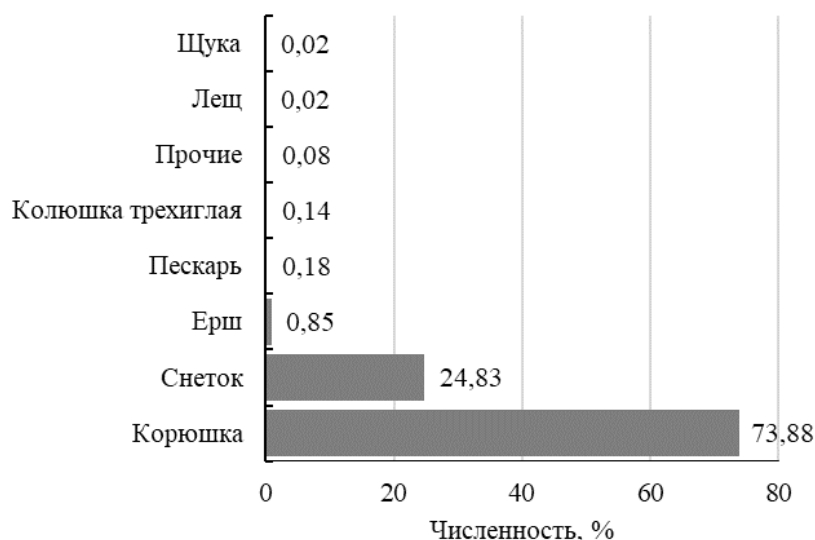


Рис.2. Видовая структура рыб в промысловых уловах в транзитной системе Куршский залив – река Неман, 2011-2020 гг.

Из категории прочих видов больший удельный вес имели: по численности – ерш (58,0%), по массе – лещ (77,0%). Прилов сопутствующих видов возможен только до или после окончания корюшковой путины, что требует четкого определения ее сроков, исходя из учета гидрометеорологических условий и фактической структуры промысловых уловов в данный момент времени. В частности, в период корюшковой путины в промысловых уловах до момента пока температура воды не повысится до 3,5-4,5°C доминирует корюшка, после этого в уловах появляется значительное количество снетка. Вслед за ним мигрируют ерш и трехиглая колюшка (группа «прочие» на рисунке 3, что и служит признаком окончания хода корюшки [1, 2].

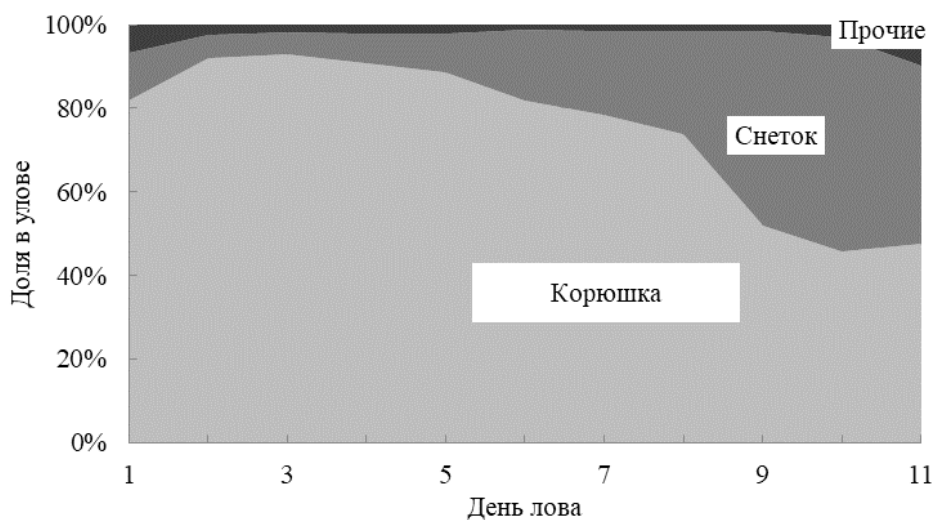


Рис. 3. Видовая структура уловов по дням лова

Мониторинг корюшковой путины в транзитной системе Куршский залив – река Неман, проводимый нами с 2012 года, показывает, что снеток снова становится важным компонентом уловов и в отдельные годы его значение достигает 40%. В настоящее время рыбаки чаще всего сдают снетка под видом мелкой корюшки или же выпускают его в водоем, путем оставления невода в воде после замата на кольях. Рыбаками практикуется такой способ: если после притонения невода, рыбаки визуально определяют большую величину прилова снетка, невод не вытаскивается на берег, и оставляется в воде на кольях. Учитывая, что ячея 11-12 мм не является препятствием для снетка, он свободно выходит из невода. В результате, через некоторое время в неводе остается только корюшка, которая и идет в улов [1, 2].

С целью оценки фактической видовой и размерной структуры ихтиоценоза рыб в период нерестового хода параллельно с промысловым ловом в реках, были проведены контрольные обловы мелкочейным неводом с шагом ячеи 4 мм. В структуре ихтиоценоза мигрирующих рыб в контрольных уловах мелкочейным неводом часто доминирует снеток, составляя до 90%. Это приводит к тому, что в промысловых орудиях большая часть улова в годы с высокой долей снетка проскакивает через ячею 11-12 мм и, таким образом, предопределяет низкую эффективность лова [1, 2] (рис. 4).

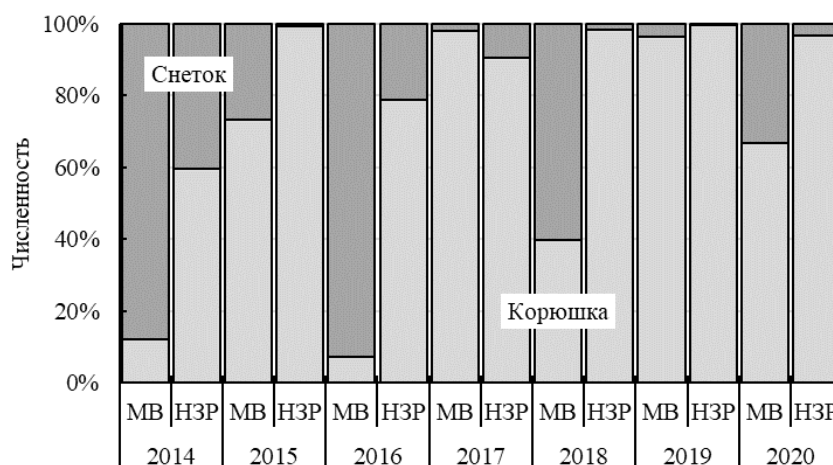


Рис. 4. Соотношение корюшки и снетка в неводных промысловых и исследовательских уловах (НЗР – невод речной закидной яч. 11-12 мм, МВ – мальковая волокуша яч. 4 мм)

Нами установлено, что доля снетка в промышленных орудиях лова в среднем составляет 10,7%, а средний улов корюшки равен 209 т. Нетрудно посчитать, что за счет пересортицы, когда снеток, регистрируется, как мелкая корюшка, его фактический улов может составлять 28,5 т. В тоже время по данным контрольных обловов мелкочейным неводом установлено, что доля неучтенного снетка составляет около 34,4%. Таким образом, использования неводов с ячеей 6 мм, обеспечивающей удержание как корюшки, так и снетка, возможный улов последнего мог бы составить в среднем около 205 т (табл. 2).

Таблица 2

Роль снетка в формировании уловов и расчет возможного вылова снетка в реках бассейна Куршского залива

Год	% снетка в уловах		Вылов корюшки в реках, т	Доля неучтенного снетка, %	Возможный вылов снетка, т	
	Контрольный лов (4 мм)	Промышленный лов (11-12 мм)			за счет уменьшения пересортицы, т	За счет изменения шага ячеи, т
2014	88,02	40,28	113,6	47,7	76,6	103,8
2015	26,78	0,71	553,6	26,1	4,0	195,2
2016	96,09	23,56	342,4	72,5	105,5	904,2
2017	1,08	0,40	50,9	0,7	0,2	0,3
2018	67,01	6,54	101,3	60,5	7,1	154,9
2019	3,66	0,39	139,9	3,27	0,55	4,73
2020	33,30	3,13	168,2	30,17	5,44	72,68
Среднее	45,13	10,72	209,97	34,42	28,48	205,11

В связи с тем, что промысел ведется только относительно половозрелых особей, возможно логичнее было бы использовать невода с размером ячеи 6 мм, что позволило бы облавливать оба вида в той пропорции, в которой они есть в водоеме.

Заключение

Появление значительного количества снетка в речных уловах в период корюшковой путины позволяет говорить о перспективах возобновления его промысла, но применяемый рыбаками размер ячеи неводом 11-12 мм не позволяет его облавливать в том количестве, в котором он присутствует в нерестовой части популяции. Использование специальных сетковых неводов с ячеей 6 мм в реках параллельно с корюшковыми невозможно по чисто техническим причинам. При этом применение таких неводов, обеспечивающей удержание как корюшки, так и снетка, позволило бы вылавливать в среднем до 200 т снетка дополнительно. Вместе с тем, установление меньшего размера ячеи может привести к подрыву воспроизводительной способности популяции корюшки, что требует предосторожного подхода организации промысла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурбах, А.С. Видовая структура промысловых уловов закидных неводов во время корюшковой путины на реке Неман (рукав Скирвит) / А.С. Бурбах, С.В. Шibaев, О.А. Новожилов // Экологическая безопасность АЭС: III научно-практическая конференция с международным участием. - Калининград: Аксиос. - 2016. – С. 41-44.
2. Бурбах, А.С. Эволюция промысла корюшки (*Osmerus eperlanus eperlanus* L.) и снетка (*Osmerus eperlanus eperlanus morpha spirinhus* L.) в реках Куршского залива бассейна Балтийского моря / А.С. Бурбах, С.В. Шibaев, А.В. Соколов, О.А. Новожилов // Рыбное хозяйство. - 2019. - № 3. - С. 85-89.
3. Манюкас, И. Ихтиофауна, состояние запасов и промысел рыб в заливе Кюрюшюмарес / И. Манюкас // Куршюмарес. Итоги комплексных исследований. - Вильнюс, 1959. - 403 с.
4. Министерство сельского хозяйства РФ. Правила рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна. приказом Минсельхоза России от 21.10.2020 г. N 620
5. Осадчий, В.М. Регулирование рыболовства и стратегия использования рыбных ресурсов в Куршском заливе: дисс. ... канд. биол. наук / Осадчий Виктор Михайлович. - Калининград, 2000. - 175 с.
6. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин // М., 1966. - 375 с.
7. Шibaев С.В. Системный анализ в рыбохозяйственных исследованиях. - Калининград: КГТУ, 2004. – 315 с.

THE ROLE OF DWARF SMELT (*OSMERUS EPERLANUS EPERLANUS MORPHA SPIRINCHUS*) IN THE FORMATION OF TEMPORARY ICHTHYOCENOSIS IN THE TRANSIT SYSTEM CURONIAN LAGOON – NEMAN RIVER DURING THE SPAWNING MIGRATION OF THE SMELT (*OSMERUS EPERLANUS EPERLANUS L*)

Burbakh Anna Sergeevna, chief engineer

Shibaev Sergey Vadimovich, professor, head of the department of ichthyology and ecology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,

e-mail: anna.burbakh@klgtu.ru

Dwarf smelt was an important component of fishery statistics until the 1990s, then almost completely disappeared from it. The role of dwarf smelt in the formation of ichthyocenosis and catches in the transit system Curonian Lagoon - Neman River in the last 10 years has been studied. It has been established that the share of dwarf smelt in river catches has increased significantly and in some years reaches 40 %, although significant interannual fluctuations are noted. The possibility and efficiency of specialized fishing for dwarf smelt in the spring in the transit system Curonian Lagoon – Neman River, where intensive seasonal fishing for smelt (smelt and smelt) is carried out, is shown.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ САНИТАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ИСКУССТВЕННОМУ РАЗВЕДЕНИЮ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

¹Гринберг Екатерина Владимировна, старший преподаватель кафедры ЭБиПР, аспирант ИМГиГ ДВО РАН

²Литвиненко Анна Владимировна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры ЭБиПР

^{1, 2} ФГБОУ ВО Сахалинский государственный университет (СахГУ), Институт естественных наук и техносферной безопасности, кафедра экологии, биологии и природных ресурсов

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН), г. Южно-Сахалинск, Россия, e-mail: ekaterina-grinberg@yandex.ru

Представлены особенности экологического подхода к составлению и реализации планов санитарно-профилактических работ на лососевых рыбноводных заводах Сахалинской области. Для каждого периода рыбноводного цикла перечислены основные заболевания лососей на различных этапах онтогенеза и практические рекомендации по их профилактике или лечению. Дополнительно представлены нарушения биотехники искусственного разведения тихоокеанских лососей и их последствия, приводящие к ухудшению эпизоотической обстановки и качества продукции на заводах, а также к сокращению количества выпущенной молоди.

Лечебно-профилактические и ветеринарно-санитарные мероприятия на предприятиях аквакультуры едва ли не самые важные и значимые в плане влияния на общий результат работы. Искусственное разведение (ИР) тихоокеанских лососей, равно как и пастбищное рыбноводство – это особые формы аквакультуры, которые отличаются от традиционного лососеводства (товарной аквакультуры) более коротким технологическим циклом (от икринки до малька), выпуском молоди в открытые естественные водоемы и набором биомассы (нагулом) в этих водоемах за счет естественной кормовой базы [1, 2]. Есть и другие принципиальные отличия разных форм аквакультуры, но то, что в ИР молодь выпускают в естественные водоемы, накладывает особый отпечаток на весь производственный процесс и требует специфического подхода к развивающейся продукции. Лучше всего в эту концепцию укладывается экологический или экосистемный подход к рыборазведению.

Мысль о том, что ИР тихоокеанских лососей глубоко экологично по своей сути и что на специалистах лососевых рыбноводных заводов (ЛРЗ) лежит огромная ответственность за выпуск молоди, не нова. Александр Иванович Смирнов еще в 1963 году, во введении к «Инструкции по искусственному разведению тихоокеанских лососей» писал: «Получение доброкачественных половых продуктов, высокого процента оплодотворения и выживания икры, вылупившихся эмбрионов, личинок и молоди возможно только при ясном понимании требований, которые предъявляет организм в разные периоды своей жизни к факторам окружающей среды. Задача рыбоводов состоит в том, чтобы создать для лососей на рыбноводных заводах условия, наиболее полно отвечающие их естественным потребностям. Последнее особенно важно потому, что с заводов молодь выпускают в естественные водоемы» [3].

Экологический подход к ИР тихоокеанских лососей, на современных ЛРЗ, предполагает не только создание оптимальных абиотических и биотических условий для развития продукции на каждом отдельном этапе раннего онтогенеза (эмбриональном с двумя подпериодами, личиночном и мальковом), неукоснительное соблюдение методик биотехники в каждом производственном периоде рыбноводного процесса, но и составление, а также реализацию планов санитарно-профилактических мероприятий на ЛРЗ с учетом особенностей и потребностей продукции на различных этапах индивидуального развития и специфики экологических условий производственных периодов на конкретном предприятии.

Профилактика (предупреждение) и терапия (лечение) на ЛРЗ должны быть в сознании каждого специалиста на первом месте, а планы ветеринарно-санитарных и лечебно-профилактических мероприятий необходимо составлять и реализовывать, руководствуясь врачебным принципом «Не навреди!» и пониманием взаимной связи, зависимости и влияния трех составляющих для возникновения болезни у рыб: восприимчивого хозяина (ВХ), вирулентного возбудителя (ВВ) и соответствующей среды (СС) [4, 5]. Разрыв хотя бы одной связи (ВХ-ВВ, ВВ-СС, СС-ВХ) позволит избежать болезни и значительно улучшить эпизоотическую обстановку как на самом ЛРЗ, так и в зоне его действия.

Зачастую лечебно-профилактической работе на ЛРЗ не придают должного внимания и значения, специалистов не отправляют на ихтиопатологические курсы повышения квалификации, планы санитарно-профилактических работ составляют формально (переписывая из года в год), а многие ключевые пункты этих планов попросту не выполняют. Опасность такого небрежного отношения к составлению и реализации планов санитарно-профилактических мероприятий состоит, прежде всего в том, что последствия пренебрежения ими, в большинстве своем, незаметны сразу, отсрочены в своих проявлениях, а сами проявления очень сложно, без специальной подготовки и знаний, связать с конкретным нарушением или невыполнением какого-либо лечебного или профилактического мероприятия.

К таким опаснейшим нарушениям с невидимыми сразу, сильно отсроченными последствиями, можно, например, отнести отказ от обработки живой икры лососей антисептиками, на следующий день после сбора. В результате эмбрионы, развивающиеся в необработанной икре, остаются носителями бактерии *Aeromonas salmonicida*, вызывающей тяжелое инфекционное заболевание фурункулез у лососей после года жизни [4, 5]. Напомним, что большинство молоди тихоокеанских лососей, особенно с коротким пресноводным циклом (горбушу и кету), выпускают с ЛРЗ в возрасте сеголетков, а это означает, что одной из причин недостаточного промыслового возврата может стать гибель заболевших фурункулезом лососей в период нагула в Тихом океане.

Соблюдение методик биотехники ИР и создание оптимальных абиотических и биотических условий для производителей в период выдерживания и завершения у них гонадогенеза, эмбрионов в период инкубации, предличинок в период выдерживания и молоди (личинок и мальков) в период подращивания и выпуска, имеет непосредственное отношение и влияние как на качество и количество лечебно-профилактических обработок продукции, так и на общую эпизоотическую обстановку на ЛРЗ. Таким образом, планы санитарно-профилактических мероприятий, в свете экологического подхода к ИР тихоокеанских лососей, должны быть тесно связаны и взаимообусловлены с рыбоводно-мелиоративными и иными планами на ЛРЗ. Другими словами, ключевым в экологическом подходе становится слово «комплексный» или, что еще точнее – «системный».

Планы санитарно-профилактических мероприятий составляют в декабре, на каждый новый календарный год (хотя система утверждения таких планов летом, перед началом рыбоводного цикла, была логичней и удобней). Планы, в обязательном порядке, утверждают руководители районного ветеринарного учреждения, в ведении которого находится ЛРЗ. Последовательность производственных периодов, в которых планируют те или иные мероприятия, совпадает со звеньями биотехнической цепочки. Начинается процесс с заготовки производителей и инкубирования икры, а завершается подращиванием и выпуском молоди. Кроме того, во всех планах присутствует раздел «Общие» – приемы и методики, применяемые в течение всего рыбоводного цикла.

В каждом из производственных периодов есть методические нарушения и отклонения от принципа оптимальности экологических условий, которые хоть и опосредованно, но значительно влияют на эффективность лечебно-профилактических работ [6, 7]. Методические ошибки и даже незначительные отклонения от оптимума по абиотическим и биотическим факторам среды неминуемо приводят к различного рода последствиям, которые в итоге ведут к ухудшению эффективности работы ЛРЗ (в первую очередь к сокращению промыслового возврата) [8]. Для каждого этапа раннего онтогенеза лососей и соответствующих им производственных периодов характерны те или иные заболевания (как заразные, так и незаразные) и специфические меры их профилактики и лечения [9, 10].

Ниже приведены основные заболевания производителей, икры и предличинок, личинок и мальков тихоокеанских лососей (по периодам производственного процесса), культивируемых на современных ЛРЗ Сахалино-Курильского региона; нарушения и ошибки при реализации ветеринарно-

санитарных планов; последствия упущений и недоработок; меры по их предотвращению или сокращению потерь в каждом производственном периоде и в целом, в рыбоводном цикле. Порядок изложения совпадает с последовательностью производственных процессов на ЛРЗ по ИР тихоокеанских лососей [11]. Под оптимальными условиями мы понимаем бионормативы, действовавшие с 2011 до 2013 годы [12], показатели среды и характеристики оборудования, перечисленные в монографии «Экологические особенности и оптимизация условий искусственного» [13].

Пропуск производителей на естественные нерестилища. Изъятие производителей в целях искусственного разведения. Отбор и выдерживание производителей

Производители лососей, которых отбирают для цели ИР, могут быть больны фурункулезом (во всех трех проявлениях болезни); у них нередки травмы и рваные раны от укусов, ударов морских зверей или браконьерских орудий лова (тройники, крючья и др.); на некротизированных участках травм и ран секундарно развивается сапролегниоз. Это наиболее часто встречающиеся виды заболеваний у производителей тихоокеанских лососей в период проведения рыбоводной путины. Для тех ЛРЗ, где выдерживание производителей до созревания гонад не производят, эти заболевания не страшны (но портят внешний вид, а значит снижают потребительские качества использованных для сбора икры рыб). Фурункулез же опасен лишь тогда, когда не проводят обязательную обработку антисептиками живой икры на следующий день после сбора.

Если же в речные садки, лотки или русловые садки, для созревания половых продуктов, отсаживают рыб со скрытой формой фурункулеза, со свежими травмами и ранами, или ранами, покрытыми сапролегнией, то это неминуемо приводит к целому комплексу последствий, начиная от быстрых и видимых – увеличение отхода производителей и заканчивая едва заметными или вовсе незамеченными и отсроченными – сокращение доли оплодотворенных икринок, общее ухудшение качества будущего потомства и его резистентности.

Основные нарушения биотехники, в период работы с производителями, приводящие к ухудшению эпизоотической обстановки в последующие периоды рыбоводного цикла, следующие:

- несоблюдение экологических условий в садках, при созревании гонад у производителей;
- стрессовые ситуации на пункте сбора икры и выше зоны выдерживания производителей;
- отсадка на выдерживание больных и раненых производителей.

Из абиотических факторов, при выдерживании производителей, выделим несколько доминирующих: недостаточная проточность, определяющая пониженное содержание растворенного в воде кислорода и неоптимальная температура воды, в сочетании с отсутствием её осцилляции (например, грунтовая вода со стабильным температурным режимом вместо поверхностной речной). Из биотических факторов наиболее значимы – любые стрессы рыб и многократное увеличение плотности посадки. Таким образом, в период завершения гонадогенеза у производителей лососевых рыб, для получения качественных половых продуктов, необходимо строго и неукоснительно соблюдать все правила биотехники и создавать комплекс оптимальных экологических условий для выдерживаемых рыб.

В период выдерживания производителей важно понимать, что любое нарушение бионормативов, приводящее к гипоксии у созревающих производителей (даже разовой и кратковременной) – это гарантия серьезных проблем в работе с продукцией на протяжении всего рыбоводного цикла (увеличение производственного отхода, сокращение оправданности резорбции желточного мешка, риск развития водянки желточного мешка и белопятнистой болезни у предличинок, триходиноза и хилодонеллеза у личинок и мальков и другие проблемы).

Методические приемы (пропуск, отбор, выдерживание и др.), позволяющие произвести период работы с производителями наиболее эффективно, изложены в различного рода инструкциях и руководствах [3, 14], а ветеринарно-санитарные требования [15] при работе с производителями в условиях ЛРЗ, являются их логичным продолжением. В этих требованиях отмечено всего шесть пунктов, но невыполнение каждого из них влечет за собой целый комплекс проблем и нежелательных, а порой губительных и непоправимых последствий.

Особо отметим пункт 2.1.6., он изложен так: «Перед началом рыбоводного цикла рабочие помещения, оборудование, инвентарь, бассейны, садки, носилки, тачки дезинфицируют 10%-ным рас-

твором хлорной извести. Рыбоводный инвентарь закрепляют за каждым цехом и ежедневно дезинфицируют 2,5-3%-ным раствором формалина» [15]. В практических условиях эффективно использовать инвентарь из нержавеющей стали, деревянные части окрашивать масляной краской или покрывать кузбаслаком (он же битумный или асфальтовый), использовать дезинфицирующие свойства крепкого мыльного раствора, кипятка, солнечного света и мороза. Т. е. порой, можно обойтись без агрессивных препаратов, травмирующих слизистые человека и опасных при попадании в воду, где находятся производители, но **недопустимо** пренебрегать дезинфекцией оборудования, использовать один и тот же инвентарь в разных цехах или при работе с разными видами рыб, оставлять инвентарь после применения влажным и необработанным антисептиком, независимо от благополучия эпизоотической обстановки в зоне действия ЛРЗ.

Забой производителей, получение половых продуктов, осеменение, промывка, набухание и транспортировка икры

Все операции по получению живой (оплодотворенной) икры лососей происходят на пунктах сбора икры («забойках»). Качество будущих эмбрионов, личинок и мальков зависит как от условий, в которых находились производители в период завершения гонадогенеза – созревания половых продуктов, так и от комплекса работ и условий в период забоя производителей, получения от них икры и спермы, искусственного осеменения икры и подготовки ее к инкубации.

В период выдерживания производителей и сбора икры закладывается не только качество будущей продукции, ее устойчивость к различного рода возбудителям заболеваний и стрессовым ситуациям, но и количество выпущенных мальков сеголетков. Оптимальные экологические условия и неукоснительное соблюдение всех правил рыборазведения (и в первую очередь ветеринарно-санитарных) – залог значительной степени оплодотворения икры (более 99%); увеличения выживаемости в периоды инкубации, выдерживания и подращивания (в 2-3 раза лучше нормативной); увеличения резистентности к заболеваниям (выражается в кратном сокращении количества лечебно-профилактических обработок по показаниям); отсутствия аномалий развития и уродств, белопятнистой болезни и водянки желточного мешка.

В период сбора икры происходит значительное количество как методических ошибок, так и нарушений принципа оптимальности условий для пойкилотермных организмов. Забывают рыбоводы при сборе икры и о том, что лососи литофильные рыбы, закапывающие оплодотворенную икру в грунт. Кроме того, лососи окси- и реофильны, а это означает, что в эмбриональном этапе онтогенеза эмбрионам, начиная с момента оплодотворения, необходимо обеспечить оптимальные (схожие с нативными) условия для развития. И доминирующим абиотическим фактором в этот период, по-прежнему, остается содержание растворенного в воде кислорода [16]. Вторым по значимости следует отметить освещенность – солнечный свет и любое освещение губительны для эмбрионов лососей, особенно в первый подпериод эмбрионального этапа.

Помимо грубых методических ошибок (например, мокрые емкости для сбора икры от самок или отцеживание спермы самцов непосредственно в таз с икрой), приводящих к увеличению доли неоплодотворенной икры, сокращению гетерогенности полученного потомства и другим проблемам, к значительному ухудшению эпизоотической обстановки на ЛРЗ, снижению резистентности и морфофизиологических показателей продукции, приводят следующие нарушения биотехники ИР лососей:

- значительное отличие воды для осеменения икры, промывки и её набухания, по химическому составу и температуре от той, в которой происходило выдерживание производителей;

- набухание икры не в проточной воде или с перерывами в водоподаче, длительное нахождение икры в стоячей воде;

- попадание солнечного света на икру при сборе в полевых условиях;

- сбор икры в оплодотворительном цехе при ярком электрическом освещении;

- продолжительное собирание икры в одну емкость для последующего набухания;

- не соответствие продолжительности набухания икры в емкостях температуре воды;

- задержка доставки набухшей икры в инкубационный цех.

Последствия подобных нарушений, именно в период сбора икры, опасны своей отсроченностью и качественностью. Большинство изменений и последствий, вызванных нарушениями принципа опти-

мальности экологических условий для литофильных лососей в период завершения гонадогенеза у производителей и в эмбриональный этап развития, закреплено на генетическом уровне и практически невозможно исправить. Особенно опасны ошибки и нарушения, затрагивающие возрастную, половую, пространственную и временную структуры как у искусственно разводимой группировки рыб (ИРГР), так и в естественных популяциях, при условии пропуска производителей на естественные нерестилища базового водотока [17].

Предотвратить, исправить или свести к минимуму последствия нарушений в период сбора икры можно только благодаря комплексному подходу – в первую очередь подбор и расстановка на ключевых операциях специально обученных кадров; проведение, перед началом рыбоводной путины, технической учебы всего коллектива ЛРЗ, независимо от занимаемой должности; неукоснительное соблюдение методик в период выдерживания производителей и сбора икры с созданием и соблюдением оптимальных абиотических и биотических показателей среды для каждого разводимого вида [3, 11, 12, 14, 18].

Раскладка, учет, инвентаризация и инкубация икры. Выборка производственного отхода

С учета и закладки икры начинается большая часть рыбоводного цикла, протекающая под крышами инкубационно-личиночных (производственных) цехов. Инкубационный период занимает по продолжительности примерно 1/4-1/3 рыбоводного цикла, в зависимости от разводимого вида и температуры воды, которую используют при инкубации. Основные заразные болезни, которые встречаются в этот период, следующие: сапролегниоз и расслабление оболочки. В период инкубации случаются и незаразные заболевания, но на них редко обращают внимание, возможно в силу того, что развивающиеся эмбрионы находятся под непрозрачной оболочкой икринки. Тем не менее, незаразные заболевания не менее опасны, чем сапролегниоз и расслабление оболочки. Многие аномалии развития эмбрионов, задержка развития, травмы в период проведения стрессовой обработки икры или неграмотно организованной транспортировки (перевозки), несовместимы с жизнью вне оболочки икринки или приводят к образованию обширных очагов некроза у вылупившихся свободных эмбрионов. Погибшая икра, эмбрионы, очаги некроза – резко ухудшают эпизоотическую обстановку на ЛРЗ, становясь субстратом для сапролегниевых грибов и действуют как токсиканты, выделяя продукты обмена, разложения и окисления.

Контроль за развивающейся продукцией в период инкубации необходим, прежде всего, для своевременной корректировки планов лечебно-профилактических мероприятий и поддержания благополучной эпизоотической обстановки. Все приемы и методики для контроля просты и эффективны, но их необходимо выполнять регулярно, добросовестно и неукоснительно. Икра, которую инкубируют должна быть собрана грамотно, от производителей, которых выдерживали с соблюдением всех правил экологического метода стимулирования созревания гонад [11] – только тогда можно рассчитывать на сокращение инкубационного отхода почти вдвое против нормативного [19], развитие полноценных эмбрионов, дружное вылупление и значительную устойчивость предличинок, личинок и мальков к различного рода возбудителям заразных заболеваний (то, что рыбоводы называют «сильной» рыбой).

В рамках проведения ихтиопатологического контроля, специалисты ЛРЗ, должны контролировать не только ход и качество развития живой икры (отмечать сроки наступления ключевых стадий развития, сравнивать их с таковыми в предыдущих рыбоводных циклах, определять долю оплодотворенных икринок, контролировать качество проведения стрессовой обработки и последующей выборки икры каждой партии, определять массу и диаметр икринок не менее трех раз за период инкубации), но и обязательно рассматривать отход икры, как при машинной выборке, так и перед выносом на вылупление и при снятии поддонов после завершения вылупления.

К сожалению, степень ответственности некоторых рыбоводов настолько низка, что они, даже, не считают нужным организовывать выборку отхода икры перед выносом ее на вылупление, или оставляют поддоны с отходом после вылупления в каналах на две-три и более недель. Подобная безответственность недопустима – как минимум она чревата значительным ухудшением ихтиопатологического состояния продукции в период ее выдерживания и, по цепочке, в период подращивания и выпуска молоди. Кроме того, невыбранный вовремя отход икры приведет к тому, что молодь из каналов, где он находился, будет хуже расти, затраты кормов будут больше, а продолжительность пе-

риода подращивания станет дольше. Самое же опасное последствие выражается в общей ослабленности продукции – у нее будут чаще отмечать триходиноносительство, вплоть до развития заболевания триходиноз. Т. е. интенсивность и экстенсивность поражения молоди инфузорией триходина будет в несколько раз чаще и больше, чем если бы продукция была «сильной» и развивалась в период инкубации в строгом соответствии с методиками ИР лососей.

Основные, самые опасные нарушения плана ветеринарно-санитарных работ в период инкубации икры, следующие:

- отказ от профилактической обработки икры антисептиками на следующие сутки после её закладки или проведение профилактической обработки свежееплодотворенной икры в день закладки;
- проведение профилактических обработок икры через каждые 10 дней, без объективных показаний к ним;
- обработки заиленной икры или икры, инкубирующейся в поверхностной воде, малахитовым зеленым.

Дополнительно перечислим методические ошибки и нарушения биотехники инкубирования икры, приводящие к ослаблению физиологического состояния продукции и ухудшению ихтиопатологической обстановки в последующие периоды рыбоводного цикла:

- отказ от выравнивания температуры доставленной с забоек икры и температуры воды в инкубаторе, при разнице более 2°C. Проведение процедуры выравнивания температур со скоростью более чем 1°C в час;
- раскладывание икры из транспортировочных контейнеров в инкубационные аппараты, без предварительного повторного набухания;
- пересыпание всего содержимого транспортировочного контейнера (при раскладке икры), на безузелковой дели, сразу в инкубационный аппарат, а не мерными кружками или сачками;
- превышение нормативной плотности загрузки икры в инкубационных аппаратах;
- несоблюдение режима затемнения в инкубаторе;
- яркое электрическое освещение при проведении регулярного ухода за икрой и выборке производственного отхода;
- не выключенное освещение над инкубационными аппаратами в ночное и нерабочее время;
- температура воды и содержание растворенного кислорода в начальный период инкубации больше или меньше оптимальных значений;
- проведение стрессовой обработки икры без учета её общего состояния и качества воды при инкубации;
- температура воздуха в помещении инкубатора, при выборке производственного отхода, более 18–20°C;
- отсутствие проточности в емкостях для накопления отсортированной живой икры при машинной выборке отхода;
- отсутствие ежедневного ухода за икрой на устойчивых к механическому воздействию стадиях развития;
- отказ от выборки отхода перед постановкой поддонов с икрой на вылупление;
- температура воды в период доинкубации и вылупления свободных эмбрионов менее 4°C для кеты и менее 2°C для горбуши.

Ветеринарно-санитарные требования в период инкубации икры насчитывают семь пунктов, и они очень похожи по содержанию и важности с таковыми правилами при работе с производителями. Особое внимание следует уделить требованиям, касающимся дезинфекции оборудования и рыбоводного инвентаря до, после и в процессе инкубации икры, а также ежедневному тщательному уходу за икрой. Первое требование просто и доступно, без лишних усилий и затрат, позволяет поддерживать благоприятную эпизоотическую обстановку в период инкубации икры, а требования, связанные с качеством воды при инкубации и уходом за ней – призваны улучшить условия дыхания эмбрионов и удаления продуктов обмена (напомним, что содержание растворенного в воде кислорода – это лимитирующий абиотический фактор в эмбриональном этапе развития большинства рыб).

Обращает на себя внимание тот факт, что в ветеринарно-санитарных требованиях в период инкубации икры (действующих с 1985 года), предписаны обработки икры различными антисептиками в стоячей воде. На современных ЛРЗ такой метод обработки икры не используют примерно с конца

90 гг. XX века. При инкубировании икры в аппаратах «бюкс», Аткинса, «Стеллаж», наиболее эффективно применять капельный способ обработки – он щадящий для продукции, прост в исполнении для персонала и существенно экономит дезинфектанты. Чаще всего на ЛРЗ Сахалинской области, для профилактических и лечебных обработок икры применяют растворы формалина и малахитового зеленого, что, конечно же не всегда оправдано и вредит эмбрионам, особенно если обработки проводят чаще, чем это требуется. Особую осторожность следует соблюдать, применяя малахитовый зеленый в теплой грунтовой воде или в поверхностной воде со взвешенными веществами.

Обобщая собственный практический опыт и опыт работы нескольких десятков ЛРЗ Сахалинской области, предлагаем следующую (трехкратную) схему профилактических обработок инкубирующейся икры тихоокеанских лососей (при условии что она собрана с соблюдением биотехники, а производителей выдерживали в оптимальных экологических условиях): первая обработка на следующий день после сбора икры, следующая до или после (предпочтительно) машинной выборки инкубационного отхода, а третья – перед выносом на вылупление, после предварительной выборки отхода с поддонов для вылупления. Повторимся, что такая схема актуальна только для здоровой, «сильной» продукции.

При принятии решения о проведении обработок (выбор антисептика, частота, концентрация и экспозиция) учитывают целый комплекс «за» и «против». Выбор делают из соображений того, что любая лечебная или профилактическая обработка – это стресс для продукции, но риск осложнений, заболеваний или гибели, без обработок, больше нежели последствия обработок. Грамотные специалисты всегда могут произвести обработки так и такими веществами, чтобы свести их последствия к минимальным, получив максимальную пользу.

Выдерживание предличинки

Период выдерживания предличинки – самый продолжительный в рыбоводном цикле, порой он растягивается на три-четыре месяца. Если предличинки были получены от здоровых эмбрионов, а те в свою очередь от производителей, гонады которых созревали в оптимальных экологических условиях – в период выдерживания заразных заболеваний не отмечают и отсутствует необходимость в профилактических обработках. Из незаразных заболеваний возможно появление единичных уродливых и аномально развитых предличинки, которых здоровые свободные эмбрионы вытесняют из искусственного субстрата. Гибель такой продукции единична, погибших предличинки выбирают незамедлительно, при свете карманных или налобных фонариков.

Если же выдерживание производителей осуществляли с нарушениями биотехники, также неграмотно собирали и осеменяли икру, грубо ошибались при проведении ее закладки, стрессовых обработках, выборке отхода, не осуществляли ежедневный уход за инкубирующейся икрой – это 100% гарантия многочисленных аномалий развития и уродств у предличинки (до 5% и более), развития водянки желточного мешка, белопятнистой болезни, очагов некроза и сапролегниоза на них и др. У такой продукции уже на стадии ранней личинки возможно появление не только триходиноносительства или триходиноза, но и хилодонеллеза (который никогда не отмечают у «сильной» молоди, даже там, где хилодонелла встречается на отходе).

Значительно отягчает эпизоотическую обстановку в период доинкубации икры и выдерживания свободных эмбрионов неграмотно организованная перевозка икры на стадии пигментации глаз. К самым тяжелым последствиям приводят: перевозка контейнеров зимой на непригодном для этого транспорте (необходим фургон «термос»); возраст продукции менее 300 и более 400 гр/дней; средняя температура инкубации к моменту перевозки менее 7,0°C [20]. Таким образом, стабильность и продолжительность периода выдерживания предличинки лососей сильно зависит от качества выполнения работ и проведения всех необходимых мероприятий в предыдущих рыбоводных периодах.

В период выдерживания предличинки ихтиопатологические осмотры производят с периодичностью один раз в декаду. Если продукция недостаточно здорова, а выдерживание происходит на смешанной или поверхностной воде, то к концу периода (при остатке желточного мешка 30-40% от первоначального запаса) периодичность осмотров учащают – один раз в пять-семь дней. Особенность и трудность проведения лечебных обработок в период выдерживания заключается в том, что в питомнике нельзя включать свет, уровень воды в каналах минимальный и на дне уложен субстрат (переме-

шивание воды с антисептиком невозможно), т. е. рыбоводам необходимо приложить максимум усилий в период проведения рыбоводной путины и инкубации икры, для того чтобы период выдерживания прошел без заболеваний и необходимости лечения продукции. Если же по объективным причинам требуется проведение обработок в это время, то лучший выход – тотальная обработка всей продукции через водораспределительный бак капельным методом. Допустимо, если лечат не от заболевания, а от носительства, сократить продолжительность обработки (например, с 90 минут экспозицию довести до 60 минут).

Основные нарушения непосредственно ветеринарно-санитарных правил, приводящие к осложнению эпизоотической обстановки в период выдерживания предличинок и в последующие производственные периоды (подращивания и выпуска молоди), следующие:

- несвоевременное снятие поддонов с мертвой икрой после окончания вылупления;
- не прометание каналов от оболочек икринок после вылупления свободных эмбрионов;
- не ежедневная выборка производственного отхода предличинок.

Ошибки и нарушения опосредованно осложняющие ихтиопатологическое состояние продукции (через ухудшение морфофизиологических характеристик предличинок и снижения их резистентности к стрессовым ситуациям и возбудителям заразных заболеваний):

- несоблюдение режима затемнения питомников или бассейнов (постоянный рассеянный свет от неплотно закрытых ставней или из-за нарушенного сопряжения стен и крыши, не выключенное освещение после проведения работ в питомнике, включение освещения над всеми каналами при проведении работ только в одной части питомника);

- суточная осцилляция температуры воды, вместо постоянной;

- температура воды и содержание растворенного в воде кислорода более или менее оптимальных значений;

- плотность посадки предличинок больше нормативной;

- скорость течения воды в каналах более 0,5 см/с [12];

- неизменный расход и скорость течения воды при подъеме её уровня в конце периода выдерживания.

Повторимся, что период выдерживания предличинок может и должен стать самым спокойным, нетрудозатратным и продолжительным в рыбоводном цикле, при условии соблюдения всех норм и правил ИР лососей, начиная с работы с производителями. Залог успеха проведения этого периода, с точки зрения ветеринарно-санитарных планов работы, заключается в установке дезковриков при входе в питомники; обрабатываемом после применения в дезинфектантах инструментарии и закреплении его за каждым бассейном или группой каналов; ежедневной выборке отхода и очистке заградительных сеток на выходе воды из каналов или бассейнов; строгом соблюдении режима затемнения, оптимальных скорости течения воды, содержания кислорода, температуры, плотности посадки и других показателей.

Подъем на плав и перевод на внешнее питание личинок. Подращивание мальков

Период подращивания молоди считается в рыбоводстве самым сложным, напряженным и ответственным. Начинается он коротким (5-15 дней для каждой партии в зависимости от температуры воды и состояния молоди) этапом «раскормки», «начала кормления» или «подъемом на плав и переводом на внешнее питание». Эта небольшая часть периода подращивания проста и легка в проведении при условии, что продукция «сильная» и здоровая, эпизоотическая обстановка благополучная, корма экструдированные, а условия абиотики и биотики для роста молоди в период ее кормления – оптимальные [21].

Нарушения биотехники выдерживания производителей, сбора икры, ее транспортировки (свежеоплодотворенной и на стадии пигментации глаз) и инкубации, выдерживания предличинок; отсутствие ежедневного ухода за продукцией; несоблюдение принципа оптимальности условий среды на каждом этапе онтогенеза и другие ошибки – все это неизбежно приводит к тому, что период подращивания молоди, как и рыбоводный цикл, в целом, становятся трудо- и энергозатратными, а потому неэффективными. К серьезным нарушениям, осложняющим период подращивания, следует отнести следующие:

- задержка сроков подъема личинок на плав на «холодноводных» ЛРЗ до остатка желточного мешка менее 10% от его первоначальной массы;

- температура воды при раскармливании молоди менее 4°C;

- содержание растворенного в воде кислорода на выходе воды из питомных каналов, бассейнов или прудов – менее 7 мг/л;

- плотность посадки больше или меньше оптимальной (особенно важен этот фактор для кеты – ее раскармливание и собственно кормление производят при разной плотности посадки);
- недостаточное естественное и искусственное освещение каналов или бассейнов с молодью;
- отсутствие естественного освещения и/или недостаточная продолжительность светового дня при раскармливании и кормлении молоди;
- начало подращивания и активное кормление молоди в грунтовой воде, при наличии речной.

Из грубых нарушений ветеринарно-санитарных правил, влияющих на успешность проведения периода подращивания молоди, отметим следующие (без учета общих для всех производственных периодов нарушений):

- не добросовестная очистка (прометание) питомных каналов или других емкостей для подращивания молоди, перед проведением профилактических или лечебных обработок;
- кормление молоди в день лечебной или профилактической обработки.

Период подращивания молоди отличается от других периодов и тем, что включает в себя сразу два этапа развития – личиночный и мальковый. Личиночный период, момент перехода на смешанное питание – это один из критических периодов развития. Насколько плавно и физиологично он пройдет, сколько личинок выживет – зависит только от квалификации рыбоводов. Большинство уродств и аномалий развития, которые можно было встретить у эмбрионов, предличинок или ранних личинок – отсутствуют у мальков. Законы природы честны и неумолимы – до мальковой стадии развития доживают только морфологически и физиологически полноценные особи. А вот их ихтиопатологическое состояние и резистентность зависят от полноты и добросовестности выполнения всех правил, методик и мероприятий с начала рыбоводного цикла.

Мальковый период сложен, поскольку идет приспособление сформированных в предыдущих этапах структур организма к изменяющимся условиям среды. Одна из самых сложных трансформаций у мальков это смолтификация – сложный комплексный процесс подготовки малька к переходу из пресной воды в морскую. Не менее сложен и этап жизни в так называемой «буферной», прибрежной зоне базовых рек [22]. И если умеренное и вовремя пролеченное триходиноносительство в период подращивания на ЛРЗ только на пользу молоди, то носительство бактерии, вызывающей фурункулез, после года жизни (если не обработать икру через сутки после сбора), приведет к вспышке этого заболевания именно в ранний морской период жизни и гибели большинства рыб.

В период кормления молоди лососей из незаразных заболеваний отмечают: травмы (неграмотные действия персонала); укусы (для лососей характерен каннибализм, который усугубляется если молодь в емкости сильно разнится по массе); алиментарные нарушения (из-за некачественных или неполноценных/несбалансированных кормов). Из заразных инвазионных заболеваний, почти на каждом ЛРЗ диагностируют триходиноносительство у молоди. Следует отметить, что на предприятии, где добросовестно выполняют все правила, приемы и требования ИР лососей с самого начала рыбоводного цикла, незаразных заболеваний практически нет, а из заразных отмечают только триходиноносительство с минимальными показателями экстенсивности и интенсивности поражения. На таких ЛРЗ лечебно-профилактические обработки носят исключительно профилактический характер и их количество составляет от двух до трех за весь период подращивания (при подъеме на плав, в середине подращивания и перед выпуском).

Ветеринарно-санитарные требования в период подращивания молоди основаны на понимании причин возникновения и путей распространения заразных заболеваний, а также на необходимости принятия взвешенных решений при определении антисептика и метода обработок продукции. Резюмируя особенности периода подращивания молоди, с точки зрения соблюдения ветеринарно-санитарных правил, отметим важность следующих приемов:

- закрепление набора рыбоводных инструментов за каждым бассейном или группой каналов;
- замачивание инструментария после использования в дезрастворах, заменяемых не реже одного раза в декаду;
- просушивание на солнце и промораживание сухого инвентаря перед его консервацией и хранением по окончании рыбоводного цикла;
- прометание каналов от «младших» к «старшим», от «обработанных» к «необработанным»;
- исключение использования приборов контроля среды (термометров, оксиметров) в разных емкостях, без предварительной дезинфекции.

Делая обзор особенностей и практических нюансов проведения лечебно-профилактических мероприятий на разных этапах раннего онтогенеза лососей и в соответствующих им производственных периодах, мы неоднократно акцентировали внимание на нетрадиционных (экологических) способах профилактики заболеваний. Одним из таких высокоэффективных приемов может стать использование солоноватой воды при подращивании молоди лососей [23]. Очень хорошо, для «сильной» молоди, зарекомендовали себя способы профилактики триходиноза изменением плотности посадки (рассаживание молоди) и резкими перепадами температуры и качества воды [24]. Кроме того, при применении традиционного лечения, приоритет следует отдавать применению формалина (если выбор между ним и малахитовым зеленым), проводить обработки капельным методом, а не в стоячей воде, следить за тем, чтобы в период лечения молоди все влажные поверхности, которые после обработки будут в воде, были обработаны антисептиком.

Выпуск молоди

Выпуск молоди – долгожданный и самый приятный этап в рыбоводном цикле. Грамотные рыбоводы выпускают в базовые водотоки подготовленную (адаптированную), здоровую, полноценную молодь в оптимальные сроки. И только в этом случае они могут рассчитывать на значительный промысловый возврат.

В период выпуска велика роль ветеринарных учреждений, в ведении которых находятся ЛРЗ. Ветеринары осматривают молодь перед каждым выпуском, дают заключение о ее ихтиопатологическом состоянии, исследуют мальков как изнутри, так и снаружи. Если в предыдущие производственные периоды на ЛРЗ соблюдали биотехнику ИР, выполняли все ветеринарно-санитарные и рыбоводно-мелиоративные мероприятия, создавали для продукции оптимальные экологические условия – выпуск будет разрешен и кондиции молоди будут гораздо больше и лучше нормативных.

Большинство методических ошибок, которые рыбоводы допускают в период выпуска, приводят к ухудшению физиологического состояния и резистентности мальков. Таким малькам сложнее справиться со стрессом, который, собственно, происходит в момент их выпуска. Самые опасные ошибки и нарушения в период выпуска, которым порой не придают значения:

- перепад температур воды, в которой подращивали молодь, и воды, в которую ее выпускают, более 3–5°C;
- возраст молоди к моменту выпуска более 270–280 календарных дней;
- триходиноносительство (из-за стресса переходит в болезнь триходиноз).

Излишне напоминать, что рыбоводный инструмент и оборудование (особенно шандоры и заградительные сетки) в период завершения подращивания и выпуска, должны использоваться только в своем бассейне или группе каналов, после выпуска молоди его/их нельзя переносить в другие емкости, какими бы удобными и привлекательными они не были.

Рыбоводам необходимо привыкнуть к мысли, что с выпуском молоди их работа не заканчивается, а от их квалификации, умения прогнозировать и экологического мышления зависит насколько быстро и с минимальными качественными и количественными потерями молодь адаптируется в приустьевой зоне и начнет миграционный путь для дальнейшего нагула.

В течение рыбоводного цикла. Общие

На протяжении всего рыбоводного цикла есть методические ошибки и нарушения, которые характерны (в той или иной степени) для каждого производственного цикла. К таким общим нарушениям относят: несвоевременную выборку отхода (погибшей икры, предличинок, личинок и мальков) из емкостей для инкубации, выдерживания и подращивания и отсутствие регулярного (чаще всего ежедневного) ухода за продукцией (например, рыхление или перемешивание икры в инкубационных аппаратах или прометание питомных каналов при подращивании молоди) или неграмотный уход.

Из частых и общих нарушений ветеринарно-санитарных правил стоит отметить отсутствие дезковриков у входа в производственные помещения и цеха, емкостей для дезинфекции рыбоводного инвентаря или их формальное присутствие (не заправлены дезраствором или политы водой), а также неполноценную дезинфекцию рыбоводного инвентаря, оборудования и инструментов (например, не

все части рыболовного инструментария, соприкасавшиеся с водой, обработаны антисептиком в емкости для дезинфекции).

Вышеперечисленные ошибки и нарушения понятны с точки зрения наступления последствий: не выбрал вовремя отход – впоследствии отхода будет больше, а качество продукции хуже или использовал не обработанный в дезрастворе инвентарь – велика вероятность вспышки заболевания и дополнительные лечебно-профилактические мероприятия. Однако, есть несколько нарушений ветеринарно-санитарных правил, которые кажутся, на первый взгляд, незначительными, но именно их последствия наиболее опасны, пролонгированы, незаметны сразу (неявные) и закреплены на генетическом уровне, т. е. практически неисправимы. Приведем пример таких нарушений:

- формальное отношение к выполнению планов ветеринарно-санитарных и лечебно-профилактических мероприятий (фактическое невыполнение);
- сознательный отказ от проведения дезинфекции производственных площадей и водоподающих сетей после выпуска молоди;
- отказ от обработки икры антисептиком на следующий день после сбора;
- ежедекадные профилактические обработки икры (при отсутствии к этому показаний).

Итак, в каждом производственном периоде рыболовного цикла можно отметить специфичные ему заболевания и нарушения биотехники ИР лососей, в частности ветеринарно-санитарных правил. Все, без исключения, ошибки и нарушения, а также бездействие или невыполнение правил и мероприятий в рыболовстве, неизбежно приводят к значительным последствиям – экологическим и экономическим потерям – сокращению промыслового возврата и снижению эффективности работы ЛРЗ.

Предотвратить последствия любых нарушений или свести их к минимуму задача и сложная, и простая, одновременно. Легко решаемой она становится только тогда, когда квалифицированные специалисты на ЛРЗ не просто составляют планы ветеринарно-санитарных, лечебно-профилактических и рыболовно-мелиоративных мероприятий, а неукоснительно и добросовестно соблюдают и реализовывают их, основываясь на знании экологических законов и закономерностей в искусственно созданных экосистемах, на теории этапности развития рыб и доминирующих экологических факторах, особенностях эмбрионального, личиночного и малькового этапов развития литофильных тихоокеанских лососей – т. е. всего того, что подразумевается под понятием «экологический подход».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 20.12.2004 № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов».
2. Федеральный закон от 02.07.2013 N 148-ФЗ "Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные Законодательные акты Российской Федерации».
3. Смирнов, А.И. Инструкция по искусственному разведению тихоокеанских лососей / А.И. Смирнов – М.: Рыб. хоз-во, 1963. – 61 с.
4. Бауер О.Н. Ихтиопатология / О.Н. Бауер, В.А. Мусселиус, В.М. Николаева, Ю.А. Стрелков. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 432 с.
5. Головина, Н.А. Ихтиопатология / Н.А. Головина, Ю.А. Стрелков, В.Н. Воронин, П.П. Головин, Е.Б. Евдокимова, Л.Н. Юхименко, под ред. Н.А. Головиной, О.Н. Бауера. – М.: Мир, 2003. – 448 с.
6. Гринберг, Е.В. Типичные ошибки и нарушения биотехники искусственного разведения тихоокеанских лососей (Часть 1) / Е.В. Гринберг // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2020 а. – № 7 (174). – С.50-57. [Http://DOI 10.33920/sel-09-2007-05](http://DOI 10.33920/sel-09-2007-05).
7. Гринберг, Е.В. Типичные ошибки и нарушения биотехники искусственного разведения тихоокеанских лососей (Часть 2) / Е.В. Гринберг // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2020 б. – № 8 (175). – С.13-23. [Http:// DOI 10.33920/ sel- 09–200801](http:// DOI 10.33920/ sel- 09–200801).
8. Бойко, А.В. Экологические особенности искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на современных рыболовных заводах Сахалинской области: диссертация на соискание ученой степени кандидат биологических наук по спец. 03.02.06 «Ихтиология» / А.В. Бойко. – Петрозаводск, изд-во Петрозаводского университета, 2014. – 144 с.

9. Вялова, Г.П. Паразиты кеты и горбуши Сахалина (возбудители, эпизоотология, патогенез, меры профилактики) / автореф. диссерт. на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 03.00.19 – паразитология, гельминтология. Южно-Сахалинск, 1999. – 22 с.
10. Литвиненко, А.В. Анализ современной ихтиопатологической обстановки на рыбоводных заводах Дальнего Востока / А.В. Литвиненко, А.В. Иванов. Проблемы региональной экологии. – № 5. – 2016. – С. 11–16.
11. Иванов, А.П. Рыбоводство в естественных водоемах / А. П. Иванов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 367 с.
12. Временные биотехнические показатели по разведению лососей с коротким технологическим циклом на рыбоводных заводах Сахалинской области, Приказ Федерального агентства по рыболовству, №349 от 19.04.2010
13. Ефанов, В.Н. Экологические особенности и оптимизация условий искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на современных рыбоводных заводах Сахалинской области. Серия «Монографии учёных Сахалинского государственного университета» / В.Н. Ефанов, А.В. Бойко. Южно-Сахалинск: изд-во СахГУ, 2014. – 124 с.
14. Бушуев, В.П. Руководство по культивированию кеты / В.П. Бушуев. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1994. – 144 с.
15. Ветеринарно-санитарные правила для лососевых рыбоводных заводов. – М: Минсельхоз СССР, 1985. – 8 с.
16. Никольский, Г.В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов / Г.В. Никольский. – М: Пищевая промышленность, 1974. – 447 с.
17. Алтухов, Ю.П. Популяционная генетика лососевых рыб / Ю.П. Алтухов, Е.А. Салменкова, В.Т. Омельченко. – М.: Наука, 1997. – 298 с.
18. Гринберг, Е.В. Об основных ошибках при взятии зрелых половых продуктов у тихоокеанских лососей, осеменении икры и подготовке ее к инкубации в условиях лососевых рыбоводных заводов / Е.В. Гринберг // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы III Национальной научно-практической конференции, Казань, 3-5 октября 2018 г. / под ред. А. А. Васильева. – Саратов: Амирит, 2018 б. – С. 60-65.
19. Методика расчёта объёма добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (рыбоводства) // Приказ №25 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 30.01.2015. В действие вступил 10.03.2015.
20. Литвиненко, А.В. Искусственное разведение тихоокеанских лососей в Сахалинской области / А.В. Литвиненко, Е.В. Гринберг. Учебное пособие (в печати). – 2021. – 300 с.
21. Литвиненко, А.В. О подъёме на плав и переводе на внешнее питание личинок кеты (*Oncorhynchus keta*) в условиях лососевых рыбоводных заводов Сахалинской области / А.В. Литвиненко, Е.В. Гринберг // Балтийский морской форум: материалы VII Международного Балтийского морского форума 7-12 октября 2019 года [Электронный ресурс]: в 6 томах. Т. 3. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов», VII Международная научная конференция. – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019 б. – 1 электрон. опт. диск. – С. 10-18.
22. Иванков, В.Н. Биология и кормовая база тихоокеанских лососей в ранний морской период жизни / В.Н. Иванков и др. – Владивосток: изд-во ДВГУ, 1999. – 259 с.
23. Литвиненко, А.В. Опыт выращивания молоди кеты на лососевом рыбоводном заводе «Бухта Оля» / А.В. Литвиненко, Е.И. Корнеева // Известия КГТУ. 2017. – Вып. 44. – С. 28–38.
24. Гринберг, Е.В. Обзор приемов предупреждения триходиноносительства у молоди тихоокеанских лососей в условиях их искусственного разведения / Е.В. Гринберг, А.В. Литвиненко // Перспективные технологии аквакультуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 18 – 19 мая 2021 г). – М.: Издательство «Перо», 2021. – 259 с. – 4,39 МБ [Электронное издание]. С. 218-222

ECOLOGICAL APPROACH TO PLANNING OF SANITARY-PREVENTIVE MEASURES AT THE ENTERPRISES FOR ARTIFICIAL PACIFIC SALMON BREEDING

¹Greenberg Ekaterina Vladimirovna, without a degree, postgraduate IMGIG DVO RAS, senior lecturer

²Litvinenko Anna Vladimirovna, PhD. Biol. Sciences, associate Professor

^{1,2}Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Sakhalin State University (SakhSU), Institute of Natural Sciences and Technosphere Safety, Department of Ecology, Biology and Natural Resources

¹Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (IMGIG DVO RAS), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: ekaterina-grinberg@yandex.ru

The article presents the features of the ecological approach to the preparation and implementation of plans for sanitary and preventive work at salmon hatcheries in the Sakhalin region. For each period of the fish breeding cycle, the main diseases of salmon at different stages of ontogenesis are listed and practical recommendations for their prevention or treatment. In addition, violations of the biotechnology of artificial breeding of Pacific salmon and their consequences are presented, leading to a deterioration of the epizootic situation and the quality of products at the factories, as well as to a decrease in the number of released juveniles.

УДК 521.937

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ МГНОВЕННОГО ПОЛЮСА ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

¹Дубравин Владимир Филиппович, д-р геогр. наук, доцент, ведущий научный сотрудник

²Краснобородько Олег Юрьевич, заведующий лабораторией промысловой океанологии

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия, e-mail: v_dubravin@mail.ru

²Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО»), Калининград, Россия, e-mail: sea@atlantniro.ru

По данным IERS выполнена оценка внутригодовой изменчивости координат мгновенного положения Северного полюса вращения Земли с дискретностью 0,05 г. за период 1890-2020 гг. (EOPC01) [1] и дискретностью 1 сутки период 1962-2020 гг. (IOPC04) [2]. Для каждого параметра, используя методики гармонического, корреляционного, спектрального и статистического анализа [3], получены гармоники их сезонного хода и выявлена связь между рядами координат полюса из [1] и [2] за 1962-2020 гг. Это позволяет корректно использовать ряды IERS на всем интервале 1890-2020 гг.

Введение

Известно [4-10], что, при колебаниях оси вращения Земли относительно “неподвижных звёзд” (прецессии и нутации), сама фигура вращающейся Земли также испытывает “покачивания” вокруг оси вращения (рис. 1).



Рис. 1. Колебания оси вращения Земли относительно звезд и тела планеты (по [9] с дополнениями)

При этом точки пересечения оси вращения с поверхностью фигуры Земли перемещаются по ее поверхности. По результатам более чем 130-летних наблюдений [1] считается, что размах “качаний” полюса по приполярной поверхности не превышает двух десятков метров. Однако это значительная величина для современных практических приложений, зависящих от качества координатно-временного обеспечения [11]. Поэтому движение полюсов непременно принимается во внимание в современных астрометрии, геодезии, гидрометеорологии, навигации, промышленной океанологии [9-14]. Со ссылкой на К.А. Куликова [5] отметим, что движение полюса можно разделить на две составляющих – периодическую и вековую. В первой – мгновенный полюс Земли перемещается по ее поверхности вокруг среднего полюса в направлении вращения Земли (с запада на восток), т. е. против часовой стрелки. Траектория движения полюсов имеет вид то раскручивающейся, то закручивающейся спирали, при чем период такой раскрутки-закрутки (цикла) около 6,5 лет [11]. В пределах таких циклов полюс совершает два наиболее значимых периодических движения: свободное с периодом около 14 мес. и вынужденное с годовым периодом (при этом первое по интенсивности втрое превышает второе) и третье – с полугодовым (с интенсивностью в 60 крат ниже первого и 20 крат ниже второго). Период движения полюса вращения земли – 14 мес. принято называть *периодом Чандлера или свободной нутации, или чандлеровскими биениями, или полюсным приливом* [4-7, 10, 12]. Наличие годовой гармоник принято объяснять сезонными перемещениями воздушных и водных масс по земной поверхности [4-7, 9, 11]. Однако в работе В.В. Перепелкина [8] подчеркивается, что не только чандлеровская, но и годичная компоненты колебаний имеют небесно-механическую природу и обусловлены гравитационно-приливным воздействием Солнца и Луны. Этот вывод В.В. Перепелкина разделяем и мы. Что касается вековой составляющей, то, как показывают наблюдения, Северный полюс Земли за 20-е столетие смещался по сложной кривой в направлении меридианов $79-75^\circ$ з.д. [5, 6, 10, 11, 14, 15].

Целью настоящей работы является получение количественных оценок сезонной изменчивости мгновенного положения Северного полюса вращения Земли (МПСПВЗ) на базе массивов данных наблюдений EOPC01 и EOPC04 Международной службы параметров вращения Земли (The International Earth Rotation and Reference Systems Service – IERS) [1, 2]. Авторы выражают благодарность А.В. Смирнову за помощь в обработке данных.

Материалы и методы, результаты

Исследование выполнено на материалах многолетних массивов IERS с дискретностью 0,05 г. за период 1890-2020 гг. [1]¹ и дискретностью 1 сутки за период 1962-2020 гг. [2]. Координаты МПСПВЗ – X и Y в угловых секундах, составляющие на Гринвичский и 90-й западный меридианы, соответственно – были преобразованы в метрическую систему координат с началом в районе Северного географического полюса [14], а затем рассчитаны модуль M и направление α результирующего

¹ Часть массива [1] с дискретностью 0,1 г. на интервале 1846-1889 гг. исключена из анализа внутригодовой изменчивости МПСПВЗ в настоящей работе, поскольку на этом интервале данные за апрель отсутствуют вовсе, данные за октябрь отсутствуют в году, следующем за високосным и тогда же появляются данные за ноябрь.

вектора² между географическим и мгновенным полюсами. С физической точки зрения М характеризует удаленность мгновенного полюса от географического (рис. 2). В настоящем исследовании использовались параметры X-1, Y-1 и M-1 массива [1] и X-4, Y-4 и M-4 массива [2].

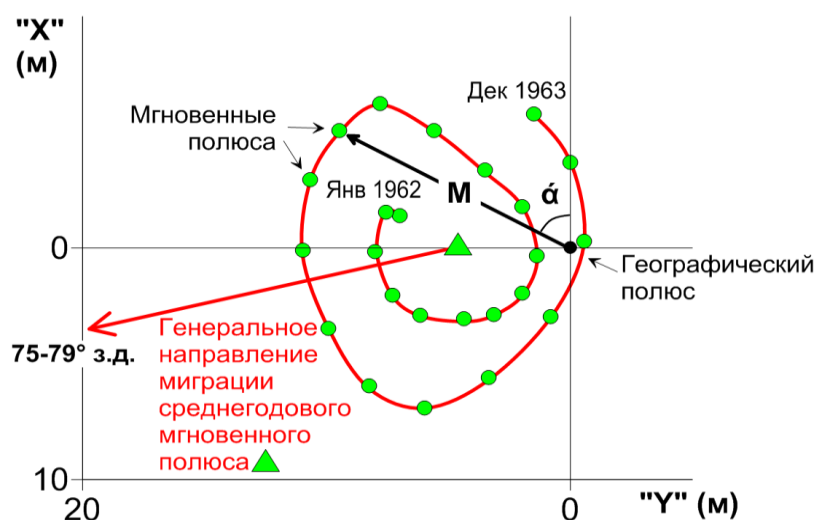


Рис. 2. Траектория МПСПВЗ на примере 1962-1963 гг. (по данным из [2]). М – результирующий вектор

На рис. 3 представлена временная изменчивость с месячной дискретностью параметров МПСПВЗ X-4, Y-4 и M-4, наглядно показывающая, что минимумы и максимумы этих параметров наступают через 13-14 мес., по крайней мере, в пределах цикла около 6-7 лет. Стало быть, годовая гармоника в явном виде не проявляется. Это нагляднее подтверждается данными табл. 1, где представлена внутригодовая изменчивость M-4 с помеченными экстремумами внутри каждого года, позволяющая видеть, как в пределах цикла происходит смещение экстремумов. Иными словами, сезонный ход (СезХ) M-4 меняется от года к году в пределах цикла (табл. 2).

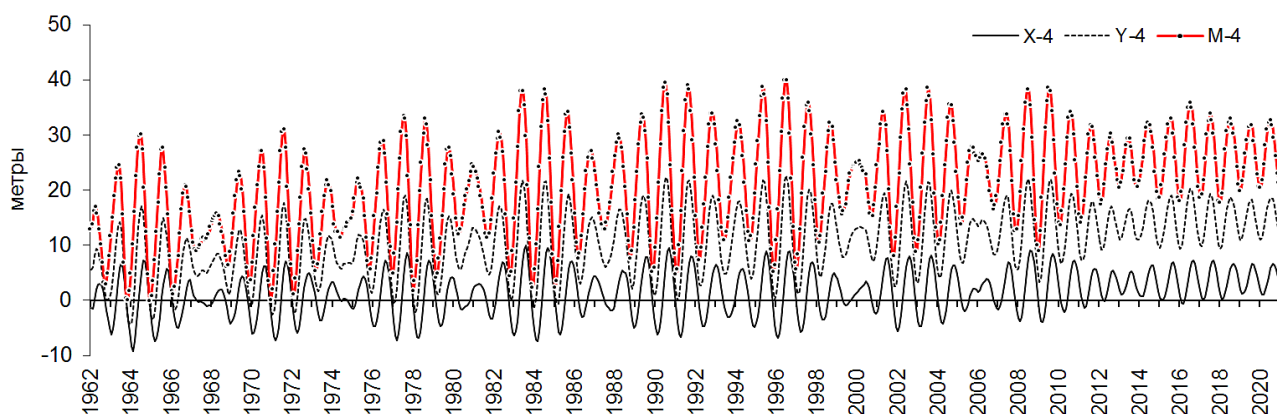


Рис. 3. Временная изменчивость параметров МПСПВЗ X-4, Y-4 и M-4 (м) за период 1962-2020 гг., дискретность месячная, рассчитано по [2]

Таблица 1

Сезонный ход параметра M-4 (м) за период 1962-2020 гг., рассчитано по [2]

Годы	Месяцы												I-XII	Раз-мах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1962	7,1	7,7	8,0	7,6	6,8	5,3	4,2	2,8	1,5	2,7	4,9	7,5	5,5	6,5

² Временной анализ модуля результирующего вектора МПСПВЗ, вероятно, выполняется впервые.

Годы	Месяцы												I-XII	Раз-мах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1963	10,0	10,8	<u>11,1</u>	11,0	10,6	10,2	9,1	6,5	3,1	<i>1,2</i>	3,7	6,0	7,8	9,9
1964	9,2	11,9	12,8	13,5	<u>14,2</u>	13,9	13,0	11,4	8,6	5,5	2,4	<i>1,2</i>	9,8	13,0
1965	4,0	6,9	9,2	10,9	12,2	13,1	<u>13,4</u>	12,5	10,3	8,4	6,5	3,5	9,2	9,9
1966	<i>0,9</i>	2,0	4,1	6,1	7,4	8,5	9,8	<u>10,4</u>	10,2	9,3	8,0	6,7	7,0	9,5
1967	5,4	4,7	<i>4,4</i>	4,5	4,8	5,1	5,7	<i>5,9</i>	5,9	6,1	6,5	<u>7,1</u>	5,5	2,7
1968	7,5	<u>7,5</u>	7,4	7,3	6,9	6,2	5,4	4,7	4,0	3,7	5,4	7,2	6,1	3,7
1969	8,3	9,7	10,7	<u>11,0</u>	10,8	9,8	8,5	6,6	4,6	2,6	2,4	4,7	7,5	8,6
1970	7,9	9,8	11,4	12,3	<u>12,5</u>	12,5	11,6	9,9	7,8	4,9	<i>1,5</i>	1,5	8,6	11,0
1971	4,5	7,7	10,3	12,2	13,5	<u>14,3</u>	14,2	13,3	11,5	8,6	5,8	2,8	9,9	11,4
1972	<i>1,1</i>	3,3	6,0	8,6	10,2	11,1	12,2	<u>12,7</u>	11,8	10,1	8,4	6,6	8,5	11,6
1973	4,4	<i>3,0</i>	3,1	4,8	6,9	8,2	9,4	10,0	<u>10,2</u>	10,0	9,2	8,6	7,3	7,2
1974	7,2	6,0	<i>5,5</i>	5,7	5,7	5,8	6,4	6,5	6,5	7,2	7,7	<u>8,2</u>	6,5	2,7
1975	8,8	9,7	<u>10,5</u>	10,2	9,3	8,7	7,8	6,3	4,7	3,2	3,8	6,2	7,4	7,3
1976	8,6	10,5	11,9	13,0	<u>13,4</u>	12,8	12,2	11,1	8,9	6,5	4,0	2,6	9,6	10,8
1977	5,2	8,8	11,9	13,7	14,7	<u>15,1</u>	14,9	14,0	12,4	9,5	5,9	2,2	10,7	12,9
1978	<i>2,1</i>	5,6	8,5	11,3	13,5	14,3	<u>15,0</u>	14,9	13,7	11,7	9,1	6,4	10,5	12,9
1979	3,7	<i>2,0</i>	3,8	6,4	8,6	10,4	11,8	12,6	<u>12,8</u>	12,4	11,4	9,7	8,8	10,8
1980	8,1	6,4	<i>5,7</i>	6,2	7,3	8,3	9,3	10,0	10,5	11,0	11,5	<u>11,6</u>	8,8	5,8
1981	11,1	10,4	9,8	9,0	8,3	7,4	6,4	5,8	6,2	7,6	9,3	<u>11,2</u>	8,5	5,4
1982	12,6	13,5	<u>13,7</u>	13,5	12,6	11,1	9,0	6,5	3,5	2,6	5,1	8,6	9,4	11,1
1983	11,5	14,0	16,0	17,2	<u>17,3</u>	16,4	14,7	12,4	9,0	5,1	<i>1,4</i>	3,3	11,5	15,9
1984	6,8	10,1	13,1	15,4	17,0	<u>17,4</u>	16,9	15,6	13,5	10,8	7,6	3,7	12,3	13,7
1985	<i>1,4</i>	4,1	7,7	10,7	13,1	14,6	15,3	<u>15,4</u>	14,8	13,1	11,1	9,0	10,8	14,0
1986	6,5	4,4	<i>3,8</i>	5,5	7,6	9,4	11,0	11,9	<u>12,4</u>	12,4	12,0	11,1	9,0	8,5
1987	10,1	8,9	7,8	6,9	6,3	6,2	6,7	7,6	8,7	9,9	11,2	<u>12,4</u>	8,5	6,1
1988	13,1	13,5	<u>13,6</u>	12,8	11,8	10,2	8,6	6,5	4,6	4,5	6,8	9,8	9,6	9,1
1989	11,8	13,3	14,5	<u>15,1</u>	15,0	14,2	12,8	10,6	7,8	4,4	2,7	4,9	10,6	12,4
1990	8,2	11,4	14,1	16,2	17,5	<u>17,8</u>	17,2	15,6	13,4	10,2	6,8	3,5	12,7	14,3
1991	2,9	5,7	9,1	12,5	15,1	16,8	<u>17,7</u>	17,5	16,4	14,4	12,0	9,2	12,4	14,9
1992	6,3	<i>4,1</i>	4,4	6,9	9,5	11,6	13,3	14,9	<u>15,7</u>	15,6	15,0	13,7	10,9	11,6
1993	11,9	9,8	7,6	5,7	5,3	6,1	7,4	9,3	11,0	12,6	13,7	<u>14,5</u>	9,6	9,1
1994	<u>14,9</u>	14,7	13,9	12,7	11,0	8,9	6,8	5,5	5,7	7,7	10,2	12,6	10,4	9,4
1995	14,6	16,0	17,0	<u>17,4</u>	17,1	15,7	13,5	10,4	7,0	3,9	<i>3,1</i>	6,2	11,8	14,3
1996	9,6	12,7	15,3	17,2	<u>18,3</u>	18,3	17,2	15,3	12,6	9,2	5,6	<i>3,1</i>	12,9	15,2
1997	4,2	7,1	10,2	13,1	15,2	16,4	<u>16,6</u>	15,9	14,7	12,6	10,2	7,6	12,0	12,4
1998	5,6	5,6	7,3	9,6	11,7	13,2	14,3	<u>14,9</u>	14,7	13,9	12,5	10,8	11,2	9,3
1999	9,4	8,2	7,7	7,6	8,4	9,3	10,1	10,9	11,5	<u>11,9</u>	11,8	11,8	9,9	4,2
2000	<u>11,8</u>	11,6	11,2	10,9	10,6	9,9	8,8	7,9	7,6	8,1	9,8	11,6	10,0	4,2
2001	13,2	14,4	15,2	<u>15,4</u>	14,8	13,3	11,2	8,3	5,4	3,9	5,6	8,8	10,8	11,5
2002	11,9	14,2	16,2	17,1	<u>17,2</u>	16,6	14,9	12,9	10,3	7,3	4,9	5,2	12,4	12,4
2003	7,9	10,5	12,9	15,1	16,5	<u>17,1</u>	16,9	15,7	13,6	10,9	8,0	5,6	12,6	11,5
2004	5,2	6,9	9,4	12,0	14,0	15,3	16,1	<u>16,2</u>	15,5	13,8	12,0	9,8	12,2	11,1
2005	7,9	6,6	7,0	8,4	10,2	11,7	12,8	<u>13,2</u>	13,2	12,9	12,4	12,2	10,7	6,6
2006	11,9	12,1	<u>12,1</u>	11,8	11,4	10,6	9,6	8,6	<i>8,1</i>	8,1	9,0	10,2	10,3	4,0
2007	11,7	13,1	14,3	15,2	<u>15,3</u>	14,7	13,5	11,3	9,0	6,7	6,2	7,4	11,5	9,1
2008	9,6	12,0	14,3	16,0	16,9	<u>17,0</u>	16,3	14,7	12,2	9,0	6,1	4,5	12,4	12,5
2009	5,7	8,7	11,6	14,2	15,9	16,9	<u>17,0</u>	16,1	14,4	12,0	9,6	7,4	12,5	11,3

Годы	Месяцы												I-XII	Раз-мах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
2010	6,4	7,1	9,0	11,2	13,2	14,6	<u>15,2</u>	14,9	14,1	12,6	10,6	8,6	11,5	8,8
2011	6,7	6,7	7,8	9,6	11,6	13,1	14,0	<u>14,1</u>	13,6	12,4	11,0	9,6	10,9	7,5
2012	8,5	8,2	9,0	10,6	12,0	12,7	<u>13,1</u>	13,1	12,2	11,0	10,3	9,6	10,9	5,0
2013	9,4	10,1	11,1	12,1	12,8	<u>13,0</u>	12,7	11,9	10,7	9,5	9,2	9,6	11,0	3,8
2014	10,4	11,4	12,5	13,5	<u>14,2</u>	14,2	13,6	12,9	11,5	9,8	8,5	8,5	11,8	5,7
2015	9,1	10,4	11,7	12,9	14,0	<u>14,5</u>	14,5	14,0	12,8	10,8	9,2	8,3	11,8	6,2
2016	8,7	10,1	12,0	13,9	15,2	<u>15,8</u>	15,6	14,8	13,4	11,6	9,8	8,9	12,5	7,1
2017	8,6	9,3	10,8	12,5	14,0	14,6	<u>14,7</u>	13,8	12,6	10,7	9,0	7,9	11,6	6,8
2018	8,3	9,7	11,5	13,0	14,1	<u>14,3</u>	14,2	13,6	12,7	11,5	10,2	9,1	11,9	6,0
2019	9,1	10,2	11,4	12,5	13,3	<u>13,9</u>	13,8	13,4	12,1	10,8	9,7	9,1	11,6	4,9
2020	9,3	10,4	11,8	13,1	14,1	<u>14,3</u>	14,1	13,5	12,4	11,1	9,9	9,5	12,0	4,9
1962-1999	7,5	8,5	9,5	10,6	11,2	<u>11,4</u>	11,3	10,6	9,5	8,3	7,5	7,3	9,5	4,1
2000-2020	9,1	10,2	11,6	12,9	13,9	<u>14,2</u>	13,9	13,1	11,8	10,2	9,1	8,6	11,5	5,6
<u>1962-2020</u>	8,1	9,1	10,3	11,4	12,2	<u>12,4</u>	12,2	11,5	10,3	9,0	8,1	7,8	10,2	4,6

Примечание: Максимумы даны курсивом и подчеркиванием, минимумы – курсивом.

Сравнивая таблицы 1 и 2, можно видеть, что внутригодовые экстремумы в конкретном году могут наступать в любом месяце, а для осредненных данных в пределах циклов внутригодовые максимумы, в основном, наступают в июне, а минимумы – в декабре (или со сдвигом на ± 1 мес.). Именно на июнь и декабрь приходятся экстремумы СезХ М-4, осредненного на интервалах 1962-1999, 2000-2020 и 1962-2020 гг. Для осредненных значений в пределах циклов внутригодовые максимумы Х-4, в основном, наступают в феврале-марте, минимумы – в августе-сентябре, а внутригодовые максимумы Y-4 как и М-4 – в июне, а минимумы – в декабре.

Таблица 2

**Сезонный ход параметра М-4 (м) на разных временных интервалах (циклах)
за период 1962-2020 гг., рассчитано по [2]**

Годы	Месяцы												I-XII	Размах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1962-1966	6,2	7,9	9,1	9,8	<u>10,2</u>	10,2	9,9	8,7	6,7	5,4	5,1	5,0	7,9	5,2
1967-1973	5,6	6,5	7,6	8,7	9,4	<u>9,6</u>	9,6	9,0	8,0	6,6	5,6	5,5	7,6	4,1
1974-1980	6,2	7,0	8,2	9,5	10,4	10,8	<u>11,1</u>	10,8	9,9	8,8	7,6	6,7	8,9	4,8
1981-1986	8,3	9,4	10,7	11,9	12,6	<u>12,7</u>	12,2	11,3	9,9	8,6	7,8	7,8	10,3	4,9
1987-1992	8,7	9,5	10,6	11,7	12,5	<u>12,8</u>	12,7	12,1	11,1	9,9	9,1	8,9	10,8	4,1
1993-1998	10,1	11,0	11,9	12,6	13,1	<u>13,1</u>	12,6	11,9	11,0	10,0	9,2	9,1	11,3	4,0
1999-2005	9,6	10,4	11,4	12,4	13,1	<u>13,3</u>	13,0	12,2	11,0	9,8	9,2	9,3	11,2	4,1
2006-2011	8,7	9,9	11,5	13,0	14,0	<u>14,5</u>	14,3	13,3	11,9	10,1	8,7	8,0	11,5	6,5
2012-2017	9,1	9,9	11,2	12,6	13,7	<u>14,1</u>	14,0	13,4	12,2	10,6	9,3	8,8	11,6	5,3
1962-2020	8,1	9,1	10,3	11,4	12,2	<u>12,4</u>	12,2	11,5	10,3	9,0	8,1	7,8	10,2	4,6

Примечание: Максимумы даны курсивом и подчеркиванием, минимумы – курсивом.

В табл. 3 представлены результаты спектрального анализа рядов Х-4, Y-4 и М-4. При ширине окна менее 150 мес. для всех параметров наблюдается один мощный пик спектральной плотности 606-717 м²/цикл/мес) между периодами 7,8-9,3 и 21,1 мес. Разделение одного мощного пика между этими периодами на два: 12,12- и 14,29-месячных пика – 409-597 и 1141-1339 м²/цикл/мес.) – наступало при ширине окна не менее 150 мес. Для исследования временной изменчивости в полосах частот (0,103-0,095)÷0,078 и 0,078÷(0,053-0,050) цикл/мес. или периодов (9,76-10,53)÷12,90 и 12,90÷(19,06-20,00) мес. был использован полосовой фильтр Баттуорта [16]. Анализ внутригодовой изменчивости новых рядов: исходный ряд минус отфильтрованная полоса (0,103-0,095)÷0,078 или 0,078÷(0,053-0,050) цикл/мес., не показал ничего нового: как и у исходных рядов Х-4, Y-4 и М-4, у новых рядов

внутригодовые экстремумы могут наступать в любом месяце, а для осредненных в пределах циклов внутригодовые экстремумы, как и у Y-4 и M-4, в основном, наступают в июне и декабре (или со сдвигом на ± 1 мес.). Экстремумы СезХ рядов (M-4 - пик 14 мес.) и (M-4 - пик 12 мес.) на интервалах 1962-1999, 2000-2020, 1962-2020 гг. приходятся на июнь и декабрь.

Таблица 3

Характерные масштабы временной изменчивости X-4, Y-4 и M-4 (м) за период 1962-2020 гг., рассчитано по [2]

Параметр, интервал	Период энергонесущей зоны (мес.)			Спектральная плотность		
	начало	пик	конец	начало	пик	конец
Ширина окна 100 мес.						
X-4 (1962-2020)	7,84	14,29	21,05	2,64	717,40	0,44
Y-4 (1962-2020)	9,30	14,29	21,05	1,15	704,38	4,62
M-4 (1962-2020)	5,33	6,56	8,16	0,18	12,24	0,67
	8,16	14,29	21,05	0,67	606,14	3,94
Ширина окна 150 мес.						
X-4 (1962-2020)	8,00	12,12	12,90	0,26	468,54	300,46
	12,90	14,29	30,77	300,46	1029,30	1,36
Y-4 (1962-2020)	10,00	12,12	12,90	2,24	376,79	262,99
	12,90	14,29	30,77	262,99	1014,80	3,41
M-4 (1962-2020)	5,26	6,56	6,78	0,15	16,30	7,74
	8,89	12,12	12,90	0,74	320,18	222,26
	12,90	14,29	18,18	222,26	874,81	4,80
Ширина окна 200 мес.						
X-4 (1962-2020)	10,53	12,12	12,90	5,83	596,97	137,20
	12,90	14,29	20,00	137,20	1338,60	2,19
Y-4 (1962-2020)	9,76	12,12	12,90	1,27	479,77	114,72
	12,90	14,29	20,00	114,72	1320,90	4,14
M-4 (1962-2020)	6,15	6,56	6,78	1,92	20,34	4,63
	10,53	12,12	12,90	3,67	409,49	97,25
	12,90	14,29	19,06	97,25	1141,10	3,48

Однако для отфильтрованных полос сезонная изменчивость иная. Так, для полосы с пиком 14,29 мес. хотя экстремумы от года к году и меняются в пределах цикла, но наступление как максимумов, так и минимумов отмечается, в основном, в холодную часть года (с октября по февраль), а для осредненных в пределах циклов или на интервалах 1962-1999, 2000-2020 и 1962-2020 гг. внутригодовые минимумы в основном, наступают в январе, а максимумы – в ноябре-декабре. Что касается полосы с пиком 12,12 мес., то и для этого ряда экстремумы от года к году меняются в пределах цикла, но наступление как максимумов, так и минимумов отмечается, в основном, в теплую часть года (с марта по октябрь), а для осредненных в пределах циклов или на интервалах 1962-1999, 2000-2020 и 1962-2020 гг. внутригодовые минимумы в основном, наступают в июне, а максимумы – в августе-сентябре (табл. 4).

Таблица 4

Сезонный ход параметра M-4 (м) в полосе частот $0,095 \div 0,078$ цикл/мес. на разных временных интервалах (циклах) в 1962-2020 гг., рассчитано по [2]

Годы	Месяцы												I-XII	Раз-мах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1962-1966	7,9	8,1	7,9	7,6	7,4	7,6	8,2	<u>8,2</u>	7,6	7,5	7,7	7,6	7,8	0,8
1967-1973	7,6	7,7	7,7	7,7	7,5	7,4	7,6	7,8	<u>7,9</u>	7,6	7,5	7,7	7,6	0,5
1974-1980	8,6	8,9	9,1	9,1	8,9	8,6	8,8	9,0	9,2	<u>9,2</u>	9,1	8,8	8,9	0,6
1981-1986	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,3	10,2	10,1	<i>10,1</i>	<u>10,3</u>	10,2	0,2
1987-1992	10,7	10,6	10,6	10,7	10,7	<i>10,6</i>	10,8	10,9	10,9	10,7	10,7	<u>10,9</u>	10,7	0,3
1993-1998	11,4	11,4	11,4	11,3	11,3	11,3	11,3	11,4	<u>11,5</u>	11,4	11,3	<i>11,2</i>	11,3	0,2
1999-2005	<u>11,4</u>	11,3	11,3	11,2	11,2	11,3	11,3	11,4	11,3	<i>11,2</i>	11,2	11,3	11,3	0,2
2006-2011	11,3	11,6	<u>11,6</u>	11,6	11,4	<i>11,3</i>	11,4	11,5	11,6	11,5	11,4	11,4	11,5	0,3
2012-2017	11,5	11,6	11,7	11,7	11,7	<i>11,5</i>	11,5	11,8	<u>11,9</u>	11,7	11,6	11,6	11,7	0,4
1962-1999	9,4	9,5	9,5	9,5	9,4	<i>9,3</i>	9,5	<u>9,6</u>	9,6	9,4	9,4	9,4	9,5	0,3

2000-2020	11,5	11,6	11,6	11,6	11,5	<i>11,4</i>	11,5	11,7	<u>11,7</u>	11,6	11,5	11,5	11,6	0,3
<u>1962-2020</u>	10,1	10,2	10,3	10,2	10,1	<i>10,1</i>	10,2	<u>10,3</u>	10,3	10,2	10,1	10,2	10,2	0,3

Примечание: Максимумы даны курсивом и подчеркиванием, минимумы – курсивом.

Для количественной оценки внутригодовой изменчивости параметров МПСВЗ выполнен гармонический анализ [3] для первых четырех гармоник, позволивший определить их квоты q (вклад в общую дисперсию сезонного хода), амплитуды A , фазы Θ , даты наступления максимума T_{max} , начиная с 1 января, и отношения амплитуд годовой волны к полугодовой. Из табл. 5, в которой представлены статистики гармонических постоянных СезХ Х-4, Y-4 и М-4, видно, что сезонная изменчивость характеризуется годовой гармоникой. Так, при средних за 1962-2020 гг. ежегодных значениях квоты $q_I - 0,93; 0,96$ и $0,87$ (соответственно для Х-4, Y-4 и М-4) размах q_I составляет $0,641$ (от $q_I = 0,357$ в 1974 г. до $q_I = 0,998$ в 2011 г.); $0,274$ (от $q_I = 0,724$ в 1967 г. до $q_I = 0,998$ в 1971, 2010 и 2019 гг.) и $0,194$ (от $q_I = 0,779$ в 1974 г. до $q_I = 0,972$ в 1999 г.). При средних значениях амплитуды $A_I - 4,8; 4,6$ и $3,9$ м (соответственно для Х-4, Y-4 и М-4) размах A_I составляет $8,0; 7,5$ и $5,9$ м (от минимума A_I в 1967 г. – $0,8; 1,0$ и $1,0$ м до максимума A_I в 1983-1984 гг. – $8,8; 8,5$ и $6,9$ м). При средних значениях дат наступления максимума $T_{maxI} - 26.07; 01.06$ и 28.05 (соответственно для Х-4, Y-4 и М-4) размах T_{maxI} составляет $10,66$ мес. (от $T_{maxI} = 02.01 - 1999$ г. до $T_{maxI} = 22.11 - 1986$ г.); $10,82$ мес. (от $T_{maxI} = 16.01 - 1981$ г. до $T_{maxI} = 10.11 - 1987$ г.) и $9,77$ мес. (от $T_{maxI} = 05.01 - 1974$ г. до $T_{maxI} = 29.10 - 1987$ г.).

Таблица 5

Статистики гармонических постоянных сезонного хода параметров Х-4, Y-4 и М-4 (м) за период 1962-2020 гг., рассчитано по [2]

Статистики	Гармоники						A_I/A_{II}	A_0
	I (годовая волна)			II (полугодовая волна)				
	Ампл. I	Дата I	Квота I	Ампл. II	Дата II	Квота II		
Х-4								
Среднее арифметическое	4,80	6,82	0,934	0,61	2,37	0,039	12,48	1,33
Медиана	4,52	7,41	0,978	0,64	1,92	0,012	8,89	1,11
Дисперсия	4,14	6,77	0,014	0,11	2,34	0,005	231,95	1,57
Среднее квадратичное отклонение	2,04	2,60	0,12	0,33	1,53	0,07	15,23	1,25
Коеф. асимметрии	0,09	-0,87	-3,54	0,36	0,22	3,31	5,04	0,30
Коеф. эксцесса	-1,05	0,37	14,12	-0,54	-1,55	12,80	31,97	-0,90
Макс. значение	8,84	10,71	0,998	1,40	5,346	0,374	112,89	3,8
Мин. значение	0,81	0,06	0,357	0,04	0,286	0,000	0,98	-1,07
Размах распределения	8,03	10,66	0,641	1,36	5,060	0,374	111,91	4,85
Y-4								
Среднее арифметическое	4,63	5,02	0,957	0,57	2,87	0,025	12,65	9,20
Медиана	4,68	4,79	0,976	0,55	3,50	0,013	8,61	9,65
Дисперсия	3,52	5,36	0,003	0,08	2,93	0,001	406,66	3,27
Среднее квадратичное отклонение	1,88	2,32	0,05	0,29	1,71	0,03	20,17	1,81
Коеф. асимметрии	-0,07	0,28	-3,00	0,27	-0,07	3,15	6,32	-0,66
Коеф. эксцесса	-1,02	-0,47	10,65	-0,45	-1,50	12,82	44,49	-0,64
Макс. значение	8,46	10,33	0,998	1,28	5,944	0,189	156,31	11,7
Мин. значение	0,97	0,51	0,724	0,02	0,137	0,000	1,96	4,83
Размах распределения	7,49	9,82	0,274	1,27	5,807	0,189	154,34	6,84
М-4								
Среднее арифметическое	3,91	4,89	0,866	0,79	3,67	0,039	5,51	10,20
Медиана	4,20	5,19	0,843	0,67	4,18	0,037	4,90	10,68
Дисперсия	2,02	4,69	0,003	0,15	3,30	0,0005	4,58	3,65
Среднее квадратичное отклонение	1,42	2,17	0,05	0,38	1,82	0,02	2,14	1,91
Коеф. асимметрии	-0,14	0,04	0,55	0,81	-1,02	0,47	1,36	-0,75
Коеф. эксцесса	-0,74	-0,17	-1,10	0,03	-0,20	-0,55	1,20	-0,20
Макс. значение	6,86	9,92	0,972	1,75	5,996	0,091	11,74	12,86
Мин. значение	0,99	0,16	0,779	0,19	0,072	0,006	2,99	5,50
Размах распределения	5,87	9,77	0,194	1,56	5,924	0,086	8,75	7,35

Из табл. 6, в которой представлены гармоники СезХ М-4, осредненного в пределах цикла, видно, что сезонная изменчивость и в этом случае характеризуется годовой волной, однако с меньшим размахом гармонических постоянных между циклами. Так, наибольшая величина квоты $q_I = 0,784$ отмечается для цикла за 1962-1966 гг., а наименьшая – $q_I = 0,520$ (1993-1998 гг.); максимальная амплитуда $A_I = 4,55$ м (2006-2011 гг.), минимальная – $A_I = 3,08$ м (1967-1973 гг.); самое раннее наступления максимума $T_{maxI} = 17.05$ отмечается для цикла за 1962-1966 гг., а самое позднее – $T_{maxI} = 21.06$ (1974-1980 гг.). Для СезХ М-4, среднего для всего ряда (1962-2020 гг.) гармонические постоянные таковы: $q_I = 0,658$, $A_I = 3,62$ м, $T_{maxI} = 06.06$; $q_{II} = 0,064$, $A_{II} = 1,13$ м, $T_{maxII} = 08.03(08.09)$; $A_I/A_{II} = 3,20$.

Таблица 6

Гармонические постоянные сезонного хода параметра М-4 (м) на разных временных интервалах (циклах) за период 1962-2020 гг., рассчитано по [2]

Параметр, интервал	Гармоники						A_I/A_{II}	A_0
	I (годовая волна)			II (полугодовая волна)				
	Ампл. I	Дата I	Квота I	Ампл. II	Дата II	Квота II		
1962-1966	3,55	17.05	0,784	0,72	02.03(02.09)	0,032	4,95	7,86
1967-1973	3,08	07.06	0,748	0,77	06.03(06.09)	0,047	3,99	7,63
1974-1980	3,41	21.06	0,713	1,09	09.03(09.09)	0,072	3,14	8,92
1981-1986	3,75	29.05	0,670	1,08	10.03(10.09)	0,056	3,46	10,27
1987-1992	3,50	11.06	0,593	1,22	10.03(10.09)	0,072	2,87	10,80
1993-1998	3,36	28.05	0,520	1,42	07.03(07.09)	0,093	2,36	11,30
1999-2005	3,51	03.06	0,562	1,22	09.03(09.09)	0,068	2,87	11,22
2006-2011	4,55	06.06	0,735	1,25	06.03(06.09)	0,055	3,65	11,50
2012-2017	4,17	11.06	0,669	1,26	07.03(07.09)	0,061	3,31	11,59
1962-1999	3,31	05.06	0,647	1,06	08.03(08.09)	0,066	3,13	9,45
2000-2020	4,20	06.06	0,675	1,27	08.03(08.09)	0,061	3,31	11,55
1962-2020	3,62	06.06	0,658	1,13	08.03(08.09)	0,064	3,20	10,20

Для выявления тесноты связи между сезонной изменчивостью параметров Х-1, Y-1 и М-1 или Х-4, Y-4 и М-4, а также между массивами [1 и 2] выполнен корреляционный анализ [3] (табл. 7). Теснота связи между координатами Х-1 и Y-1, как и между Х-4 и Y-4, для большинства циклов очень слабая ($r \leq \pm 0,1$) и только в циклах 1894-1899 гг. и 1919-1924 гг. становится слабоотрицательной – $r = (-0,22) \div (-0,25)$, а в 1944-1948 гг. – слабоположительной – $r = 0,23$. Между Х-1 и М-1, как и между Х-4 и М-4, для большинства циклов теснота связи слабая – ($r \leq \pm 0,1 \div 0,3$) и только в циклах 1894-1899, 1913-1918 гг. возрастает до умеренноотрицательной – $r = (-0,40)$, а в циклах 1944-1948, 1949-1954 и 2012-2017 гг. – до умеренноположительной – $r = 0,30 \div 0,48$; за исключением циклов 1925-1934, 1935-1943, 1962-1966, 1967-1973 и 1981-1986 гг., в которых теснота связи снижается до очень слабой ($r \leq \pm 0,1$). Между Y-1 и М-1, как и между Y-4 и М-4, для большинства циклов теснота связи очень высокая – $r = 0,946 \div 0,998$ и только в циклах 1913-1918, 1919-1924 и 1944-1948 гг. снижается до $r = 0,88 \div 0,89$.

Между Х-1 и Х-4, Y-1 и Y-4 или М-1 и М-4 для большинства циклов теснота связи очень высокая – $r = 0,901 \div 0,929$, за исключением циклов 1967-1973 и 1974-1980 гг. между М-1 и М-4, в который теснота связи несколько ниже – $r = 0,886 \div 0,897$. Это свидетельствует о сходстве временных структур между массивами [1 и 2].

Выше отмечались два взгляда на причину существования годовой периодичности движения МПСВЗ. Согласно первому [4-7, 9, 11], наличие годовой гармонике объясняется сезонными перемещениями воздушных и водных масс по земной поверхности, а второму [8] – не только чандлеровская, но и годичная компоненты колебаний имеют небесно-механическую природу и обусловлены гравитационно-приливным воздействием Солнца и Луны. Для прояснения причины обратимся к внешним факторам – вынуждающим геокосмическим силам: расстоянию от барицентра масс солнечной системы до центра Солнца ($D_{б.ц.}$) (км) (1900-2019) [17]; потенциалу приливообразующих сил

Луны и Солнца (ППОСЛиС) ($\text{см}^2/\text{с}^2$) (1850-2019) [18] и угловой скорости вращения Земли (УСВЗ) ν^3 (1956-2010) [6]. В таблице 8 представлены результаты расчета кросс-спектра между вынуждающими силами и квазициклическими 14 и 12 мес. параметров МПСВЗ X-1, Y-1, M-1 [1] и X-4, Y-4, M-4 [2], из которой следует, что изменчивость параметров X-1, Y-1, M-1 и X-4, Y-4, M-4 с периодом 11,8 мес. обусловлена как ППОСЛиС (когерентность $C = 0,90 \div 0,99$, сдвиг фаз $f = (-115,6^\circ) \div 138,6^\circ$ или $(-3,8) \div 4,5$ мес.), так и УСВЗ, ν (когерентность $C = 0,99$, сдвиг фаз $f = (-70,0^\circ) \div 161,1^\circ$ или $(-2,3) \div 5,3$ мес.). Кроме того, изменчивость параметров Y-4 и M-4 с периодом 11,8 мес. обусловлена положением барицентра (расстоянием от барицентра масс солнечной системы до центра Солнца, $D_{\text{б.ц.}}$) (когерентность $C = 0,41 \div 0,50$, сдвиг фаз $f = (-172,0^\circ) \div 16,1^\circ$ или $(-5,6) \div 0,5$ мес.), а изменчивость X-4 также обусловлена положением барицентра, но с периодом 12,5 мес. (когерентность $C = 0,48$, сдвиг фаз $f = 115,1^\circ$ или 4,0 мес.).

Таблица 7

Теснота корреляционной связи (r) между сезонным ходом параметров X-1, Y-1, M-1 и X-4, Y-4, M-4 (m) на разных временных интервалах (циклах) за период 1890-2020 гг., по [1, 2]

Годы	Параметры								
	X-1 - Y-1	X-1- M-1	Y-1- M-1	X-4- Y-4	X-4- M-4	Y-4- M-4	X-1- X-4	Y-1- Y-4	M-1- M-4
1894-1899	-0,245	-0,398	0,944	-	-	-	-	-	-
1900-1906	-0,061	-0,157	0,974	-	-	-	-	-	-
1907-1912	-0,004	0,200	0,972	-	-	-	-	-	-
1913-1918	-0,036	-0,400	0,878	-	-	-	-	-	-
1919-1924	-0,221	0,134	0,884	-	-	-	-	-	-
1925-1934	0,099	-0,009	0,971	-	-	-	-	-	-
1935-1943	0,038	0,076	0,989	-	-	-	-	-	-
1944-1948	0,232	0,485	0,888	-	-	-	-	-	-
1949-1954	0,015	0,302	0,948	-	-	-	-	-	-
1955-1961	0,020	0,128	0,983	-	-	-	-	-	-
1962-1966	-0,005	-0,091	0,994	0,023	-0,073	0,993	0,918	0,909	0,908
1967-1973	0,068	0,057	0,998	0,086	0,077	0,998	0,912	0,903	0,897
1974-1980	0,069	0,159	0,990	0,075	0,176	0,990	0,906	0,901	0,886
1981-1986	-0,062	0,086	0,988	-0,045	0,107	0,987	0,917	0,911	0,908
1987-1992	0,034	0,203	0,985	0,039	0,211	0,984	0,908	0,908	0,903
1993-1998	-0,015	0,111	0,984	-0,005	0,109	0,988	0,906	0,903	0,904
1999-2005	0,036	0,229	0,980	0,065	0,245	0,982	0,923	0,912	0,916
2006-2011	-0,058	0,186	0,968	-0,034	0,217	0,966	0,929	0,920	0,916
2012-2017	0,013	0,331	0,946	0,028	0,343	0,946	0,922	0,917	0,917
1890-1961	-0,069	-0,009	0,995	-	-	-	-	-	-
1962-1999	0,017	0,092	0,995	0,037	0,114	0,995	0,912	0,903	0,899
2000-2020	-0,019	0,246	0,963	0,008	0,270	0,963	0,927	0,917	0,917
1962-2020	0,003	0,153	0,987	0,025	0,176	0,987	0,918	0,909	0,907

³ Безразмерная величина, равная отношению отклонения действительной длительности земных суток T от эталонной P = 86400 с к длительности эталонных суток P ($\nu = -(T-P)/P$), увеличенная в 10^{10} крат [6].

Период T , спектр мощности S , фаза f , когерентность C для рядов вынуждающих сил (средне-месячные значения): расстояния от барицентра масс солнечной системы до центра Солнца, $D_{б.л.}$ (км); ППОСЛиС ($см^2/с^2$); угловой скорости вращения Земли, v и параметров X-1, Y-1, M-1 (1890-2020) и X-4, Y-4, M-4 (1962-2020) (м), рассчитано по [1, 2, 6, 16, 17]

Период	Параметры спектра	X-1	Y-1	M-1	X-4	Y-4	M-4
Расстояния от барицентра, $D_{б.л.}$ (1900-2020)							
Квазичетырнадцатимесячные	T	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29
	S	527490	533130	373720	685990	691020	678990
	f	102,8	-12,6	-12,3	-36,0	-128,2	126,4
	C	0,23	0,23	0,20	0,22	0,22	0,23
Квазидвенадцатимесячные	T	11,77	11,77	11,77	12,48	11,77	11,77
	S	260260	219070	206910	472580	440880	425570
	f	105,2	-9,3	164,4	115,1	-172,0	16,1
	C	0,25	0,27	0,31	0,48	0,41	0,50
ППОСЛиС (1890-2020)							
Квазичетырнадцатимесячные	T	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29
	S	63,65	62,9	44,3	75,8	75,8	62,4
	f	25,6	117,9	145,2	-43,8	-139,8	150,2
	C	0,24	0,24	0,22	0,17	0,17	0,15
Квазидвенадцатимесячные	T	11,77	11,77	11,77	11,77	11,77	11,77
	S	3951,4	3033,8	2157,6	3627,6	3273,2	2902,
	f	138,6	-49,7	-41,4	-115,6	24,1	-14,4
	C	0,99	0,98	0,90	0,99	0,99	0,98
Угловая скорость вращения Земли, v (1956-2010)							
Квазичетырнадцатимесячные	T	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29
	S	1127,2	1093,9	973,5	1089,3	1050,5	921,5
	f	177,3	87,8	81,9	163,8	-75,2	69,5
	C	0,50	0,49	0,48	0,46	0,45	0,43
Квазидвенадцатимесячные	T	11,77	11,77	11,77	11,77	11,77	11,77
	S	8377,4	7390,8	6510,5	8142,8	7357,7	6474,9
	f	4,5	94,0	87,5	161,1	-70,0	62,8
	C	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

Заключение

Поскольку траектория движения полюсов имеет вид то раскручивающейся, то закручивающейся спирали, с периодом такой раскрутки-закрутки (цикла) около 6,5 лет, в пределах которого полюс совершает два наиболее значимых периодических движения с периодами 14 и 12 мес. (при этом первое по интенсивности в 2,8 раза превышает второе, табл. 3), то, вполне понятно, что внутригодовые экстремумы параметров МПСЛВЗ в конкретном году могут наступать в любом месяце. Для осреднения в пределах циклов внутригодовые максимумы X-4, в основном, наступают в февралемарте, минимумы – в августе-сентябре, а внутригодовые максимумы Y-4 и M-4 – в июне, а минимумы – в декабре. Из гармонического анализа внутригодовой изменчивости параметров МПСЛВЗ за каждый год видно, что СезХ характеризуется годовой гармоникой. Так, при средних за 1962-2020 гг. ежегодных значениях квоты q_I – 0,93; 0,96 и 0,87 (соответственно для X-4, Y-4 и M-4) размах q_I составляет 0,641 (от $q_I = 0,357$ в 1974 г. до $q_I = 0,998$ в 2011 г.); 0,274 (от $q_I = 0,724$ в 1967 г. до $q_I = 0,998$ в 1971, 2010 и 2019 гг.) и 0,194 (от $q_I = 0,779$ в 1974 г. до $q_I = 0,972$ в 1999 г.). При средних значениях амплитуды A_I – 4,8; 4,6 и 3,9 м (соответственно для X-4, Y-4 и M-4) размах A_I составляет 8,0; 7,5 и 5,9 м (от минимума A_I в 1967 г. – 0,8; 1,0 и 1,0 м до максимума A_I в 1983-1984 гг. – 8,8; 8,5 и 6,9 м). При средних значениях дат наступления максимума T_{maxI} – 26.07; 01.06 и 28.05 (соответственно для X-4, Y-4 и M-4) размах T_{maxI} составляет 10,66 мес. (от $T_{maxI} = 02.01$ – 1999 г. до $T_{maxI} = 22.11$ – 1986 г.); 10,82 мес. (от $T_{maxI} = 16.01$ – 1981 г. до $T_{maxI} = 10.11$ – 1987 г.) и 9,77 мес. (от $T_{maxI} = 05.01$ – 1974 г. до $T_{maxI} = 29.10$ – 1987 г.). Для СезХ X-4, Y-4 и M-4, среднего для всего ряда (1962-2020 гг.) гармонические постоянные таковы: $q_I = 0,999$, $A_I = 2,9$ м, $T_{maxI} = 22.08$; $q_I = 0,999$, $A_I = 2,6$ м, $T_{maxI} = 23.05$ и $q_I = 0,658$, $A_I = 3,6$ м,

$T_{\max 1} = 06.06$. Таким образом, поскольку для параметров МПСПВЗ X-4, Y-4 и M-4 отсутствует регулярная внутригодовая изменчивость (СезX меняется от года к году), то эти параметры в качестве предиктора сезонной изменчивости гидрометеозлементов в Атлантическом океане и его бассейне использовать не стоит, во всяком случае, нужно к этому относиться с большой осторожностью.

Для выявления тесноты связи между сезонной изменчивостью параметров X-1, Y-1 и M-1 или X-4, Y-4 и M-4, а также между массивами [1 и 2] выполнен корреляционный анализ [3] (табл. 7). Теснота связи между координатами X-1 и Y-1, как и между X-4 и Y-4, для большинства циклов очень слабая ($r \leq \pm 0,1$) или слабая $r \leq \pm 0,25$). Между X-1 и M-1, как и между X-4 и M-4, для большинства циклов теснота связи слабая – ($r \leq \pm 0,1 \div 0,3$) иногда умеренная $r \leq \pm 0,5$. Между Y-1 и M-1, как и между Y-4 и M-4, теснота связи – $r = 0,878 \div 0,998$, а между X-1 и X-4, Y-1 и Y-4 или M-1 и M-4 теснота связи несколько ниже – $r = 0,886 \div 0,929$. Стало быть, значительное превышение тесноты связи между Y-1 и M-1 или Y-4 и M-4 над X-1 и M-1 или X-4 и M-4 можно объяснить «вековым» смещением Северного полюса Земли за 130 лет по сложной кривой в направлении меридианов 79-75° з.д. [5, 6, 11, 14, 15], а очень высокая теснота связи сезонной изменчивости между параметрами из [1] и [2] на интервале 1962-2020 гг., позволяет корректно использовать не только ряды с суточной дискретностью из [2], но и с дискретностью 0,05 г. из [1] на интервале 1890-2020 гг.

На причину существования годовой периодичности движения МПСПВЗ имеются разные мнения. Наиболее часто [4-7, 9, 11] наличие годовой гармоник объясняется сезонными перемещениями воздушных и водных масс по земной поверхности – в частности, с формированием зимнего антициклона в Сибири и с нарастанием там снежного покрова [5], либо с системой Эль-Ниньо - Южное колебание [9]. Однако следует иметь в виду, что в [6] сезонный ход УСВЗ тоже увязывается с сезонными перемещениями воздушных и водных масс по земной поверхности, при этом с января по апрель вращение Земли замедляется, с апреля по август – ускоряется, с августа по ноябрь – вновь замедляется и с ноября по январь – снова ускоряется. Таким образом, сезонные перемещения воздушных и водных масс по подстилающей поверхности Земли, с одной стороны, в качестве причины существования годовой гармоник движения МПСПВЗ с неустойчивым СезX (с меняющимися от года к году экстремумами), а с другой – с наличием устойчивого неправильного полугодового СезX УСВЗ вызывают сомнение. Мы разделяем точку зрения В.В. Перепелкина [8], по которой не только чандлеровская, но и годичная компоненты колебаний имеют небесно-механическую природу и обусловлены гравитационно-приливным воздействием Солнца и Луны. Это подтверждается результатами расчета кросс-спектра между вынуждающими силами (положением барицентра $D_{б.ц.}$, ППОСЛиС и УСВЗ, ν) и квазициклическими 14 и 12 мес. параметров МПСПВЗ X-1, Y-1, M-1 [1] и X-4, Y-4, M-4 [2] (табл. 8), из которой следует, что изменчивость параметров X-1, Y-1, M-1 и X-4, Y-4, M-4 с периодом 11,8 мес. обусловлена как ППОСЛиС (когерентность $C = 0,90 \div 0,99$, сдвиг фаз $f = (-115,6^\circ) \div 138,6^\circ$ или $(-3,8) \div 4,5$ мес.), так и УСВЗ, ν (когерентность $C = 0,99$, сдвиг фаз $f = (-70,0^\circ) \div 161,1^\circ$ или $(-2,3) \div 5,3$ мес.). Кроме того, изменчивость параметров Y-4 и M-4 с периодом 11,8 мес. обусловлена положением барицентра $D_{б.ц.}$ (когерентность $C = 0,41 \div 0,50$, сдвиг фаз $f = (-172,0^\circ) \div 16,1^\circ$ или $(-5,6) \div 0,5$ мес.), а изменчивость X-4 также обусловлена положением барицентра, но с периодом 12,5 мес. (когерентность $C = 0,48$, сдвиг фаз $f = 115,1^\circ$ или 4,0 мес.).

Работа выполнена в рамках госзадания ИО РАН (тема №0128-2021-0012).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IERS, 2021 The International Earth Rotation and Reference Systems Service. Electronic source / – Mode of access: <https://hpiers.obspm.fr/eoppc/eop/eopc01> (Дата обращения 21.02.2021).
2. IERS, 2021 The International Earth Rotation and Reference Systems Service. Electronic source / – Mode of access: <https://hpiers.obspm.fr/eoppc/eop/eopc04> (Дата обращения 21.02.2021).
3. Брукс К., Карузере Н. Применение статистических методов в метеорологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1963. – 416 с.
4. Манк Н., Макдональд Г. Вращение Земли. – М.: Мир, 1964. – 384 с.
5. Куликов К.А. Вращение Земли. – М.: «Недра», 1985. – 159 с.
6. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. – М.: Физматлит, 2002. – 384 с.
7. Миллер Н.О. Чандлеровское колебание в изменениях широты Пулкова за 170 лет // Астрономический вестник. – 2011. – Т. 45. – №4. – С. 353-364.

8. Перепелкин В.В. Математическое моделирование колебаний полюса возмущенных движений Земли относительно центра масс: автореферат дис. канд. физ.-мат. наук. – М., 2007. – 17 с.
9. Сидоренков Н.С. Межгодовые колебания системы атмосфера – океан – Земля // Природа. – 1999. – № 7. – С. 26-34.
10. Медведев И.П., Рабинович А.Б., Куликов Е.А. Чандлеровские биения, полюсный прилив и колебания уровня океана // Природа. – 2021. – № 7. – С. 3-14.
11. Пасынок С.Л. Методы и средства определения параметров вращения Земли // Альманах современной метрологии. – М.: Изд-во ВНИИФТРИ, 2016. – № 3 (8). – С. 269-323.
12. Дуванин А.И. Взаимодействие между макропроцессами в океане и атмосфере // Взаимодействие океана с окружающей средой. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – С. 155-167.
13. Кудерский С.К. О связи явления Эль-Ниньо с вариациями скорости вращения Земли и колебаниями оси ее вращения // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2004-2005 гг. – Калининград: АтлантНИРО, 2007. – Т. 1 – С. 14-18.
14. Краснобородько О.Ю. О повторяемости очень сильных и катастрофических Эль-Ниньо и их влиянии на промысел в Перуанском подрайоне Юго-Восточной Пацифики // Тр. АтлантНИРО. – 2018. – Т. 2. – № 2. – С. 66-83.
15. What drives 20th century polar motion? / S. Adhikari, L. Caron, B. Steinberger, J.T. Reager et al. // Earth Planet. Sci. Lett. – 2018. – V. 502. – P. 126–132.
16. Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2008. – 408 с.
17. Дубравин В.Ф. Эволюции гидрохимических структур вод Балтийского моря. – СПб.: СУ-ПЕР Издательство, 2021. – 504 с.
18. Воробьев В.Н. Долгопериодные приливы в морях Советской Арктики. (Приложение к диссертации). – Л.: Фонды ЛВИМУ, 1967.

FEATURES OF SEASONAL VARIABILITY OF THE EARTH ROTATION POLE POSITION

¹Dubravin Vladimir Filippovich, Grand PhD in Geographic sciences, Associate Professor, leading researcher

²Krasnoborodko Oleg Yuryevich, Head of the Laboratory of fishery oceanology

¹Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, email: v_dubravin@mail.ru

²Atlantic Branch of the Federal State Budget Scientific Institution “Russian Federal Research Institute of Fisheries and oceanography” (“AtlantNIRO”), Kaliningrad, Russia, email: sea@atlantniro.ru

According to the IERS data, the interannual variability of the coordinates of the position of the North Pole of the Earth's rotation was estimated with discreteness of 0.05 years for the period 1890-2020 (EOPC01) [1] and 1 day for the period 1962-2020. (IOPC04) [2]. For each of these parameters, using the methods of harmonic, correlation, spectral and statistical analysis, the harmonics of their seasonal variation were obtained and high tightness of the relationship between the series of pole coordinates was revealed in the interval 1962-2020. This allows the correct use of the IERS series in the entire interval 1890-2020.

ОСОБЕННОСТИ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ МГНОВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОЛЮСА ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

¹Краснобородько Олег Юрьевич, заведующий лабораторией промысловой океанологии

²Дубравин Владимир Филиппович, д-р геогр. наук, доцент, ведущий научный сотрудник

¹Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО»), Калининград, Россия,

e-mail: sea@atlantniro.ru

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия,

e-mail: v_dubravin@mail.ru

Выполнена оценка межгодовой изменчивости координат мгновенного положения Северного полюса вращения Земли (МПСПВЗ) с дискретностью 0,1 и 0,05 г. за периоды 1846–2020 и 1890–2020 гг. [1] и дискретностью 1 сут. за период 1962–2020 гг. [2]. Для этих параметров, используя методики корреляционного, спектрального и статистического анализа [3], получены количественные оценки их временного хода и выявлена высокая теснота связи между рядами с дискретностью 0,1 и 0,05 г. за период 1890–2020 или 1962–2020 гг. из [1] или [2], позволяющая корректное использование не только рядов из [2], но и из [1] на всем интервале 1846–2020 гг.

Введение

Вращение Земли – это сложный и пока не до конца изученный процесс, который зависит от многих факторов как внутри, на поверхности и в атмосфере Земли, так и от гравитационных возмущений со стороны Луны, Солнца и других объектов Солнечной системы [4-9]. При этом сама фигура вращающейся Земли испытывает “покачивания” вокруг оси вращения, а стало быть, имеет место перемещение мгновенного полюса вращения Земли по ее поверхности. По результатам более чем 170-летних наблюдений [1] считается, что размах “качаний” полюса по приполярной поверхности не превышает трех десятков метров. Однако это значительная величина для современных практических приложений, зависящих от качества координатно-временного обеспечения [10]. Поэтому движение полюсов непременно принимается во внимание в современных астрометрии, геодезии, гидрометеорологии, навигации, промысловой океанологии [6;8-13].

Принято считать [4, 5, 8, 9], что движение полюса можно разделить на две составляющих – периодическую и вековую. В первой, с периодами от 4 сут. до 18,6 лет [5] – мгновенный полюс Земли перемещается по ее поверхности вокруг среднего полюса в направлении вращения Земли (с запада на восток), т. е. против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой в южном. Траектория движения полюсов имеет вид то раскручивающейся, то закручивающейся спирали, при чем период такой раскрутки-закрутки (цикла) около 6,5 лет [10]. По нашим оценкам в [14, табл. 3] главными из периодических движений Северного полюса являются колебания с периодом 1,19; 1,01; 6,67 и 0,55 г. (при этом первое по интенсивности в 2,8 раза превышает второе, в 24 раза – третье и в 56 раз – четвертое).

Что касается вековой составляющей, то, как показывают наблюдения [1, 2], Северный полюс Земли за XX-е столетие смещался по сложной кривой в направлении 70-75° з.д. [4, 8, 10, 13, 15].

Ранее в [14] были рассмотрены особенности сезонной изменчивости мгновенного положения Северного полюса вращения Земли. Целью настоящей работы является получение количественных оценок межгодовой изменчивости МПСПВЗ на базе массивов данных наблюдений ЕОРС01 и ЕОРС04 Международной службы параметров вращения Земли (The International Earth Rotation and Reference Systems Service – IERS) [1, 2].

Авторы выражают благодарность А.В. Смирнову за помощь в обработке данных.

Материал и методика. Результаты.

Исследование выполнено на однородных материалах многолетних массивов IERS с дискретностью 0,1 и 0,05 г. за периоды 1846-2020⁴ и 1890-2020 гг. [1] и дискретностью 1 сут. за период 1962-2020 гг. [2]. Координаты МПСПВЗ – X и Y в угловых секундах, составляющие на Гринвичский и 90 западный меридианы, соответственно – были преобразованы в метрическую систему координат с началом в районе Северного географического полюса [13], а затем рассчитаны модуль M и направление α результирующего вектора [14]. С физической точки зрения M характеризует удаленность мгновенного полюса от географического (рис 1). В настоящем исследовании использовались среднегодовые параметры X-1', Y-1' и M-1'; X-1, Y-1 и M-1 массивов [1] и X-4, Y-4 и M-4 массива [2].

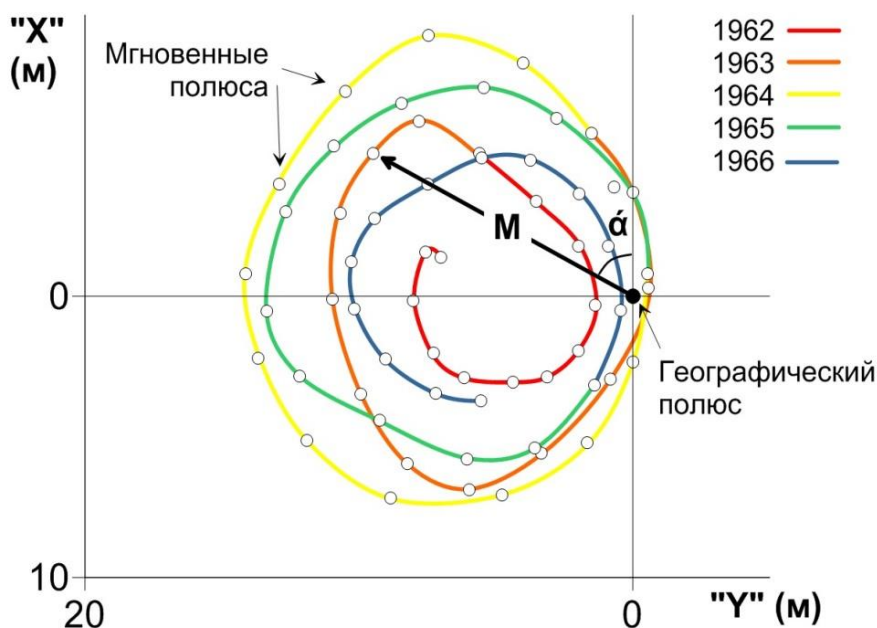


Рис. 1. Траектория МПСПВЗ на примере 1962-1966 гг., где M – модуль, α – направление результирующего вектора, рассчитано по [2]

На рис. 2 представлена временная изменчивость с годовой дискретностью параметров МПСПВЗ M-1', M-1 и M-4, показывающая сходство этих рядов на соответствующих интервалах. Подтверждением чего могут служить результаты корреляционного анализа [3] (табл. 1) – выявлена очень высокая теснота связи – $r \geq 0,97$ не только между параметрами M-1', M-1 и M-4 на разных временных интервалах, но и между координатами X-1', X-1 и X-4 или Y-1', Y-1 и Y-4. Таким образом, выявленная очень высокая теснота связи для каждого параметра между разными массивами позволяет корректное использование в том числе и ряда M-1' с дискретностью 0,1 г. из [1] на всем интервале 1846-2020 гг. Возвратимся к рис. 2, на котором кроме межгодовой изменчивости (МГИ) параметров M-1', M-1 и M-4 показаны также и линейные тренды M-1'. И так, в МГИ параметра M-1' (1846 -2020 гг.) выделяется несколько интервалов с различным характером его изменчивости: на отрезке 1846-1899 гг. можно говорить о слабом падении ($Tr_{M-1'} = -0,015$ м/год), сменяющемся слабым ростом с 1900 по 1924 гг. ($Tr_{M-1'} = 0,037$ м/год), а затем о росте с 1925 по 1999 гг. ($Tr_{M-1'} = 0,062$ м/год) и снова о слабом росте с 2000 по 2020 гг. ($Tr_{M-1'} = 0,033$ м/год). При этом для всего интервала 1846-2020 гг. тренды таковы: $Tr_{X-1'} = 0,026$ м/год; $Tr_{Y-1'} = 0,093$ м/год и $Tr_{M-1'} = 0,038$ м/год.

Кроме того, спектральный анализ временного ряда M-1', представленного на рис. 2, позволил выделить некоторые квазициклические: квазидвухлетнюю (пик 2,06 года), квазичетырехлетнюю (пик 4,08 года), квазিশестилетнюю (пик 6,45 года) и квазиодиннадцатилетнюю (пик 11,11 года) (рис. 3), характерные и для рядов X-1' или Y-1' (табл. 2).

⁴ Для удобства различия массивов из [1] с дискретностью 0,1 г. на интервале 1846-2020 гг. и 0,05 г. на интервале 1890-2020 гг. параметры с дискретностью 0,1 г. будем обозначать через X-1', Y-1' и M-1'.

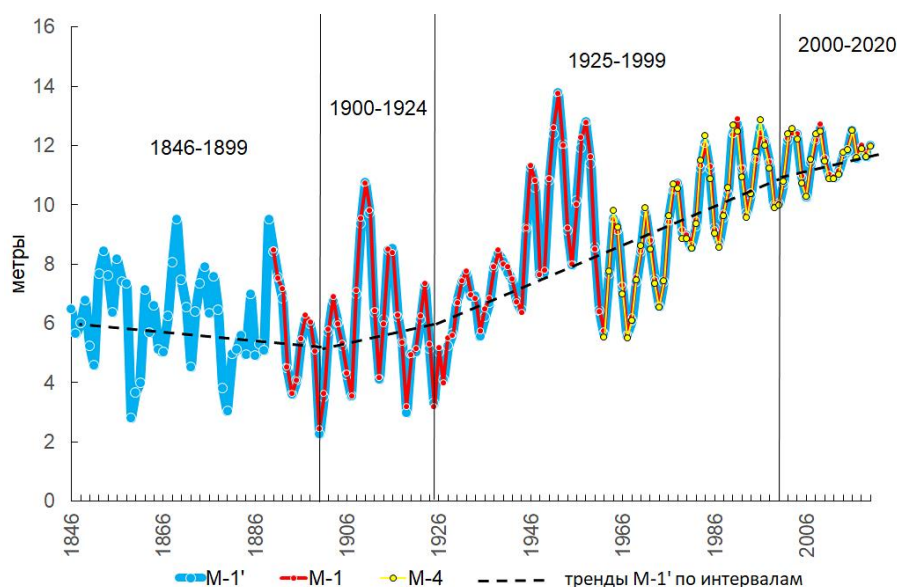


Рис. 2. Временная изменчивость параметров МПСПВЗ М-1', М-1 и М-4 (м) за период 1846-2020 гг., дискретность год, рассчитано по [1, 2]. Пунктиром показаны линейные тренды на временных промежутках

Таблица 1

Теснота корреляционной связи (r) между параметрами МПСПВЗ X-1', X-1 и X-4; Y-1', Y-1 и Y-4; M-1', M-1 и M-4 (м) на разных временных интервалах 1890-2020 гг., рассчитано по [1, 2]

Годы	Параметры								
	X-1' - X-1	X-1' - X-4	X-1 - X-4	Y-1' - Y-1	Y-1' - Y-4	Y-1 - Y-4	M-1' - M-1	M-1' - M-4	M-1 - M-4
1890-1899	0,991	-	-	0,978	-	-	0,998	-	-
1900-1924	0,990	-	-	0,995	-	-	0,999	-	-
1925-1961	0,987	-	-	0,998	-	-	0,999	-	-
1962-1999	0,9970	0,972	0,978	0,9996	0,994	0,994	0,997	0,994	0,995
2000-2020	0,999	0,990	0,988	0,997	0,980	0,974	0,998	0,991	0,988
1890-2020	0,999	-	-	0,994	-	-	0,998	-	-
1962-2020	-	0,990	0,992	-	0,996	0,996	-	0,996	0,996

Для прояснения причины возникновения выявленных квазипериодичностей обратимся к внешним факторам – вынуждающим геокосмическим силам: положению барицентра – расстоянию от барицентра масс солнечной системы до центра Солнца ($D_{б.ц.}$) (км) (1900-2019) [16]; потенциалу приливообразующих сил Луны и Солнца (ППОСЛиС) ($см^2/с^2$) (1850-2020) [17]; солнечной активности (числа Вольфа, W) (1846-2019) [18]; угловой скорости вращения Земли (УСВЗ), v^5 (1956-2010) [5] и результирующему переносу массы воздуха в экваториальной стратосфере (экваториальный перенос – Eqwind), U ($кг*м/с$) (1954-2010) [5] (табл. 3).

Результаты кроспектрального анализа, с одной стороны, показали, что квазицикличности от двух- до одиннадцатилетней для рядов X-1', Y-1' и M-1', представленные в табл. 2 (как и для рядов X-1, Y-1 и M-1 или X-4, Y-4 и M-4) обусловлены воздействием вынуждающих геокосмических сил⁶,

⁵ Безразмерная величина, равная отношению отклонения действительной длительности земных суток T от эталонной $P = 86400$ с к длительности эталонных суток P ($v = -(T-P)/P$), увеличенная в 10^{10} крат [5].

⁶ Ранее в [16] был сделан вывод о том, что вынуждающие силы: W , ППОСЛиС, U , v , хотя и получены в результате анализа солнечно-земных связей, но своим происхождением обязаны ритмике планет Солнечной системы – $D_{б.ц.}$.

а с другой – статистически достоверные связи между рядами временного хода спектральных составляющих параметров МПСВЗ и внешних сил проявляются не на всех диапазонах.

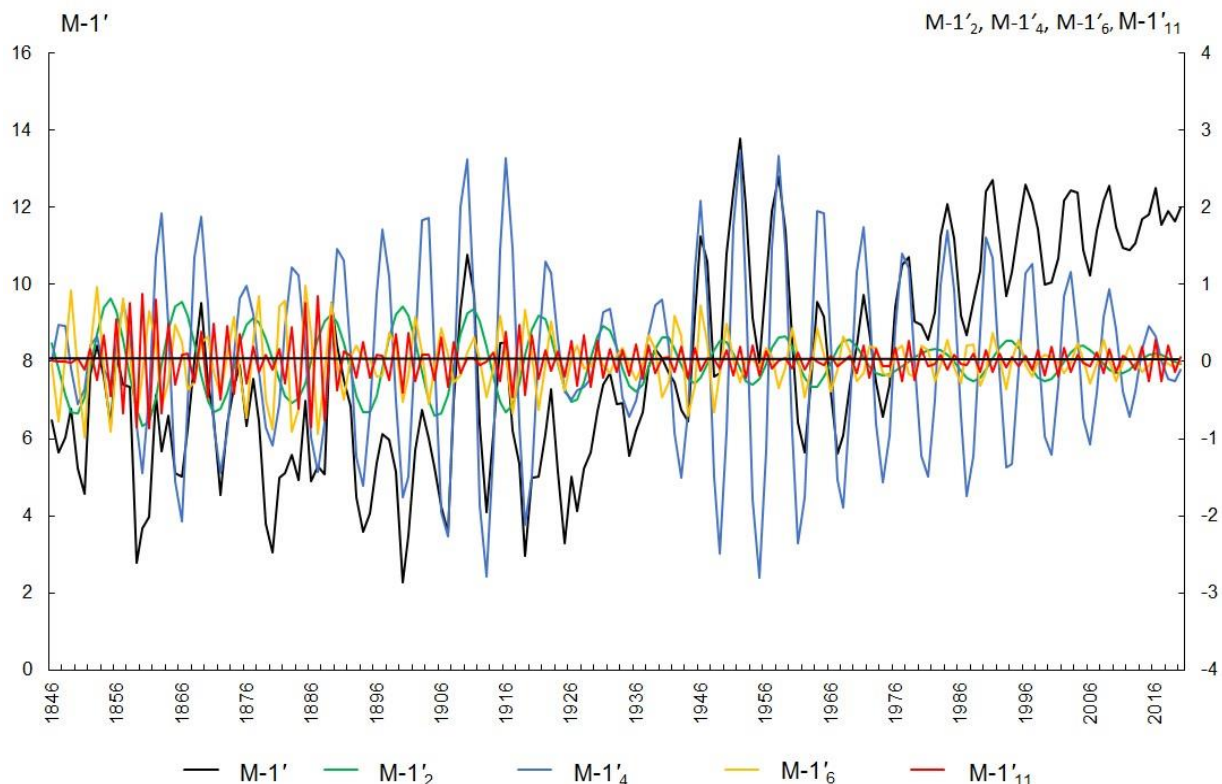


Рис. 3. Межгодовая изменчивость параметра МПСВЗ $M-1'$ и его спектральных составляющих: квазидвухлетней – $M-1'_2$; квазичетырехлетней – $M-1'_4$; квазипятилетней – $M-1'_5$; квазидесятилетней – $M-1'_{10}$; квазиодиннадцатилетней – $M-1'_{11}$ на интервале 1846-2020 гг., рассчитанная по данным [1]

Таблица 2

Характерные масштабы межгодовой изменчивости параметров МПСВЗ $X-1'$, $Y-1'$ и $M-1'$ (м) за период 1846-2020 гг., рассчитано по [1]

Период энергонесущей зоны (мес.)			Спектральная плотность		
начало	пик	конец	начало	пик	конец
X-1' (ширина окна 50 лет)					
2,00	2,06	2,38	3,70	4,15	1,04
2,60	2,86	3,23	0,43	1,23	0,52
3,77	4,35	4,76	0,72	1,14	0,82
4,76	6,25	8,00	0,82	9,84	1,97
8,00	9,52	12,50	1,97	2,84	1,31
Y-1' (ширина окна 50 лет)					
2,08	2,33	2,53	0,82	1,54	0,90
2,53	2,78	3,08	0,90	2,23	0,78
3,39	3,85	4,08	0,70	2,34	2,06
4,08	6,25	8,00	2,06	10,61	3,78
M-1' (ширина окна 50 лет)					
2,00	2,06	2,53	1,44	1,73	0,26
3,23	4,08	4,65	0,79	3,17	1,61
4,65	6,45	8,70	1,61	36,56	2,64
8,70	11,11	13,33	2,64	6,04	5,42

Таблица 3

Период T, спектр мощности S, фаза f, когерентность C для рядов вынуждающих сил (средне- годовые значения): расстояния от барицентра масс солнечной системы до центра Солнца, $D_{б.ц.}$ (км); ППОСЛиС ($см^2/с^2$); солнечной активности, W; угловой скорости вращения Земли, ν ; экваториального переноса – E_{qwind} , U ($кг*м/с$) и параметров X-1', Y-1' и M-1' (м) за период 1846-2020 гг., рассчитано по [1, 2, 5, 16-18]

Период	Параметры спектра	X-1'	Y-1'	M-1'
Расстояния от барицентра, $D_{б.ц.}$ (1900-2020)				
Квазивосьмьна-дцатилетние	T	-	20,00	15,39
	S	-	3702700	1020300
	f	-	-98,4	62,2
	C	-	0,62	0,40
Квазиодинадцатилетние	T	-	11,77	-
	S	-	903900	-
	f	-	-50,2	-
	C	-	0,46	-
Квазишестилетние	T	6,45	6,45	6,06
	S	265460	317390	352430
	f	27,0	-115,3	167,3
	C	0,61	0,54	0,44
Квазичетырех-летние	T	3,51	-	-
	S	11028	-	-
	f	110,0	-	-
	C	0,39	-	-
Квазидвухлетние	T	2,82	2,20	-
	S	10322	17768	-
	f	152,0	169,1	-
	C	0,48	0,61	-
ППОСЛиС (1850-2020)				
Квазивосьмьна-дцатилетние	T	20,00	20,00	-
	S	455,2	800,8	-
	f	53,7	62,6	-
	C	0,48	0,42	-
Квазиодинадцатилетние	T	-	11,11	-
	S	-	54,4	-
	f	-	-21,1	-
	C	-	0,42	-
Квазишестилетние	T	5,88	5,88	-
	S	16,3	24,6	-
	f	-116,8	-11,6	-
	C	0,47	0,55	-
Квазичетырех-летние (51 мес.)	T	-	4,26	4,26
	S	-	7,5	9,1
	f	-	122,2	175,8
	C	-	0,54	0,57
Квазичетырех-летние (45 мес.)	T	-	3,77	-
	S	-	9,7	-
	f	-	-129,3	-
	C	-	0,50	-
Квазидвухлетние (35-36 мес.)	T	2,90	3,03	-
	S	4,7	2,7	-
	f	-6,8	-39,7	-
	C	0,61	0,44	-
Квазидвухлетние (25-29 мес.)	T	2,06	2,41	2,08
	S	10,7	5,3	5,9
	f	-35,6	-25,2	45,9
	C	0,77	0,62	0,64
Числа Вольфа, W (1846-2019)				

Период	Параметры спектра	X-1'	Y-1'	M-1'
Квазивосемьна-дцатилет- ние	T	-	22,22	-
	S	-	216,5	-
	f	-	123,2	-
	C	-	0,59	-
Квазиодиннад- цатилетние	T	-	-	11,11
	S	-	-	421,3
	f	-	-	-21,2
	C	-	-	0,60
Квазишести- летние	T	5,71	5,56	-
	S	65,3	113,5	-
	f	72,4	-117,6	-
	C	0,51	0,75	-
Квазичетырех-летние (49-52 мес.)	T	4,35	4,17	4,08
	S	9,7	19,2	24,6
	f	-112,7	-36,3	-84,6
	C	0,47	0,69	0,70
Квазичетырех-летние (45 мес.)	T	-	3,64	-
	S	-	12,4	-
	f	-	5,6	-
	C	-	0,43	-
Квази- двухлетние (33 мес.)	T	2,74	2,78	-
	S	6,7	12,2	-
	f	150,8	65,0	-
	C	0,46	0,50	-
Квази- двухлетние (25 мес.)	T	2,08	-	2,06
	S	20,8	-	17,3
	f	80,5	-	-65,3
	C	0,56	-	0,75
Угловая скорость вращения Земли, ν (1956-2010)				
Квазишести- летние	T	-	6,56	-
	S	-	53,1	-
	f	-	10,7	-
	C	-	0,40	-
Квазичетырех-летние	T	3,70	-	4,00
	S	6,1	-	18,3
	f	73,8	-	164,4
	C	0,44	-	0,44
Квази- двухлетние	T	2,90	2,35	2,44
	S	5,1	9,5	12,2
	f	-93,8	-156,1	171,8
	C	0,50	0,57	0,53
Экваториальный перенос, U (1954-2010)				
Квазишести- летние	T	6,25	6,06	6,25
	S	2237	2315	5607
	f	-142,4	-68,2	70,2
	C	0,46	0,40	0,65
Квазичетырех-летние	T	4,55	-	3,92
	S	850	-	1120
	f	144,6	-	-63,1
	C	0,44	-	0,51
Квази- двухлетние (35 мес.)	T	2,90	-	-
	S	1735	-	-
	f	96,5	-	-
	C	0,63	-	-
Квази- двухлетние (25-29 мес.)	T	2,15	2,38	2,45
	S	2327	3192	4256
	f	-1,5	150,3	9,9
	C	0,62	0,55	0,50

Примечание: Кросс-спектр с когерентностью $C \leq 0,4$ не приводится.

Так, изменчивость параметров с квазидвухлетним периодом обусловлена изменением всех вынуждающих сил. Изменчивость параметров с периодом около 4 лет, обусловлена изменением большинства внешних сил. Однако на этой частоте отсутствует связь обусловленная: положением барицентра $D_{б.ц.}$ с $Y-1'$ и $M-1'$, изменением ППОСЛиС с $X-1'$, а УСВЗ и экваториального переноса, U с $Y-1'$. Изменчивость с периодом около 6 лет, также обусловлена изменением большинства внешних сил. Однако на этой частоте отсутствует связь обусловленная: изменением ППОСЛиС и чисел Вольфа, W с $M-1'$, а УСВЗ с $X-1'$ и $M-1'$. Изменчивость с периодом около 11 лет, обусловлена изменением $D_{б.ц.}$ или ППОСЛиС только с $Y-1'$ и чисел Вольфа W только с $M-1'$. Изменчивость с периодом около 18 лет обусловлена изменением только: $D_{б.ц.}$ для $Y-1'$, ППОСЛиС для $X-1'$ и $Y-1'$ и чисел Вольфа, W для $Y-1'$.

Что касается вековой составляющей, то, как показывают наблюдения [1, 2], Северный полюс Земли за 20-е столетие смещался по сложной кривой в направлении $70-75^\circ$ з.д. [4, 8, 10, 15]. На рис. 4 а представлена траектория МПСВЗ (м) по ежегодным значениям на интервале 1846-2020 гг. Как видим картина хаотична, поэтому не удивительно, что Н.С. Сидоренков отмечает следующее: «Данные наблюдений до 1980 г. столь противоречивы, что реальность выводимой траектории векового движения полюса вызывает сомнение. Иногда отрицается даже сама возможность векового движения полюсов» [5, с. 333-334]. Тем не менее, можно утверждать, что во второй половине XIX века МПСВЗ, в основном, располагался в восточном полушарии, за исключением 1854, 1858-1860, 1870, 1878 и 1900 гг. при некотором смещении в западное. При этом максимальное удаление от Северного полюса вдоль 90° восточного меридиана не превышало 4,5 м (1852 г.), а вдоль 180° в.д. – 3,8 м (1856 г.). С 1897 г. началось преобладающее движение вековой составляющей полюса на запад, с переходом в 1902 г. в западную полушарии, а с 2005 г. преобладающее перемещение полюса становится южным. В 2020 г. среднегодовое положение таково: $X-1' = 3,7$ м; $Y-1' = 11,3$ м; $M-1' = 12,0$ м и $tg\alpha = 19^\circ$ или 71° з.д.

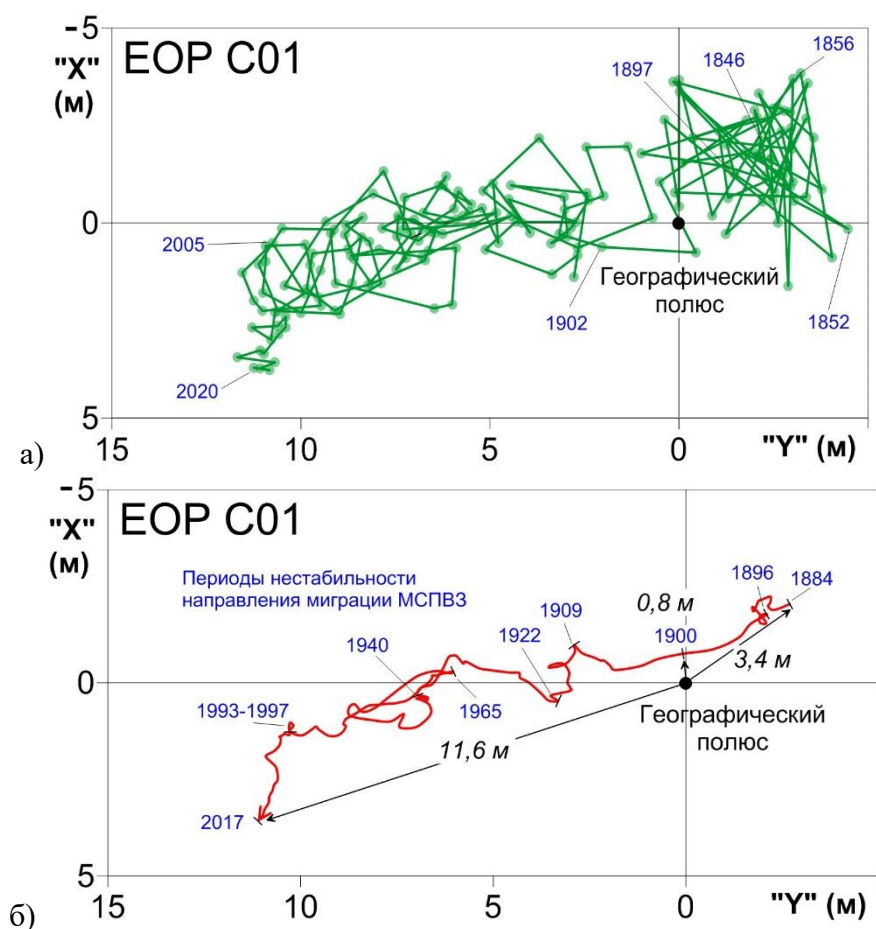


Рис. 4. Вековая траектория МПСВЗ (м) за период 1846-2020 гг.: а – дискретность 1 год; б – скользящее семилетнее среднее; рассчитано по [1]

В работах [4, 8, 10] приводится сглаженное вековое движение Северного полюса на разных временных интервалах, при этом алгоритм сглаживания указывается только С.Л. Пасынком в [10] – «усреднение по 6-летнему промежутку». На рис. 4 б показано сглаженное нами семилетнее скользящее среднее векового движения Северного полюса. Чтобы не повторять «мешанину» в движении МПСРВЗ во второй половине XIX века, представленную на рис. 4 а, на рис. 4 б «миграции» МПСРВЗ на интервале 1849-1883 гг. опущены. И так, по сглаженным данным с 1849 по 1899 гг. МПСРВЗ располагается в восточном полушарии, при этом с 1897 г. начинается преобладающее его смещение на запад, в 1900 г. он пересекает Гринвичский меридиан и переходит в западное полушарие. С 1997 г. меридиональное движение МПСРВЗ – к югу преобладает над зональным – к западу и в 2017 г. его положение таково: $X-1' = 3,6$ м; $Y-1' = 11,1$ м; $M-1' = 11,6$ м и $\text{tg}\alpha = 18^\circ$ или 72° з.д. Как видим временные отметки смены тенденции в вековом перемещении Северного полюса на рис. 4 а и 4 б совпадают с точностью осреднения, но на рис. 4 б это более наглядно. При этом различия в величине результирующего вектора по среднегодовым за 2020 г. и сглаженным за 2014-2020 гг. не велики: $M-1' = 12,0$ м, $\text{tg}\alpha = 19^\circ$ или 71° з.д. и $M-1' = 11,6$ м и $\text{tg}\alpha = 18^\circ$ или 72° з.д.

Таким образом, можно уточнить вывод сделанный в [4] о вековом составляющей МПСРВЗ: Северный полюс Земли за последние 125 лет смещался по сложной кривой в направлении $71-72^\circ$ з.д. с удалением от Географического на 11,6-12,0 м.

Заключение

Графический анализ межгодовой изменчивости параметров МПСРВЗ $X-1'$, $Y-1'$, $M-1'$ с дискретностью 0,1 г. на интервале 1846-2020 гг. и $X-1$, $Y-1$, $M-1$ на интервале 1890-2020 гг. из [1], а также $X-4$, $Y-4$, $M-4$ с дискретностью 1 сут. на интервале 1962-2020 гг. из [2] показал сходство этих рядов на соответствующих интервалах. Подтверждением чего могут служить результаты корреляционного анализа (табл. 1) – выявлена очень высокая теснота связи – $r \geq 0,97$ не только между параметрами $M-1'$, $M-1$ и $M-4$ на разных временных, но и между координатами $X-1'$, $X-1$ и $X-4$ или $Y-1'$, $Y-1$ и $Y-4$. Таким образом, полученная очень высокая теснота связи для каждого параметра между разными массивами позволяет корректное использование в том числе и ряда $M-1'$ с дискретностью 0,1 г. из [1] на всем интервале 1846-2020 гг.

Статистический анализ межгодовой изменчивости параметра $M-1'$ выявил несколько интервалов с различным характером его изменчивости: слабое падение ($T_{M-1'} = -0,015$ м/год) на интервале 1846-1899 гг.; слабый рост ($T_{M-1'} = 0,037$ м/год) – 1900-1924 гг.; рост ($T_{M-1'} = 0,062$ м/год) – 1925-1999 гг. и снова слабый рост ($T_{M-1'} = 0,033$ м/год) – 2000 по 2020 гг. При этом для всего интервала 1846-2020 гг. тренды таковы: $T_{X-1'} = 0,026$ м/год; $T_{Y-1'} = 0,093$ м/год и $T_{M-1'} = 0,038$ м/год.

Спектральный анализ временных рядов $X-1'$, $Y-1'$, $M-1'$ (1846-2020 гг.) с годовой дискретностью при ширине окна 50 лет, позволил выделить некоторые квазициклические: квазидвухлетние (пики 2,06-2,33 и 2,78-2,86 года), квазичетырехлетнюю (пик 3,85-4,35 года), квазিশестилетнюю (пик 6,25-6,45 года) и квазиодинадцатилетнюю (пик 9,52-11,11 года) (табл. 2 и рис. 3).

Обращение к внешним факторам – вынуждающим геокосмическим силам: положению барицентра – расстоянию от барицентра масс солнечной системы до центра Солнца ($D_{б.ц.}$) (км) (1900-2019) [16]; потенциалу приливообразующих сил Луны и Солнца (ППОСЛиС) ($\text{см}^2/\text{с}^2$) (1850-2020) [17]; солнечной активности (числа Вольфа, W) (1846-2019) [18]; угловой скорости вращения Земли ($УСВЗ$), v (1956-2010) [5] и результирующему переносу массы воздуха в экваториальной стратосфере (экваториальный перенос – E_{qwind}), U ($\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}$) (1954-2010) [5] позволило прояснить причины возникновения выявленных квазипериодичностей (табл. 3).

Результаты кроспектрального анализа, с одной стороны, показали, что квазициклические от квазидвух- до квазиодинадцатилетней для рядов параметров $X-1'$, $Y-1'$ и $M-1'$, представленные в табл. 2 (как и для рядов $X-1$, $Y-1$ и $M-1$ или $X-4$, $Y-4$ и $M-4$) обусловлены воздействием вынуждающих геокосмических сил⁷, а с другой – статистически достоверные связи между рядами временного хода

⁷ Ранее в [16] был сделан вывод о том, что вынуждающие силы: W , ППОСЛиС, U , v , хотя и получены в результате анализа солнечно-земных связей, но своим происхождением обязаны ритмике планет Солнечной системы – $D_{б.ц.}$.

спектральных составляющих параметров МПСВЗ и внешних сил проявляются не на всех диапазонах.

Так, изменчивость параметров с квазидвухлетним периодом обусловлена изменением всех вынуждающих сил. Изменчивость параметров с периодом около 4 лет, обусловлена изменением большинства внешних сил. Однако на этой частоте отсутствует связь обусловленная: положением барицентра $D_{б.ц.}$ с $Y-1'$ и $M-1'$, изменением ППОСЛиС с $X-1'$, а УСВЗ и экваториального переноса, U с $Y-1'$. Изменчивость параметров с периодом около 6 лет, также обусловлена изменением большинства внешних сил. Однако связь на этой частоте отсутствует обусловленная: изменением ППОСЛиС и чисел Вольфа, W с $M-1'$, а УСВЗ с $X-1'$ и $M-1'$. Изменчивость с периодом около 11 лет, обусловлена изменением $D_{б.ц.}$ или ППОСЛиС только с $Y-1'$ а чисел Вольфа W только с $M-1'$. Изменчивость с периодом около 18 лет, обусловлена изменением только: $D_{б.ц.}$ для $Y-1'$, ППОСЛиС для $X-1'$ и $Y-1'$ и чисел Вольфа, W для $Y-1'$.

Траектория МПСВЗ (м), рассчитанная по ежегодным значениям на интервале 1846-2020 гг., достаточно «запутана» (рис. 4 а), поэтому не удивительно, что Н.С. Сидоренков отмечает следующее: «Данные наблюдений до 1980 г. столь противоречивы, что реальность выводимой траектории векового движения полюса вызывает сомнение. Иногда отрицается даже сама возможность векового движения полюсов» [5, с. 333-334]. Тем не менее, можно утверждать, что во второй половине XIX века МПСВЗ, в основном, располагался в восточном полушарии, за исключением 1854, 1858-1860, 1870, 1878 и 1900 гг. при некотором смещении в западное. При этом максимальное удаление от Северного полюса вдоль 90 восточного меридиана не превышало 4,5 м (1852 г.), а вдоль 180° в.д. – 3,8 м (1856 г.). С 1897 г. началось преобладающее движение вековой составляющей полюса на запад, с переходом в 1902 г. в западной полушарии, которое в 2005 г. сменилось на южное. Так, что в 2020 г. среднегодовое положение таково: $X-1' = 3,7$ м; $Y-1' = 11,3$ м; $M-1' = 12,0$ м и $tg\alpha = 19^\circ$ или 71° з.д. В работах [4, 8, 10] приводится сглаженное вековое движение Северного полюса на разных временных интервалах, однако алгоритм сглаживания указывается только С.Л. Пасынком в [10] – «усреднение по 6-ти летнему промежутку». Сглаженное нами семилетнее скользящее среднее векового движения Северного полюса (рис. 4 б) не выявило больших отличий во временных отметках смены тенденции в вековом перемещении Северного полюса по сравнению с вековой составляющей по среднегодовым значениям – оба варианта траекторий совпадают с точностью до масштаба осреднения, но по скользящему осреднению это представлено более четко. А именно, по сглаженным данным с 1849 по 1899 гг. МПСВЗ располагается в восточном полушарии, при этом с 1897 г. начинается преобладающее его смещение на запад, в 1900 г. он пересекает Гринвичский меридиан и переходит в западное полушарие. С 1997 г. меридиональное движение МПСВЗ – к югу преобладает над зональным – к западу и в 2017 г. его положение таково: $X-1' = 3,6$ м; $Y-1' = 11,1$ м; $M-1' = 11,6$ м и $tg\alpha = 18^\circ$ или 72° з.д. При этом различия в величине результирующего вектора по среднегодовым за 2020 г. и сглаженным за 2014-2020 гг. не велики: $M-1' = 12,0$ м, $tg\alpha = 19^\circ$ или 71° з.д. и $M-1' = 11,6$ м и $tg\alpha = 18^\circ$ или 72° з.д.

Расчеты данных наблюдений из [1, 2], позволили уточнить вывод сделанный в [4] о вековой составляющей МПСВЗ: Северный полюс Земли за последние 125 лет смещался по сложной кривой в направлении 71-72° з.д. с удалением от географического полюса на 11,6-12,0 м.

Работа выполнена в рамках госзадания ИО РАН (тема №0128-2021-0012).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IERS, 2021 The International Earth Rotation and Reference Systems Service. Electronic source / – Mode of access: <https://hpiers.obspm.fr/eoppc/eop/eopc01> (Дата обращения 21.02.2021).
2. IERS, 2021 The International Earth Rotation and Reference Systems Service. Electronic source / – Mode of access: <https://hpiers.obspm.fr/eoppc/eop/eopc04> (Дата обращения 21.02.2021).
3. Брукс К., Карузерт Н. Применение статистических методов в метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – 416 с.
4. Куликов К.А. Вращение Земли. – М.: «Недра», 1985. – 159 с.
5. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. – М., 2002. – 384 с.

6. Кудерский С.К. О связи явления Эль-Ниньо с вариациями скорости вращения Земли и колебаниями оси ее вращения // Промышленно-биологические исследования АтлантНИРО в 2004-2005 гг. – Калининград: АтлантНИРО, 2007. – Т. 1 – С. 14-18.
7. Перепелкин В.В. Математическое моделирование колебаний полюса возмущенных движений Земли относительно центра масс: автореферат дис. канд. физ.-мат. наук. – М., 2007. – 17 с.
8. Топорков А.Г., Корянов В.В., Ду Ч. Учет параметров вращения Земли для высокоточного имитационного моделирования движения спутников ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей // Инженерный журнал: наука и инновации, 2020. – Вып. 10. – С. 1-18 <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2020-10-2025>.
9. Медведев И.П., Рабинович А.Б., Куликов Е.А. Чандлеровские биения, полюсный прилив и колебания уровня океана // Природа. – 2021. – № 7. – С. 3-14.
10. Пасынок С.Л. Методы и средства определения параметров вращения Земли // Альманах современной метрологии. – М.: Изд-во ВНИИФТРИ, 2016. – № 3 (8). – С. 269-323.
11. Дуванин А.И. Взаимодействие между макропроцессами в океане и атмосфере // Взаимодействие океана с окружающей средой. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – С. 155-167.
12. Сидоренков Н.С. Межгодовые колебания системы атмосфера – океан – Земля // Природа. – 1999. – № 7. – С. 26-34.
13. Краснобородько О.Ю. О повторяемости очень сильных и катастрофических Эль-Ниньо и их влиянии на промысел в Перуанском подрайоне Юго-Восточной Пацифики // Тр. АтлантНИРО. – 2018. – Т. 2. – № 2. – С. 66-83.
14. Дубравин В.Ф., Краснобородько О.Ю. Особенности сезонной изменчивости положения мгновенного полюса вращения Земли // Материалы IX Международного Балтийского морского форума 4-9 октября 2021 года: «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов - 2021», наст. сб.
15. What drives 20th century polar motion? / S. Adhikari, L. Caron, B. Steinberger, J.T. Reager et al. // Earth Planet. Sci. Lett. – 2018. – V. 502. – P. 126–132.
16. Дубравин В.Ф. Эволюции гидрохимических структур вод Балтийского моря. – СПб.: СУПЕР Издательство, 2021. – 504 с.
17. Воробьев В.Н. Долгопериодные приливы в морях Советской Арктики. (Приложение к диссертации). – Л.: Фонды ЛВИМУ, 1967.
18. Sunspot numbers. // Электрон. дан. Режим доступа URL: ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS (дата обращения: 28.08.2021).

INTERANNUAL VARIABILITY OF THE EARTH ROTATIONAL POLAR POSITIONS

¹ Krasnoborodko Oleg Yurievich, Head of the Laboratory of the Fishery Oceanology

² Dubravin Vladimir Filippovich, Grand PhD in Geographic sciences, Associate Professor, leading researcher

¹Atlantic branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (AtlantNIRO), Kaliningrad, Russia, e-mail: sea@atlantniro.ru

²Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, email: v_dubravin@mail.ru

The coordinates of the mean interannual positions of the Earth's rotational North Pole for periods 0.1 and 0.05 years in 1846-2020 and 1890-2020 [1], and for periods 1 day in 1962-2020 [2] have been assessed. Using the methods of correlation, spectral and statistical analysis [3], quantitative estimates of time variability of these parameters have been obtained. A very high connection between the time-series with periods 0.1 and 0.05 years for 1890-2020 from [1] or for 1962-2020 from [2] has been revealed. This allows the use correctly the time-series not only from [2] but also from [1] for the entire period 1846-2020.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ЗООПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ОЗЕРА ВИШТЫНЕЦКОГО

¹Кривопускова Екатерина Владимировна, ведущий инженер кафедры
ихтиологии и экологии

²Шибаета Мария Николаевна, канд. биол. наук, доцент кафедры ихтиологии и экологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹katekrivopuskova@gmail.com; ²msh@klgtu.ru

В работе проанализированы данные о видовом составе зоопланктонного сообщества прибрежной части озера Виштынецкого в летний период с 2014 по 2019 г. В литорали озера были обнаружены 64 таксономические группы. Пространственное распределение видов зоопланктона в прибрежной части озера относительно стабильно. В то же время нарастающая антропогенная нагрузка делает необходимым поиск видов-биодиагностов изменений, происходящих в озере, в особенности в прибрежной его части.

Прибрежные акватории озер являются важной частью водных экосистем. Благодаря особенностям формирования абиотических условий мелководья отличаются большим разнообразием экотопов и обеспечивают благополучное функционирование различных биоценозов. Для этих участков, за счет большого видового разнообразия гидробиологических сообществ, характерны напряженные трофические связи. В то же время в большинстве случаев именно эти участки наиболее уязвимы, в особенности к антропогенному воздействию и климатическим изменениям.

Необходимо отметить, что в последние несколько лет темпы развития рекреационной деятельности в прибрежной полосе водоемов значительно увеличились. Особенно быстро темпы увеличения рекреационной нагрузки на пресноводные экосистемы возросли в период пандемии, когда большое количество людей были ограничены в передвижении и появилась необходимость поиска новых мест для отдыха. Особенно этот вопрос оказался значимым для изолированных территорий, в частности, таких как Калининградская область.

Калининградская область отличается небольшим озерным фондом по сравнению с другими регионами Северо-Западного федерального округа, но в то же время некоторые водоемы обладают уникальными экосистемами и расположены в живописной местности, что вызывает интерес не только у исследователей, но у туристов, как организованных, так и неорганизованных. Одним из таких водоемов является озеро Виштынецкое, которое длительное время за счет своей удаленности испытывало низкий уровень антропогенной нагрузки. Начиная с 2013 года, оно стало активно включаться в программы развития туризма на территории региона [1]. С 2018 года в летний период в прибрежной зоне озера отмечается активное развитие рекреационной инфраструктуры, что привело к увеличению количества отдыхающих. Так в 2021 году, на организованных зонах отдыха (пляжах) плотность отдыхающих составляла почти 1,7 чел./м² при нормативе 5 м² на одного человека [2].

Озеро Виштынецкое – это самый крупный пресноводный водоем на территории Калининградской области. Оно относится к системе озер Мазурского и Литовского поозерья. По акватории озера проходит российско-литовская граница, что делает его трансграничным. Его площадь составляет 18 км², а площадь водосборного бассейна – 281,9 км² [3, 4]. Для озера характерна продольно-осевая проточность с юга на север, к истоку р. Писсы. Проточность озера напрямую зависит от уровня и объема вод. В результате климатических изменений в регионе в длительные засушливые периоды проточность может достигать минимальных значений [3].

Береговая линия российской части озера Виштынецкого составляет более 12 км, но в результате особого пограничного режима лишь центральная и северная части доступны для отдыхающих.

Озеро Виштынецкое – это также единственный олиготрофный водоем сигового типа на территории области [3, 4], поэтому мониторинг его экологического состояния, при возрастающей антропогенной нагрузке, относится к одной из главных задач современных научных исследований естественных пресноводных водоемов региона.

Зоопланктонное сообщество, как часть трофической цепи водных экосистем, влияет на их функционирование. Зоопланктон играет важную роль в процессах самоочищения потребляя фито- и бактериопланктон, а также формирует кормовую базу для ихтиоценоза [5]. Особенно важен уровень развития зоопланктона и его видовой состав на мелководье, поскольку именно здесь у большинства популяций рыб формируется пополнение на ранних этапах развития.

В озере Виштынецком мелководная зона (до 5 м) составляет менее 30% акватории. Здесь располагаются места нереста и нагула почти всех видов рыб, обитающих в этом водоеме. Наиболее важны эти нерестилища и места нагула для представителей рода сиговых (сиг обыкновенный и европейская ряпушка).

Как уже упоминалось выше, в последнее время именно в прибрежной части озера отмечаются изменения [6, 7], связанные с хозяйственной деятельностью человека, а особенности влияния связанного с развитием туризма, признаком которого может быть изменение пространственного распределения зоопланктона.

Целью настоящей работы являлось определение видового состава зоопланктонного сообщества прибрежной части озера Виштынецкого и его пространственного распределения в ней, что необходимо для дальнейшей оценки изменений происходящих в экосистеме под воздействием различных факторов, в том числе и антропогенных.

Материалом для анализа послужили данные по зоопланктону, собранные в летний период с 2014 по 2019 гг. в рамках работ по комплексному ежегодному экологическому мониторингу озера Виштынецкого, проводимого кафедрой «Ихтиологии и экологии» ФГБОУ ВО «КГТУ» (рисунок 1, а).

Пробы отбирались на 11 стандартных станциях прибрежной части водоема (рисунок 1, б) на глубине от 1,5 до 2,0 м методом тотального лова, планктонной сетью Джели, с диаметром входного отверстия 0,18 м (мельничный шелк № 70), путем траления от дна к поверхности.

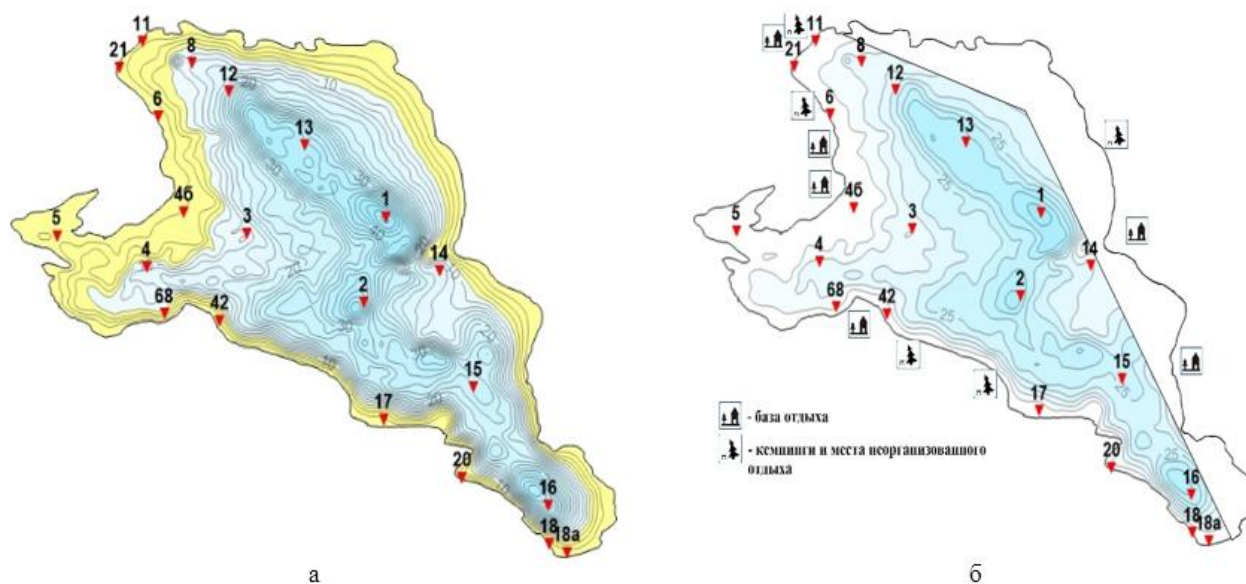


Рис. 1. Озеро Виштынецкое
а – зона мелководья; б – рекреационные зоны на озере

С учетом гидролого-морфологических особенностей, уровня антропогенной нагрузки (рисунок 1б) прибрежные мониторинговые станции были сгруппированы следующим образом:

- южные (ст. 18а, ст. 18, ст. 17 и ст. 20) – станции на данном участке озера отличаются низкой антропогенной нагрузкой, низким уровнем развития высшей водной растительности;

- центральные (ст. 42, ст. 46 и ст. 68) – станции с наиболее сильной и постоянной антропогенной нагрузкой;

- утиный залив (ст. 5) – обширный мелководный участок с повышенным уровнем трофности (мезотрофный) [7] по сравнению с остальными участками, высокий процент зарастаемости;

- северные (ст. 6, ст. 21 и ст. 11) – станции с нарастающей антропогенной нагрузкой, здесь находится единственный сток из озера (исток реки Писсы).

За период исследований было собрано и обработано более 100 проб зоопланктона. Качественный и количественный анализ зоопланктонного сообщества производился по стандартным специализированным методикам и соответствующим пособиям [8, 9, 10, 11].

Видовой состав зоопланктона прибрежной части озера Виштынецкого, в летний период с 2014 по 2019 гг. был представлен 64 таксономическими группами, из которых 17 – Rotifera, 25 – Cladocera, 22 – Copepoda (таблица 1).

Таблица 1

Видовой состав зоопланктона прибрежной части озера Виштынецкого в летний период 2014-2019 гг. и его эколого-географическая характеристика

	Таксон	Местообитние	Экогруппа	Юг	Центр	Залив	Север
Cladocera	<i>Acroperus angustatus</i> Sars, 1863	L	5b		+	+	
	<i>Acroperus harpae</i> Baird, 1843	L,Ph	5b	+	+	+	+
	<i>Alona affinis</i> Leydig, 1860	L	5b	+	+		+
	<i>Alona costata</i> Sars, 1862	L,Ph	5b			+	+
	<i>Alona quadrangularis</i> Müller, 1776	L	5b			+	+
	<i>Alona</i> sp. Baird, 1843	-	5b		+		
	<i>Alonella exigua</i> Lilljeborg, 1853	L,Ph	5b		+		
	<i>Alonella nana</i> Baird, 1843	L,Ph	5b			+	
	<i>Bosmina longirostris</i> Müller, 1785	Eut	1b	+	+	+	+
	<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars, 1862	Eut	1b		+		
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> Müller, 1785	Eut	1b				
	<i>Ceriodaphnia reticulata</i> Jurine, 1820	L	1b	+	+	+	+
	<i>Ceriodaphnia setosa</i> Matile, 1980	Eut	1b	+	+		
	<i>Ceriodaphnia</i> sp. Dana, 1853	-	1b			+	+
	<i>Chydorus sphaericus</i> Müller, 1776	Eut	5b	+	+	+	+
	<i>Daphnia cucullata</i> Sars, 1862	Pl	1b	+	+	+	+
	<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Müller, 1776	Pl	1b			+	
	<i>Bosmina (Eubosmina) coregoni</i> Baird, 1857	Pl	1b	+	+	+	+
	<i>Eurycercus lamellatus</i> Müller, 1776	Ph	5b	+			+
	<i>Leptodora kindtii</i> Focke, 1844	Pl	3b	+	+		
<i>Pleuroxus trigonellus</i> Müller, 1776	Eut	5b			+		
<i>Polyphemus pediculus</i> Linnaeus, 1761	L	3b	+	+		+	
<i>Scapholeberis mucronata</i> Müller, 1776	Bt,Ph	6a				+	
<i>Sida crystallina</i> Müller, 1776	L,Ph	9	+	+	+	+	
<i>Simoccephalus vetulus</i> Müller, 1776	L,Ph	9	+				
Copepoda	<i>Acanthocyclops vernalis</i> Fischer, 1853	Eut	3b	+			
	<i>Cyclops abyssorum</i> Sars, 1863	Pl	3b	+	+	+	+
	<i>Cyclops kolensis</i> Lilljeborg, 1901	Pl	3b	+	+		+
	<i>Cyclops scutifer</i> Sars, 1863	Eut	3b	+	+	+	+
	<i>Cyclops strenuus</i> Fischer, 1851	L,Bt	3b				+
	<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin, 1875	Eut	3b		+	+	
	<i>Diacyclops bicuspidatus</i> Claus, 1857	L	3b		+		
	<i>Diacyclops</i> sp. Kiefer, 1927	-	3b	+		+	+
	<i>Eucyclops macruroides</i> Lilljeborg, 1901	L	6b		+		
	<i>Eucyclops serrulatus</i> Fischer, 1851	Eut	6b		+	+	+
	<i>Eudiaptomus graciloides</i> Lilljeborg, 1888	Pl	6b	+	+	+	+
	<i>Harpacticoida</i> Sars., 1903	-	6b	+		+	+
	<i>Heterocope appendiculata</i> Sars, 1863	Pl	3b	+	+	+	+
	<i>Macrocyclus albidus</i> Jurine, 1920	L,Ph	8	+	+		+
	<i>Macrocyclus</i> sp. Claus, 1893	-	8	+			
	<i>Megacyclus gigas</i> Claus, 1857	Eut	8		+		

Таксон		Местообитние	Экогруппа	Юг	Центр	Залив	Север
	Megacyclops sp. Kiefer, 1927	-	8	+	+		
	Megacyclops viridis Jurine, 1920	Eut	8	+	+	+	+
	Mesocyclops leuckarti Claus, 1857	Eut	8		+		+
	Paracyclops fimbriatus Fischer, 1853	L	6b	+	+		+
	Thermocyclops crassus Fischer, 1853	Eut	8	+			+
	Thermocyclops oithonoides Sars G.O., 1863	Eut	8	+	+	+	+
Rotifera	Asplanchna herrickii de Guerne, 1888	Eut	2a	+	+		+
	Asplanchna priodonta Gosse, 1850	Eut	2a	+	+	+	+
	Asplanchna sp. Gosse, 1850	-	2a		+	+	
	Conochilus hipporepis Schrank, 1803	Eut	10	+	+		+
	Conochilus sp. Ehrenberg, 1834	-	10			+	
	Conochilus unicornis Rousselet, 1892	Eut	10	+	+	+	+
	Euchlanis dilatata Ehrenberg, 1832	Eut	4a	+	+		+
	Euchlanis incisa Carlin, 1939	L	4a	+			
	Filinia teminalis Plate, 1886	Eut	1a		+		+
	Kellicottia longispina Kellicott, 1879	Pl	1a	+	+	+	+
	Keratella cochlearis Gosse, 1851	Eut	1a	+	+	+	+
	Keratella quadrata Müller, 1786	Eut	1a	+	+	+	+
	Polyarthra luminosa Kutikova, 1962	L	1a	+	+	+	+
	Polyarthra major Burckhardt, 1900	L	1a	+	+	+	+
	Polyarthra sp. Ehrenberg, 1834	-	1a	+	+		+
	Synchaeta pectinata Ehrenberg, 1832	Eut	2a	+			
	Synchaeta sp. Ehrenberg, 1832	-	2a	+	+	+	+

Примечание: Местообитание [12; 13; 14]: Pl – планктонный, Bt – бентический, L – литоральный, Ph – фитофильный, Eut – эвритонный. Экогруппа [15]: 1a – плавание/вертикация, 1б – плавание/первичная фильтрация, 2a – плавание/захват и всасывание, 3б – плавание/активный захват, 4a – плавание и ползание/вертикация, 5б – ползание и плавание/вторичная фильтрация, 6a, б – ползание и плавание/собираание, 8 – ползание и плавание/активный захват, 10 – прикрепление к субстрату/вертикация

Повсеместно в прибрежном зоопланктонном сообществе встречались представители 21 вида, большинство из которых характерны не только для литорали, но и для более глубоководных участков (*Bosmina longirostris*, *Daphnia cucullata*, *Bosmina (Eubosmina) coregoni*, *Cyclops abyssorum*, *Cyclops scutifer*, *Eudiaptomus graciloides*, *Heterocope appendiculata*, *Thermocyclops oithonoides*, *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina* и др.). Наибольшим постоянством в распределении видов по акватории в литорали озера отличались коловратки 17 видов, почти половина из которых присутствовала более чем на половине станций, особенно это касается видов р. *Asplanchna* и р. *Keratella*, которые встречались на каждой из станций.

Наименьшим видовым разнообразием зоопланктона отличался Утиный залив, где было обнаружено 33 вида, большинство из которых эвритопны и относятся к видам космополитам. Здесь формируются наиболее стабильные условия, проточность почти отсутствует, а перемешивание вод происходит за счет ветра. Этот участок по многим показателям отличается повышенным трофическим уровнем, что также сказывается на видовом составе зоопланктона. Наиболее разнообразны в Утином заливе ветвистоусые ракообразные (14 видов).

Самое высокое видовое разнообразие зоопланктона, по сравнению с другими прибрежными районами озера, характерно для центральной литоральной области - 45 видов. Меньше всего видов в этой части озера было на ст. 68 - всего 27 видов, где, как и в Утином заливе, преобладали ветвистоусые ракообразные.

Больше всего видов зоопланктона центральной части литорали озера найдено на станции 42, где было обнаружено 35 таксономических групп, ни на одной другой прибрежной станции не было такого видового разнообразия.

На южном и северном участках литоральной области озера были отмечены представители 42 таксономических групп. Однако, видовое разнообразие зоопланктона по южным станциям было беднее не только по сравнению с северными, но и по сравнению со всеми остальными прибрежными станциями. Так на ст. 18а было обнаружено всего лишь 23 вида зоопланктона, что вероятно связано с влиянием стока реки Черницы. Именно на этой же станции, кроме того, наблюдаются заметные межгодовые изменения видового состава зоопланктона, вызванные, вероятно, значительным колебанием уровня воды в озере Виштынецком и сокращением стока от р. Черницы.

Зоопланктонное сообщество состоит из короткоциклового организмов, следовательно, его видовой состав изменяется в более сжатые сроки в межсезонном, и годовом аспектах, по сравнению с зообентосом или ихтиофауной.

Изменение видовой структуры, доминирующих комплексов в планктоне, их количественное развитие зависит в первую очередь от абиотических условий, в особенности от температурного режима и водности года, но также особое значение имеет и антропогенное воздействие.

В целом видовое разнообразие зоопланктона прибрежной части озера Виштынецкого и его пространственное распределение за рассматриваемый период исследований, от года к году относительно стабильно. В тоже время нарастающая антропогенная нагрузка делает необходимым поиск видов-биодиагностов, присутствующих, либо отсутствующих в зоопланктоне прибрежной части озера, указывающих на антропогенное влияние. Такими видами в озере могут быть, например, коллатки *Kellicottia longispina* и ветвистоусые ракообразные *Leptodora kindtii*, которые являются представителями голоарктического фаунистического комплекса и достаточно полярно требовательны к абиотическим условиям. Кроме того, индикатором изменений экологических условий в прибрежной части озера может стать повышение концентрации ветвистоусых ракообразных вида *Chydorus sphaericus*, которые указывают на изменение трофического статуса озера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривоусова Е.В., Соколов А.В. Источники антропогенной нагрузки на озеро Виштынецкое в пределах его водосборного - IV Балтийский морской форум. Международная научная конференция "Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов" -Калининград, 24-25 мая 2015 г. Калининград: КГТУ, 2016. – С. 195-198
2. ГОСТ Р 55698-2013 «Туристические услуги. Услуги пляжей. Общие требования
3. Берникова Т.С. Физико-географическая и гидрологическая характеристика // Озеро Виштынецкое. – Калининград: Изд-во «ИП Мишуткина», 2008. – С. 20-40.
4. Кривоусова Е.В., Цветкова Н.Н. Предварительная оценка критической фосфорной нагрузки на озеро Виштынецкое (Калининградская область) // Известия КГТУ. – Калининград, 2017. – № 45. – С. 83–92
5. Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек / А.В. Крылов; отв. ред. В.Т. Комов; Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина. – М.: Наука, 2005. – 263 с.
6. Кривоусова Е.В. Влияние рекреационной нагрузки на экологическое состояние российской прибрежной части акватории озера Виштынецкого в летний период // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. (20–22 марта 2018). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2018. – С. 50–54.
7. Берникова Т.А. Многолетние изменения содержания органических веществ в воде как показатель трофического уровня озера Виштынецкого / Т. А. Берникова, Н. Н. Нагорнова, Н. А. Цупикова // Известия Калининградского государственного технического университета – Калининград: ФГБОУ ВО КГТУ, 2013. - № 28. - С. 70-78
8. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А. Абакумова - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 239 с.
9. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / Под ред. Л.А. Кутиковой, Я.И. Старобогатова. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 512 с.
10. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолыхина: в 2 т. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – Т.1. Зоопланктон. - 495 с.
11. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С. Я. Цалолыхина: в 6 т. – СПб.: Наука, 2004. – 512 с.
12. Dumont H.J., Negrea S.V. Introduction to the class Branchiopoda // Guides to the identification of the microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Leiden: Backhuys Publishers. Vol. 19., 2002 - 398 p.
13. Dussart B.H., Defaye D. World directory of Crustacea Copepoda of Inland Waters. II – Cyclopi-formes. Leiden: Backhuys Publishers, 2006. - 354 p.

14. Segers H. Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes nomenclature, taxonomy and distribution // Zootaxa 1564. Auckland: Magnolia press, 2007. - 104 p.

15. Чуйков Ю.С. Материалы к кадастру планктонных беспозвоночных бассейна Волги и Северного Каспия. Коловратки (Rotatoria). - Тольятти: ИЭБВ РАН, 2000. - 159 с.

SPATIAL DISTRIBUTION OF THE SPECIES COMPOSITION OF THE ZOOPLANKTON IN THE COASTAL PART OF THE VISHTYNETSKOE LAKE

¹Krivopuskova Ekaterina Vladimirovna, leading engineer of the Department
Ichthyology and Ecology

²Shibaeva Maria Nikolaevna, PhD in Biology, Associate Professor of the Department
of Ichthyology and Ecology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹katekrivopuskova@gmail.com; ²msh@klgtu.ru

The paper analyzes data on the species composition of the zooplankton community in the coastal part of Lake Vishtynetskie in the summer period from 2014 to 2019. In the littoral of the lake were found 64 taxonomic groups of the zooplankton. The spatial distribution of species diversity in the coastal part of the lake is relatively stable. At the same time, the growing anthropogenic load makes it necessary to search for the species-biondicators occurring in the lake, especially in the coastal part.

УДК 639.3.03

УСЛОВИЯ ПОДРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В ОЗЕРАХ О. ИТУРУП

¹Литвиненко Анна Владимировна, канд. биол. наук, доцент

²Заварзин Денис Сергеевич, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидробиологии

^{1,3}Гринберг Екатерина Владимировна, аспирант ИМГиГ ДВО РАН, старший преподаватель кафедры экологии, биологии и природных ресурсов

¹ФГБОУ ВО «СахГУ», Южно-Сахалинск, Россия, e-mail: litvinenko.av@bk.ru

²ФГБНУ «ВНИРО», Сахалинский филиал («СахНИРО»), Южно-Сахалинск, Россия

³ФГБНУ Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН), Южно-Сахалинск, Россия

Важнейшим этапом искусственного разведения тихоокеанских лососей является подращивание молоди. На некоторых рыбодонных заводах крупнейшего острова Курильской гряды – Итурупа – молодь горбуши и кеты в последние годы подращивают, используя природный продукционный потенциал озер Благодатное и Большое Куйбышевское. При подращивании с использованием искусственных кормов в садках, установленных в этих озерах, молодь лососей имеет возможность потреблять объекты естественной кормовой базы. Дополнение рациона молоди тихоокеанских лососей при подращивании естественными кормами увеличивает приросты и позволяет лучше адаптироваться

*к режиму водоемов. Исследования естественной кормовой базы водоемов свидетельствует о хорошем трофическом потенциале озер как приемных водоемов с доступной для молоди тихоокеанских лососей кормовой базой. Всего в июне 2020 г. в поверхностных водах озера Благодатное было выделено 14 форм зоопланктеров из трех групп организмов – коловраток, ветвистоусых и веслоногих раков; доминирующие в планктоне озера копеподы рода *Eurytemora* по фракционному составу оптимальны для питания молоди лососей на ранних стадиях. При интенсивной эксплуатации приемных водоемов необходимо предотвращать их эвтрофирование и ухудшение эпизоотической обстановки, соблюдая плотность посадки в садках и особенности их установки.*

Введение

На крупнейшем острове архипелага большой Курильской гряды в Тихом океане – Итуруп – в настоящее время успешно работают 16 лососевых рыболовных заводов (ЛРЗ). Молодь, выпущенная с этих заводов, скатывается в заливы Простор, Куйбышевский и Курильский Охотского моря и залив Касатка на тихоокеанской стороне острова [1].

Одной из наиболее актуальных задач современного искусственного разведения тихоокеанских лососей считают выпуск физиологически полноценной, жизнестойкой и здоровой молоди в естественные водотоки и водоёмы в оптимальные сроки [2; 3; 4; 5].

Рыбоводные предприятия, расположенные на Курильских островах оборудованы новейшим технологическим оборудованием, что позволяет максимально приблизить биотехнику искусственного разведения ценных промысловых видов рыб к их естественному воспроизводству; а нахождение заводов в зоне экологического оптимума - поддерживать значения биотических и абиотических факторов среды на всех этапах близкими к естественным условиям [2].

Подращивание личинок и выращивание мальков в искусственном разведении рыб традиционно является одним из наиболее ответственных периодов. Индикаторами состояния запасов разводимого вида рыб служат не столько количество, сколько качество выпускаемой молоди.

Практические аспекты подращивания молоди в каждом конкретном случае и темп роста рыб в различных условиях на данном этапе занимают одно из ключевых мест в искусственном разведении, и поэтому требуют детального изучения с дальнейшим обоснованием рекомендаций рыболовам.

Классическая схема искусственного разведения тихоокеанских лососей не предусматривает обязательного включения живых кормов в рацион молоди на этапе подращивания [4; 5; 6; 7 и др.]. Тем не менее, практикующие рыболовы хорошо знают о том, что молодь, растущая в водоемах с естественной кормовой базой, активно питается живыми объектами и показывает при этом более высокий темп роста по сравнению с молодь, подращиваемой в питомных каналах цехов ЛРЗ исключительно на сухих гранулированных кормах.

Некоторые ЛРЗ используют на этом этапе копаные земляные пруды небольшой площади, расположенные в непосредственной близости от питомников; и лишь единичные рыболовные предприятия имеют в своем распоряжении естественные водоемы, в которых возможно проводить подращивание молоди.

Три рыболовных предприятия: Куйбышевский ЛРЗ, Саратовский ЛРЗ и ЛРЗ «Озеро», принадлежащие ООО «Континент», выпускают в Куйбышевский залив Охотского моря и в тихоокеанский залив Касатка молодь горбуши и осенней кеты. Наряду с традиционной формой подращивания молоди горбуши и кеты с применением искусственных сбалансированных кормов, на этих ЛРЗ в последние годы используют природный потенциал естественных водоемов: озер Большое Куйбышевское и Благодатное [8].

Цель работы: оценить потенциал кормовой базы на этапе подращивания для молоди тихоокеанских лососей, в том числе озерного экотипа осенней кеты, в некоторых водоемах и водотоках бассейна Куйбышевского залива о. Итуруп.

Материал и методика

В процессе проведения исследований собран материал, который в дальнейшем послужит основой комплексного изучения уникальных водоемов о-ва Итуруп для установления возможности их

дальнейшей эксплуатации в качестве приемных водоемов для горбуши и разных экотипов осенней кеты.

В июне 2020 г. были проведены рекогносцировочные гидрологические и гидробиологические изыскания, направленные на уточнение экологических особенностей естественных водоемов Куйбышевского залива (озер Благодатное и Большое Куйбышевское): на пяти станциях, расположенных по акватории оз. Благодатное и на четырех станциях в оз. Большое Куйбышевское (Рис. 1).

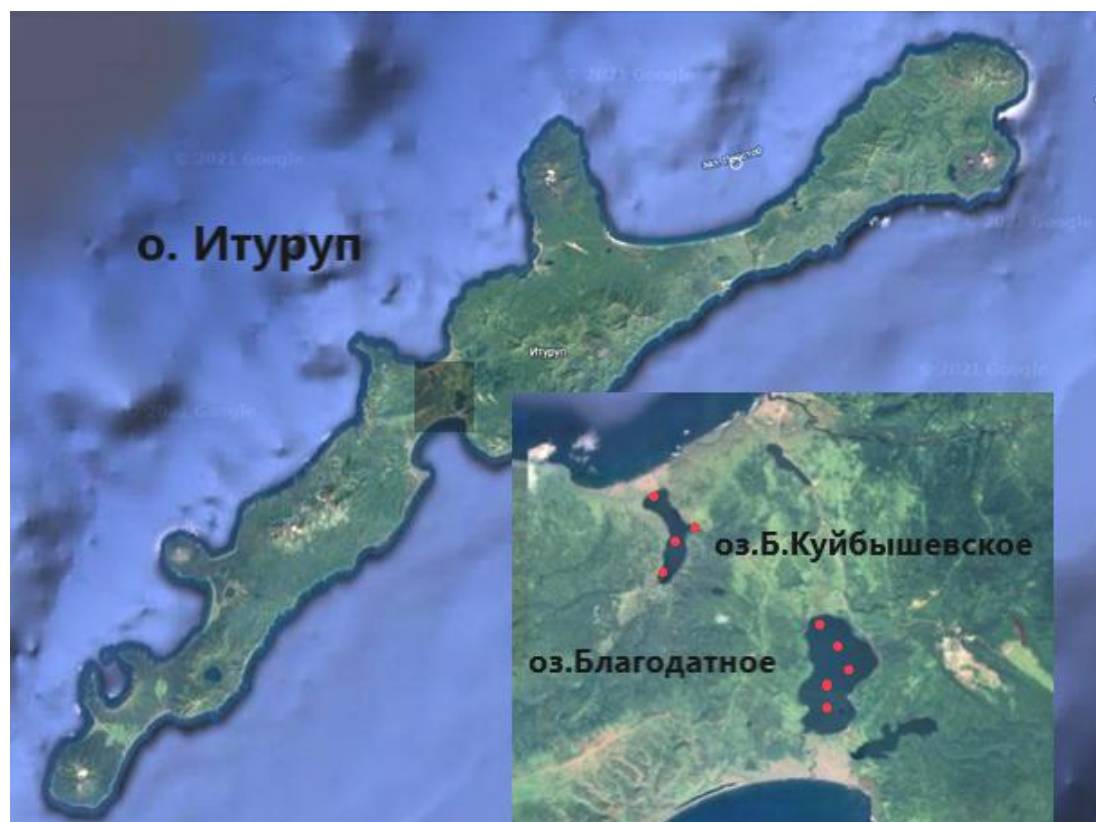


Рис. 1. Карта-схема водоемов бассейна Куйбышевского залива о. Итуруп с точками отбора проб [9]

Пробы зоопланктона отбирали путем зачерпывания 100 л воды с поверхности и процеживания ее через планктонную сеть с газом 76К (ячей 82 мкм); фиксировали 4%-ным формалином.

При работе с пробами использовали микроскопы Olympus BX51 и SZX10. Обработку проводили стандартным счетно-весовым методом [10]. Коэффициенты недолова для сетей не применяли. Индивидуальный вес массовых форм зоопланктона рассчитывали по формуле зависимости между длиной и массой тела или номограммам Численко [11].

При описании количественных параметров зоопланктона применялись следующие параметры: численность (N); биомасса (B); относительная биомасса (B, %); частота встречаемости (ЧВ, %). Определяющим при структуризации сообществ был коэффициент относительности (КО), рассчитываемый как произведение относительной средней биомассы на частоту встречаемости [12] и имеющий четкое ограничение максимально возможной величиной 10000. При вычислении значимости отдельной формы и для более полной количественной характеристики учитывали вклад каждой формы в создание средней общей B, ЧВ и КО при превалировании КО. Форма считалась доминирующей, если значение КО попадало в предел 10'000–1'000; характерной 1-го порядка – 1'000–100; характерной 2-го порядка – 100–10; второстепенной 1-го порядка – 10–1; второстепенной 2-го порядка – менее 1.

Сбор проб для исследования качественного и количественного состава бентофауны в июне 2015 г. проводили в некоторых водотоках бассейна реки Куйбышевка, в том числе, в базовом водотоке ЛРЗ «Озеро» - протоке, соединяющей озеро Большое Куйбышевское с Куйбышевским заливом. Отбор проб производили на плесе и перекате водотока.

Пробы мезобентоса отбирали складным бентометром конструкции Леванидова, площадь сбора составляла 0,0625 м². Камеральную обработку проводили по общепринятой методике.

Поскольку исследования в 2015 и 2020 гг. были проведены однократно, полученные результаты не могут претендовать на полноту видового и количественного состава зоопланктона в каждом водотоке и водоеме, и будут уточнены в дальнейших исследованиях.

Результаты и обсуждение

Озеро Большое Куйбышевское, базовый водоём ЛРЗ «Озеро», находится в центральной части острова Итуруп и соединено с Куйбышевским заливом Охотского моря протокой длиной 500 м (рис. 2). На расстоянии 2 км от устья протоки, в озеро впадает ручей Безымянный, на котором располагается рыбоводное предприятие. С южной стороны в озеро впадают две реки протяженностью до 10 км. Площадь водного зеркала озера составляет 1620 тыс. м². Грунт озера песчано-галечный, имеются обильные выходы грунтовых вод. В озере вдоль северо-восточного побережья в местах крутых возвышений берега имеются три нерестилища кеты по 110-150 кв. м. Общая площадь нерестилищ составляет около 20 тыс. м² [13; 14].



Рис. 2. Оз. Большое Куйбышевское

Интенсивный выход грунтовых вод в ложе озёра обусловил появление в данном водоеме озёрного экотипа осенней кеты [14; 15]. При заходе на нерест в озёра, представители этой экологической формы отличаются меньшей степенью зрелости гонад и слабым развитием брачных изменений. Производители озёрного экотипа более высокотелы, поэтому их масса преобладает над массой речных рыб такой же длины [16; 17; 18; 15 и др.].

Кета, мигрирующая для нереста в озёрные системы, как сравнительно обособленная в репродуктивном смысле группировка, приспособлена к воспроизводству в особых условиях озёр. Существенные различия в экологии наблюдаются и у молоди. Мальки озёрной кеты скатываются в море примерно на месяц позже, чем из рек. Все это время они интенсивно питаются, достигая длины тела до 8-9 см. Основной корм дикой молоди озёрной кеты – бокоплавы и личинки насекомых. Это свойство молоди - задерживаться для нагула в пресных водах - позволяет использовать озера, как своеобразный нагульный пруд с организацией подкормки [15; 19].

Озёрная форма кеты является перспективной в отношении пастбищного лососеводства на Южных Курильских островах: во-первых, свойство её молоди задерживаться для нагула в пресных водах даёт прекрасную возможность использовать озера с их природной кормовой базой в качестве своеобразных нагульных прудов, естественно, с дополнительной организацией подкормки и профилактики заражения молоди нематодами; во-вторых, слабые брачные изменения при заходе в пресные воды делают этих рыб при ведении традиционного прибрежного промысла лососей более привлекательными в товарном отношении [14].

Второй естественный водоем, который используется в качестве выростного в период подращивания молоди – оз. Благодатное. Это озеро лагунного типа расположено на юге Куйбышевского перешейка о-ва Итуруп, на расстоянии 1,2 км от побережья Тихого океана; соединяется протокой с заливом Касатка тихоокеанского побережья о. Итуруп. Площадь водного зеркала озера составляет 400 га, наибольшая глубина – 19 м. В озере имеется 30800 м² нерестилищ озерной кеты [19].

Видовое разнообразие и обилие зоопланктона во многом определяются морфометрическими особенностями и гидрохимическим режимом озер.

Результаты изучения встречаемости планктонных беспозвоночных, проведенные нами в июне 2020 г. показали, что наиболее распространенными формами в озерных водоемах Куйбышевского бассейна являются *Asplanchna priodonta*. – отмечена в 98 %, *Eurytemora* aff. *afinis*. – в 87 % и *Bosmina* (*Eubosmina*) sp.– в 65 % проб. Кроме наиболее распространенных видов часто встречались *Keratella cochlearis cochlearis* (>78%), *Cyclopoida* indet (копеподиты) (83%), *Sinocalanus tenellus* (69%), *Aloninae* indet. (60%), *Ergasilus* sp. (10%). На факт присутствия в планктоне свободноплавающих стадий рачков эргасилид следует обратить особое внимание – будучи эктопаразитами рыб, они способны при определенных условиях вызывать массовую гибель последних. Обилие и трофическая структура коловраток часто отражают трофический статус озера, при интенсивной эвтрофикации водоемов численность коловраток увеличивается на несколько порядков. *Keratella cochlearis* была многочисленна в оз. Благодатное в тот период, когда в водоеме отмечались повышенное содержание растворенного фосфора, пониженная прозрачность и высокая численность фитопланктона, что соответствует данным американских гидробиологов [20]. Доминирование *Bosmina* и *Keratella cochlearis* характерно для мезотрофных водоемов [21].

Закономерное возрастание биопродуктивности озер с ростом минерализации воды отмечалось многими авторами [22]. Увеличение первичной продукции, биомассы фитопланктона, зоопланктона, бентоса и ихтиомассы в зависимости от минерализации воды показано для водоемов из разных природных зон. Таким образом, рост минерализации способствует увеличению видового разнообразия и численности зоопланктона. Наиболее благоприятными для развития гидробионтов являются озера со средней и повышенной минерализацией [21].

Кислотность воды влияет на распределение ветвистоусых ракообразных, которые, в основном, отмечаются в нейтральных или щелочных водах. Численность циклопоидных копепод и большинства других зоопланктонных групп (простейших, коловраток и кладоцер) положительно коррелирует с первичной продуктивностью озер. Обилие и трофическая структура коловраток часто отражают трофический статус озера [20].

Озера Благодатное и Большое Куйбышевское характеризуются значительной глубиной (до 13 м) и прозрачностью воды, минимальной цветностью, окисляемостью, содержанием аммонийного азота, фосфатов, железа. В зоопланктоне этих озер доминируют коловратки, веслоногие и ветвистоусые ракообразные. Эти озера мезотрофные с признаками олиготрофии. Им характерны небольшие средние величины численности и биомассы зоопланктона.

Первые сведения о зоопланктоне озер о. Итуруп можно найти в работах японского гидробиолога Уэно [23; 24], в которых, помимо прочих данных, приводится и видовой состав о. Благодатное (японское название Tosimoe-ko) по данным на июль 1932 г. Сравнивая полученный нами список форм с таковым тех времен (таблица 1), можно отметить появление форм, типичных для олигогалинных вод Сахалина и прилегающих территорий, таких как *Sinocalanus tenellus*, *Eurytemora* aff. *affinis* и отсутствие отмеченной Уэно *Leptodora kindtii*. В отсутствие наблюдений мы предполагаем, что изменения могут быть связаны как с эволюцией озера, так и с возможной периодической сменой солёности в соединённом короткой протокой с морем водоеме (например, периоды замытой и размытой протоки). Современный список видов зоопланктеров озера ближе к указанному Уэно для расположенных рядом с Благодатным, но более близких к морю солоноватых озер Куйбышевское (Rausu-numa) и Касатка (Kimon-numa) [23]. В целом можно отметить, что фауна озера не уникальна – все обнаруженные в планктоне водоема виды обычны в лагунных озерах Сахалина, а группировка видов из пресноводно-олигогалинных коловраток пресноводного происхождения и солоноватоводных каляноид морского происхождения типична для их олигогалинных вод (табл. 1).

Список видов и форм животных, обнаруженных в планктоне оз. Благодатное

№	Группа	Форма	30.07.1932*	11.06.2020
1	Rotifera	<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	+	-
2	Rotifera	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	+	+
3	Rotifera	<i>Synchaeta stylata</i> Wierzejski, 1893	+	+
4	Rotifera	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	+	+
5	Rotifera	<i>Polyarthra platyptera</i> Ehrenberg, 1838**	+	-
6	Rotifera	<i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)	-	+
7	Rotifera	<i>Keratella cochlearis cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+***	+
8	Rotifera	<i>Ploesoma truncatum</i> (Levander, 1894)	+	-
9	Cladocera	<i>Bosmina (Eubosmina) sp.</i>	+****	+
10	Cladocera	<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	+	-
11	Copepoda	<i>Eurytemora aff. affinis</i> (Poppe, 1880)	-	+
12	Copepoda	<i>Sinocalanus tenellus</i> (Kikuchi K., 1928)	-	+
13	Copepoda	<i>Ergasilus sp.</i>	-	+
14	Copepoda	<i>Acanthocyclops sp. (cop)</i>	-	+
15	Copepoda	<i>Cyclops sp. (cop)</i>	+	-

* По Ueno, 1934; **на данный момент этот вид разделен на несколько новых [25]; *** как *Anuraea cochlearis*; **** как *Bosmina coregoni*.

Всего в июне 2020 г. в поверхностных водах озера было выделено 14 форм зоопланктеров из трех групп организмов – коловраток, ветвистоусых и веслоногих раков. Преобладали по биомассе коловратки (рис. 3).

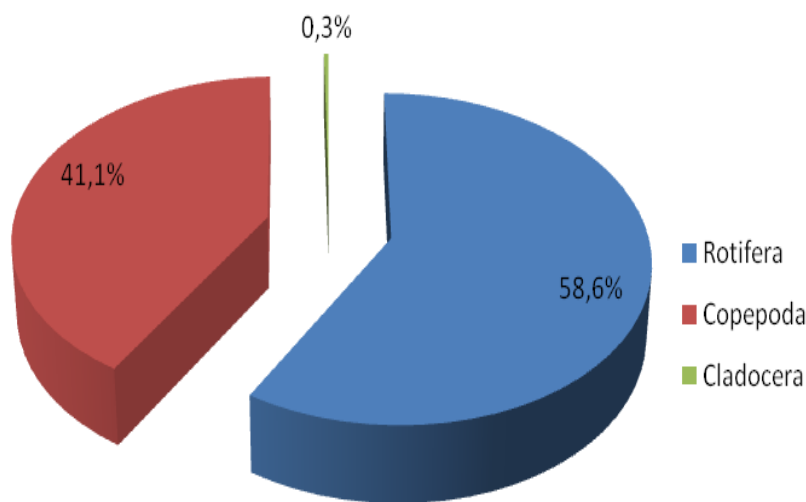


Рис. 3. Соотношение групп зоопланктона по биомассе в озере Благодатное

Доминировали хищные коловратки *Asplanchna priodonta*, копепоиды *Eurytemora aff. affinis* и циклопов (таблица 2). Зоопланктон был распределен в поверхностном слое неравномерно - численность организмов колебалась в пределах от 2300 до 50100 экз/м³, в среднем составляя 24248 экз/м³, а биомасса от 8,1 до 316,7 мг/м³, в среднем – 144,50 мг/м³ (табл. 2). Индекс видового разнообразия составил 1,58 по численности и 1,12 – по биомассе.

Структурная характеристика зоопланктона поверхностного слоя озера в июне 2020 г.

Структурная характеристика	Форма	Группа	N, экз./м ³	OC	N, %	B, мг/м ³	OC	B, %	ЧВ, %	КО
Доминирующие	<i>Asplanchna priodonta</i>	Rotifera	4220,0	1666,2	17,4	84,400	33,325	58,4	100,0	5841
	<i>Eurytemora</i> aff. <i>affinis</i> , cop.	Copepoda	4240,0	1534,8	17,5	25,374	9,793	17,6	100,0	1756
	Cyclopoida indet., cop.	Copepoda	5600,0	2230,7	23,1	25,200	10,038	17,4	100,0	1744
	3	3	14060,0	1632,9	58,0	134,974	15,495	93,4	-	9341
Характерные I порядка	Cyclopoida indet., naupl.	Copepoda	5440,0	2151,4	22,4	4,352	1,721	3,0	100,0	301
	<i>Eurytemora</i> aff. <i>affinis</i> , naupl.	Copepoda	3440,0	1493,9	14,2	3,440	1,494	2,4	80,0	190
	2	1	8880,0	1071,0	36,6	7,792	0,941	5,4	-	492
Характерные II порядка	<i>Ergasilus</i> sp., cop.	Copepoda	60,0	35,8	0,2	0,600	0,358	0,4	40,0	17
	<i>Bosmina</i> (<i>Eubosmina</i>) sp.	Cladocera	104,0	88,6	0,4	0,472	0,367	0,3	40,0	13
	2	2	164,0	22,3	0,7	1,072	0,125	0,7	-	30
Второстепенные I порядка	<i>Acanthocyclops</i> sp., ad.	Copepoda	52,0	20,1	0,2	0,234	0,090	0,2	60,0	10
	<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>	Rotifera	660,0	239,3	2,7	0,165	0,060	0,1	80,0	9
	<i>Sinocalanus tenellus</i> , cop.	Copepoda	12,0	7,2	0,05	0,072	0,043	0,0	40,0	2
	<i>Synchaeta stylata</i>	Rotifera	180,0	139,7	0,7	0,054	0,042	0,0	40,0	1
	<i>Euchlanis dilatata</i>	Rotifera	40,0	35,8	0,2	0,080	0,072	0,1	20,0	1
	5	2	944,0	105,9	3,9	0,605	0,066	0,4	-	23
Второстепенные II порядка	<i>Sinocalanus tenellus</i> , naupl.	Copepoda	160,0	143,1	0,7	0,048	0,043	0,03	20,0	1
	<i>Filinia terminallis</i>	Rotifera	40,0	35,8	0,2	0,012	0,011	0,01	20,0	0,2
	2	2	200,0	40,8	0,8	0,060	0,012	0,04	-	1
Всего	14	3	24248,0	2967,2	100,0	144,503	17,362	100,0	-	9886

Следует отметить, что доминирующие в планктоне озера копеподы рода *Eurytemora* по фракционному составу оптимальны для питания молоди лососей на ранних стадиях.

Исследования мезобентоса некоторых водотоков бассейна р. Куйбышевка, проведенные нами в 2015 г. показали, что естественная кормовая база молоди кеты, входящая в его состав, в базовых водотоках описываемых рыбоводных заводов представлена 12 видами донных животных. Донные биотопы во всех исследуемых водотоках заселены различными беспозвоночными: червями, личинками насекомых, ракообразными. Наиболее разнообразно по количеству видов представлена бентофауна базового водотока Саратовского ЛРЗ (9 видов). Общая биомасса бентосных организмов преобладала в протоке, соединяющем ЛРЗ «Озеро» с озером Танковое, здесь она составляла около 52 г/м². На всех станциях в пробах доминировали по численности личинки хирономид, по биомассе – Amphipoda, сем. Gammaridae (рис. 4).

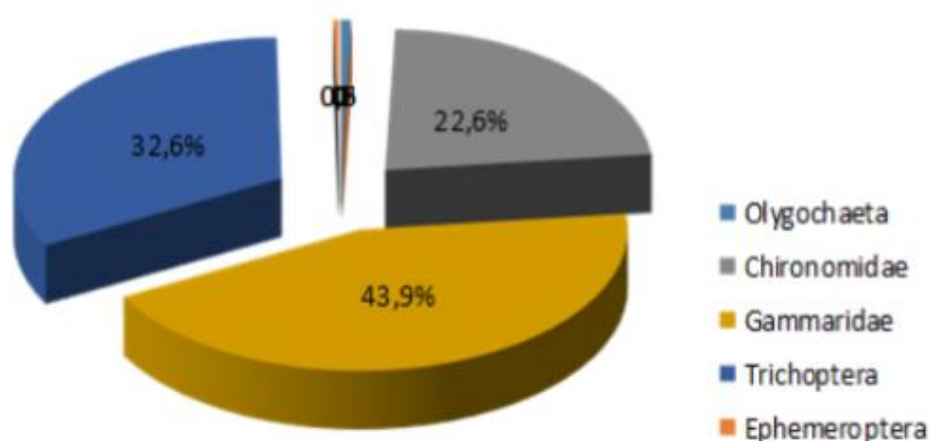


Рис. 4. Соотношение групп бентоса по биомассе биоценоза протоки озера Большое Куйбышевское

В речной период жизни молодь кеты использует только часть кормовых ресурсов водотоков, что отмечали различные авторы [26; 27; 28; 29; 30 и др.]. Молодь кормится в водотоках со дна, в толще воды и потребляет воздушных насекомых с поверхности. Донные животные становятся кормовыми объектами рыб, когда они совершают вертикальные миграции в толщу воды и во время пассивного или активного дрейфа [31; 28; 29]. Длительность адаптации молоди в разных водотоках, по мнению некоторых авторов [32; 30 и др.], происходит по-разному. Зависит это, по-видимому, не только от пищевого спектра водотока, но и от доступности объектов питания молоди лососей в связи с ее видовой физиологическими и экологическими особенностями.

С 2019 года в прибрежной части озер Большое Танковое и Благодатное на период кормления в начале мая устанавливают стационарные плавучие садки из безузелковой дели с размером ячеи 3,0-3,5 мм (рис. 5). В установленные садки после достижения устойчивой температуры воды в районе садков не менее 7,5-8,0°C, молодь кеты из питомников ЛРЗ перевозят в водоемы в специально оборудованных живорыбных емкостях.



Рис. 5. Садок для подращивания молоди, установленный в оз. Благодатное

Возраст молоди кеты, размещаемой на подращивание в садки в оз. Благодатное - 910,5 градусо-дней (204 к.д.), средняя масса – 350 мг; в оз. Большое Куйбышевское - 1 026,0 градусо-дней (228 к.д.), средняя масса – 500 мг. Плотность посадки молоди в садках (объем каждого 400 м³) составляет около 4 тыс. шт. на 1 м³.

В течение всего периода подращивания ежедневно измеряют параметры среды и производят кормление молоди вручную в садках сухими сбалансированными гранулированными кормами «Aller Aqua» различных фракций с периодичностью один раз в час.

Температура воды в прибрежной части оз. Благодатное на глубине установки садков во время подращивания молоди варьирует от 8,2°C до 12,9°C, содержание растворённого в воде кислорода – не менее 10 мг/л.

В оз. Большое Куйбышевское температура воды колеблется от 7,5°C до 10,7°C, содержание растворенного кислорода в воде – от 7 до 10 мг/л.

В целом, опыт подращивания в садках, установленных в естественных водоемах, можно оценить как положительный, поскольку молодь помимо искусственного корма активно использовала естественную кормовую базу водоемов и прирастала в массе и линейных размерах быстрее, чем в питомных каналах и бассейнах цехов (рис. 6). Одновременно молодь проходила адаптацию к естественным условиям водоемов.

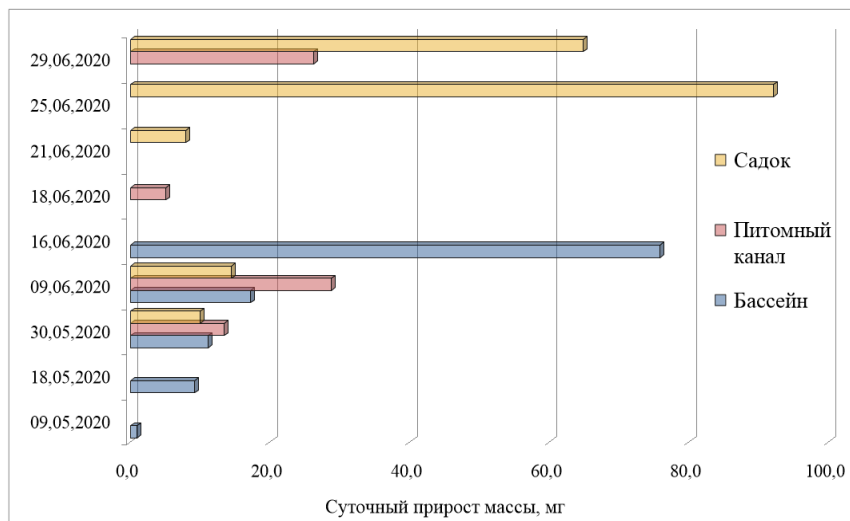


Рис. 6. Суточный прирост массы тела молоди кеты в питомных каналах и бассейнах Саратовского ЛРЗ и в садках, установленных в оз. Благодатное

Помимо положительных сторон, в подращивании молоди лососей в садках, установленных в естественных водоемах, отметили следующие особенности: при усилении волнения и ветрового перемешивания в эпилимнионе, молодь переставала питаться и залегала на дне садков до улучшения погодных условий; при ухудшении погодных условий значительную сложность представлял процесс отбора молоди для проведения биологических анализов. Эти специфические особенности необходимо учитывать при организации кормления молоди в садках. Кроме того, невозможность проведения профилактических мероприятий в установленных садках, ставит под угрозу эпизоотическое благополучие в естественных водоемах. По этой причине особую значимость необходимо придавать соблюдению плотности посадки в садках и не превышать предусмотренных нормативных значений [33].

В пробах со станции 1 на оз. Б. Куйбышевское (в районе установки садков) было обнаружено большое количество сине-зеленых водорослей р. *Anabaena*. Этот факт свидетельствует о явлении «цветения воды», связанном с эвтрофикацией водоема. Гидрологическая специфика места установки садка и его слабая проточность в совокупности с внесением в воду большого количества биогенных веществ с кормом и продуктами жизнедеятельности молоди способствуют массовому развитию сине-зеленых водорослей, которое может быть опасным для молоди с токсикологических позиций.

Наличие в зоопланктоне большого количества науплиальных и копеподитных (I и II) стадий веслоногих рачков ($\geq 50\%$) в июне свидетельствует о хорошем трофическом потенциале озер, как приемных водоемов с доступной для молоди тихоокеанских лососей кормовой базой.

Требуется проработки вопрос о возможной более плотной эксплуатации приемных водоемов, поскольку массовое развитие сине-зеленых водорослей в результате внесения большого количества сухих кормов в период подращивания молоди может отрицательно сказаться на их токсикологическом статусе. Для предотвращения отравления токсинами молоди, необходимо предусмотреть мобильность садков и возможность их переустановки в разных частях водоемов, в местах с наибольшими глубинами, откуда отходы и продукты жизнедеятельности рыб в результате возникшей стратификации вод не могут выноситься в верхние слои водоема и служить источником эвтрофирования. Площадь, занимаемая в водоеме садками для подращивания молоди не может превышать 0,1% от площади всего водоема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Сахалино-Курильского территориального управления Федерального агентства по рыболовству// Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://sktufar.ru/> (Дата обращения 15.09.2021 г.)
2. Бойко А.В. Экологические особенности искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в условиях современных рыбодобывающих заводов Сахалинской области: дисс. канд. биол. наук по спец. 03.02.06 (Ихтиология). – Петрозаводск, 2014.– 166 с.

3. Зиничев В.В., Леман В.Н., Животовский Л.А., Ставенко Г.А. Теория и практика сохранения биоразнообразия при разведении тихоокеанских лососей//Тихоокеанские лососи: Состояние. Проблемы. Решения. – М.: Изд-во ВНИРО, 2012. – 240 с.
4. Серпунин Г.Г. Искусственное воспроизводство рыб. – М.: Колос, 2010. – 255 с.
5. Смирнов А.И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. – М.: МГУ, 1975. – 335 с.
6. Канидьеv, А.Н. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб. – М.: Легкая и пищ. пром-ть, 1984. – 217 с.
7. Иванов А.П. Рыбоводство в естественных водоемах– М.: Агропромиздат, 1988. – 367 с.
8. Официальный сайт ООО Континент// Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://kontinent.fish/about/> (дата обращения 15.09.2021 г.)
9. Google-карты // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.google.com/maps/> (дата обращения 15.09.2021 г.)
10. Методические указания по исследованию зоопланктона для определения состояния фоновых пресноводных экосистем/ Свирская Н.Л. – М.: Гидрометеиздат, 1987. – 25 с.
11. Численко, Л. Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела / Л. Л. Численко. – Л.: Наука, 1968. – 105 с.
12. Палий В.Ф. О количественных показателях при обработке фаунистических материалов // Зоол. журнал. – 1961. – Т. 40, вып. 1. - С. 3–6.
13. Каев, А.М. Внутрипопуляционная изменчивость кеты острова Итуруп в связи с топографией ее нерестилищ / А.М. Каев, А.И. Ардавичус, В.Н. Ромасенко // Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях / Том 1. Издательство СахНИРО, 1996. С. 15-17.
14. Каев, А.М., Ардавичус А.И. Топография нерестилищ кеты Южно-курильских островов. Речные и озерные нерестилища в водоемах островов Итуруп и Кунашир / А.М. Каев, А.И. Ардавичус // Итоги исследований по вопросам рационального использования и охраны биологических ресурсов Сахалина и Курильских островов / Южно-Сахалинск, 1984 г. С.4-5.
15. Каев А.М. Об озёрной кете Курильских островов / Газета «На рубеже» // г. Южно-Сахалинск. 1988. С.3.
16. Рухлов Ф.Н. Масштабы и эффективность разведения тихоокеанских лососей в Сахалинской области. В кн. Лососевидные рыбы. Л: Наука. 1980 - 184-188 с.
17. Иванов В.Н. Популяционная организация у тихоокеанских лососей с коротким пресноводным периодом жизни // Вопр. ихтиологии. Т.33. № 1. 1993.–78-83 с.
18. Иванкова Е.В., Борисовец Е.Э., Карпенко А.И., Хоревин Л.Д. Популяционная структура кеты *Oncorhynchus keta* острова Сахалин // Вопр. ихтиологии. Т. 40. № 4. 2000 – 467-476 с.
19. Рыбоводно-биологическое обоснование на строительство лососевого рыболовного завода на ручье Корсунь бассейна озера Благодатное острова Итуруп (Курильский район Сахалинской области) / Сахалинский филиал ФГБУ «Главрыбвод». - Южно-Сахалинск. 2020. – 36 с.
20. Wallace R.L., Shell T.W. // Ecology and classification of North American freshwater invertebrates / Ed. J.H. Thorp, A.P. Covich. San Diego, 2001. P. 195.
21. Митрахович П.А. Количественные и качественные показатели зоопланктона разнотипных озер Беларуси // Вестник БГУ. Сер. 2. - 2005. - № 1. - С. 81-86.
22. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М., 1984. С. 91.
23. Ueno M. 1933. Cladocera of Iturup. Proc. Imp. Acad., Tokyo, 9, 68-71.
24. Ueno, M. 1934. Plankton of the lakes in the Island of Etorofu (Iturup). Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc., 13, 298-312.
25. Carlin, V., 1943. Die Planktonrotatorien des Motalastrom. Zur Taxonomie and Okologie der Planktonrotatorien. Medd. Lunds Univ.Limn. Inst. 5: 1-256.
26. Куренков И. И. Кормовая база молоди лососей во внутренних водоемах Камчатки // Лососевое хозяйство Дальнего Востока. М.: Наука, 1964. С. 106-112.
27. Леванидов В. Я. Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура // Изв. ТИНРО. 1969. Т. 67. 242 с.

28. Чебанова В. В. Динамика биомассы и продукция бентоса и дрейфт водных беспозвоночных в некоторых речных системах Камчатки: Автореф...канд. биол. наук. Владивосток, 1983а. 21 с.
29. Чебанова В. В. Роль мигрирующих беспозвоночных в питании молоди кижуча *Oncorhynchus kizutch* (Walb.) (Salmonidae) в ключе Карымайском (бассейн р. Большая, западная Камчатка) // Вопр. ихтиол. Т. 23, вып. 6. 1983б. С. 961-968.
30. Введенская Т. Л., Травина Т. Н., Хивренко Д. Ю. Бентофауна и питание молоди кеты естественного и заводского воспроизводства в бассейне р. Паратунка // Сборник докладов «Чтения памяти В.Я. Леванидова». Вып. 2. Владивосток: Дальнаука, 2003. С. 71-80.
31. Johnson J. M., Johnson E. Z. Feeding periodicity and diel variation in diet composition of subyearling coho salmon, *Oncorhynchus kizutch*, and steelhead trout, *Salmo gairdneri*, in a small stream during summer // Fish. Bull. 1981. V. 79, N 2. P. 370-376.
32. Смирнов Б. П., Чебанова В. В., Введенская Т. Л. Адаптация заводской молоди кеты и чавычи к питанию в естественной среде и влияние голодания на физиологическое состояние молоди // Вопр. ихтиол. 1993. Т. 33, №5. С. 637-643.
33. Временные биотехнические показатели по разведению лососей с коротким технологическим циклом на рыбоводных заводах Сахалинской области // Приказ Росрыболовства № 912 от 08.09.2011 (Изменения в Приказе Росрыболовства № 520 от 05.06.2012).

CONDITIONS FOR GROWING YOUNG PACIFIC SALMONS IN THE LAKES OF ITURUP

¹ Litvinenko Anna Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, associate Professor

²Zavarzin Denis Sergeevich, Candidate of Biological Sciences, leading researcher, laboratory of Hydrobiology

^{1,3} Grinberg Ekaterina Vladimirovna, without a degree, postgraduate IMGIG DVO RAS, senior lecturer

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Sakhalin State University (SakhSU), Institute of Natural Sciences and Technosphere Safety, Department of Ecology, Biology and Natural Resources, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: litvinenko.av@bk.ru;

² Federal State Budgetary Scientific Institution ("VNIRO") Sakhalin Branch ("SakhNIRO"), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

³ Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (IMGiG DVO RAS), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

The most important stage in the artificial breeding of Pacific salmon is the rearing of juveniles. In some fish hatcheries of the largest island of the Kuril ridge - Iturup - juveniles of pink salmon and chum salmon have been reared in recent years, using the natural production potential of the Blagodatnoye and Bolshoye Kuibyshevskoye lakes. When reared using artificial feed in cages installed in these lakes, juvenile salmon have the opportunity to consume objects of their natural food base. Supplementing the diet of juvenile Pacific salmon during rearing with natural fodder increases growth rates and allows better adaptation to the regime of water bodies. Studies of the natural food base of water bodies indicate a good trophic potential of lakes as receiving water bodies with a food base available for juvenile Pacific salmon. In total, in June 2020, 14 forms of zoo-plankters from three groups of organisms - rotifers, cladocerans and copepods - were isolated in the surface waters of Lake Blagodatnoye. The copepods of the genus Eurytemora, dominating in the plankton of the lake, are optimal in terms of fractional composition for feeding juvenile salmon in the early stages. With intensive operation of receiving reservoirs, it is necessary to prevent their eutrophication and deterioration of the epizootic situation, observing the density of planting in the cages and the peculiarities of their installation.

ИЗУЧЕНИЕ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКИ НА ПРУД ШЕНФЛИЗ (ГОРОД КАЛИНИНГРАД) В 2018-2019 ГГ.

¹Меньшенин Александр Сергеевич, студент

²Цупикова Надежда Александровна, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры ихтиологии и экологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹aleksandr.menshenin@klgtu.ru; ²tsoupikova@klgtu.ru

В работе приведена оценка биогенной нагрузки на пруд Шенфлиз в результате воздействия вод, поступающих с территории его водосборного бассейна, и рекреационной нагрузки в связи с функционированием пруда как купального водоема. Была вычислена площадь функциональных зон и определен объём дождевых и талых вод, стекающих с водосборного бассейна в пруд. Рассчитаны рассредоточенная и рекреационная нагрузки по общему азоту и общему фосфору. Оценено текущее экологическое состояние водоема на основании данных гидрохимического мониторинга.

Характеристика пруда Шенфлиз

Экосистема пруда Шенфлиз испытывает постоянное антропогенное воздействие разного рода. Восточнее водосборного бассейна исследованного водоема расположена улица Дзержинского, которая является одной из важнейших транспортных магистралей города, западнее находится железнодорожная станция «Дзержинская-Новая», на которой с мая 2017 года запущен в эксплуатацию угольный терминал «РЖД» (рисунок 1).

Шенфлиз представляет собой средний по площади водного зеркала пруд (около 9,1 га), глубина которого не превышает 3-4 м в прибрежной зоне и менее 6 м – в центральной. Акватория пруда имеет почти правильную треугольную форму с очень слабоизрезанными берегами при протяженности береговой линии 1,2 км. Длина Шенфлиза составляет – 0,48 км, максимальная ширина (0,32 км) заметно превосходит среднюю (около 0,19 км), площадь водосборного бассейна равна 7,3 га [1].

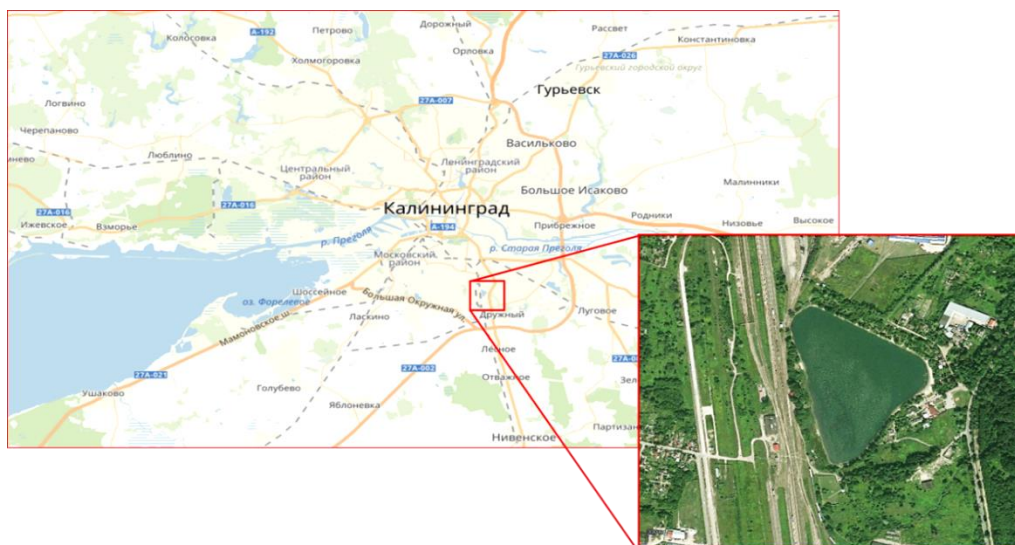


Рис. 1. Географическое положение пруда Шенфлиз

Функциональное назначение территории водосборного бассейна данного водоема отражает Генеральный план ГО «Город Калининград» (рисунок 2).

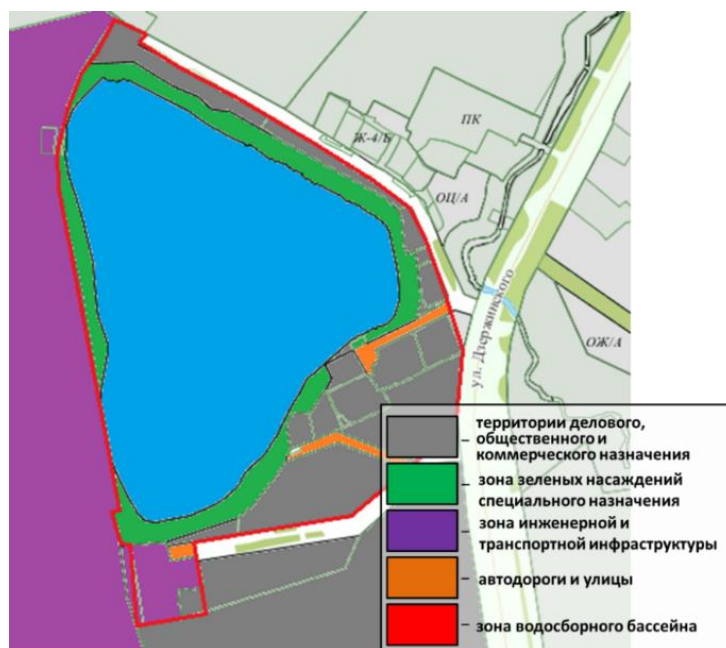


Рис. 2. Функциональная структура водосборного бассейна пруда Шенфлиз (согласно [2])

Произведенные расчеты показали, что согласно кадастровой карте большая часть земель водосбора Шенфлиза занята территориями делового, общественного и коммерческого назначения (50,7% от общей площади водосборного бассейна) и зоной зеленых насаждений специального назначения (38,4%). Незначительную часть занимают зона инженерной и транспортной инфраструктуры, а также автодороги и улицы (таблица 1).

Таблица 1

Функциональное назначение земель территории водосборного бассейна пруда Шенфлиз (расчеты авторов)

Функциональное назначение земель	Площадь, га	Доля от общей площади водосборного бассейна, %
Территории делового, общественного и коммерческого назначения	3,7	50,7
Зона зеленых насаждений специального назначения	2,8	38,4
Зона инженерной и транспортной инфраструктуры	0,5	6,8
Автодороги и улицы	0,3	4,1
Водосборный бассейн (всего)	7,3	100,0

Неоднократно со стороны угольного терминала фиксировались выбросы угольной пыли, которые покрывали поверхность всего водоема (рисунок 3). Деятельность по складированию и перевалке угля относится ко второму классу опасности. Это означает, что минимальное расстояние между объектами, осуществляющими подобную деятельность, и жилыми домами и зонами отдыха должно составлять минимум 500 м [3]. На деле же расстояние до Шенфлиза составляет всего 300 м, а ближайшие дома находятся в 370 м от терминала, от угольной пыли страдают и местные жители. В СМИ неоднократно публикуются обращения жителей близлежащих жилых комплексов с жалобами на выбросы угольной пыли [4].



Рис. 3. Угольная пыль на поверхности водоема (апрель 2020 г., фото общественной организации «Янтарные моржи»)

В январе 2019 г. РЖД привлекали к ответственности за осуществление пагубной для окружающей среды деятельности без разрешения на выброс в воздух вредных веществ. Рассматривался вариант приостановки работы терминала [4].

В южной части водосбора постоянно функционирует несанкционированная свалка, которая периодически пополняется строительным мусором. В ходе мониторинга периодически обнаруживались следы тяжелой техники, которые вели к данной несанкционированной свалке.

Расчет внешней нагрузки

Пруд Шенфлиз пользуется большой популярностью у горожан благодаря высокой рекреационной привлекательности водоема и прилегающей местности. В связи с этим исследуемый водоем испытывает все возрастающую антропогенную нагрузку от неорганизованных и организованных мест отдыха.

Пруду Шенфлиз установлена первая рыбохозяйственная категория. Первая категория означает, что в водном объекте водные биоресурсы не относятся к особо ценным и ценным видам, и объект является местом их размножения, зимовки, массового нагула, искусственного воспроизводства, путями миграций [5]. Ихтиофауна Шенфлиза представлена такими видами рыб как окунь, плотва, густера, лещ, карп, линь, шиповка.

Следовательно, к водоему применимы следующие категории нормирования качества воды по характеру водопользования [6]:

- культурно-бытовое (использование для купания, занятия спортом и отдыха населения);
- рыбохозяйственное (использование для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб).

В соответствии с СанПиН 42-128-4690-88 «Санитарные правила содержания территорий населенных мест» [7] в каждой пляжной зоне должен обязательно присутствовать мусорный контейнер емкостью 0,75 м³, который следует устанавливать из расчета один контейнер на 3500-4000 м² площади пляжа. Площадь городского пляжа на пруду Шенфлиз составляет около 0,27 га, т.е. достаточно одного контейнера. В пляжной зоне имеется контейнер, отвечающий требованиям, однако на берегу отсутствуют площадки с твердым покрытием для парковки автотранспорта, в связи с этим отдыхающие паркуют автомобили на грунте и зеленых насаждениях на расстоянии 15-20 м от уреза воды. Неоднократно фиксировалось наличие пены белого цвета на поверхности водоема, связанное, вероятно, с попаданием моющих средств во время мытья машин.

Почвы придорожной территории г. Калининграда и области сильно загрязнены нефтепродуктами, среди которых особое значение играют полициклические ароматические углеводороды, особенно бенз(а)пирен, вследствие постоянного и нарастающего использования автотранспорта [8]. Попадая в почвенную среду, поллютанты вызывают изменения биологических, физических, химических

свойств и вызывают нарушение протекания естественного цикла биохимических процессов [9]. Загрязнение почвенной среды имеет долгосрочный характер и с обострением ситуации произойдет переход с локального уровня негативного воздействия на региональный с изменением структурно-функционального уровня почвенной среды.

Естественным образом (атмосферные осадки, опадающая листва, конечные продукты метаболизма животных, отмершая высшая растительность) необходимые для водных растений биогенные вещества попадают в воду пруда в нужном количестве. Однако зачастую антропогенная нагрузка на водоемы преобладает над естественными причинами. При этом поступление биогенных веществ в водоемы происходит в процессе сброса хозяйственных и промышленных сточных вод. В летнее время с купанием отдыхающих поступление биогенных веществ (азот, фосфор) возрастает в десятки раз, что приводит к зарастанию и деградации пруда. С увеличением содержания биогенных веществ водоросли начинают интенсивно расти, фитопланктон ускоренно развивается, приводя к возникновению процесса «цветения воды» вследствие размножения цианобактерий. Таким образом, активизируются процессы эвтрофикации.

Поступление биогенных веществ рассчитывается с помощью показателя биогенной нагрузки на водный объект, смысл которой состоит в количестве вещества, поступившего в водоем за рассматриваемый интервал времени и пересчитанное на единицу площади акватории или объем водной массы [10]. Данный показатель учитывает сельскохозяйственную деятельность на водосборном бассейне, а также возможное биогенное загрязнение [11] и позволяет определить, является ли поступление биогенов избыточным.

Нагрузка – постоянно действующий фактор, который определяет качество воды в водном объекте, влияющий на химический состав донных отложений и гидробиологические процессы, протекающие в нем. По отношению к источникам формирования внешняя нагрузка делится на точечную и рассредоточенную. Точечная нагрузка образуется за счет сбросов очищенных и неочищенных сточных вод промышленных, муниципальных и сельскохозяйственных предприятий. Рассредоточенная нагрузка образуется за счет выноса веществ со всей площади водосборного бассейна; это выделение химических веществ из почв, смыв поверхностных загрязнений [10]. С учетом отсутствия в водосборном бассейне пруда организованных источников сброса сточных вод, суммарный вынос биогенных веществ с территории водосборного бассейна формируется за счет рассредоточенной нагрузки.

Для оценки биогенной нагрузки на пруд Шенфлиз были использованы методики Б.П. Власова, С.А. Кондратьева и др., а также модель Р. Фолленвайдера [11-12]. Согласно методике Б.П. Власова [11], годовой объем стока дождевых вод для пруда Шенфлиз за 2018 г. равен 10,69 тыс. м³/год, за 2019 г. – 13,52 тыс. м³/год. Среднегодовой объем стока талых вод для водоема составил 23,47 тыс. м³/год. Таким образом, суммарный объем вод, поступающих на территорию водосборного бассейна исследуемого водоема, в 2018 г. составил 34160 м³/год, в 2019 г. – 36990 м³/год (из них приблизительно 30 % приходится на долю дождевого стока и 70 % стока талых вод).

Суммарный вынос азота с водосборной площади исследуемого водного объекта, не учитывающий иные факторы, кроме количества твердых и жидких осадков, поступающих на территорию водосбора, в 2018 г. составил 850 кг, в 2019 г. – 864 кг, фосфора в 2018 г. – 189 кг, в 2019 г. – 192 кг.

В то же время, рассредоточенная нагрузка на водосбор пруда Шенфлиз, рассчитанная по методу С.А. Кондратьева и др. [12], которая принимает во внимание также величину удержания химических веществ в зависимости от характера подстилающей поверхности территории, по фосфору оценивается в 2,6 кг, по азоту – 36,8 кг ежегодно.

Согласно модели Р. Фолленвайдера, допустимая фосфорная нагрузка на акваторию пруда Шенфлиз не должна превышать 0,052 г/м² в год. Фактическая фосфорная нагрузка составляет 0,049 г/м² в год, т.е. остается в пределах допустимого. Превышение нормального поступления фосфатов может привести к развитию эвтрофирования и цветения водоема. Однако, проведение ежемесячного гидрохимического мониторинга позволяет получить данные фактического содержания соединений азота и фосфора, а также позволяет установить Изучение фактического содержания соединений азота и фосфора, растворенных в водах пруда Шенфлиз, по данным ежемесячного гидрохимического мониторинга, показывает, что в целом их концентрации обычно невелики и не превышают установленных нормативов для водных объектов рыбохозяйственного значения.

Воды пруда Шенфлиз по содержанию азота аммонийного можно оценить как умеренно загрязненные (рисунок 4). Концентрация аммонийного азота, представляющего собой низшую фазу регенерации азота, лишь в октябре 2018 г. несколько выходят за пределы рыбохозяйственных нормативов (более $0,4 \text{ мгN/дм}^3$), а на протяжении довольно длительного периода, с ноября 2018 г. по июль 2019 г., не превышают $0,055 \text{ мгN/дм}^3$.

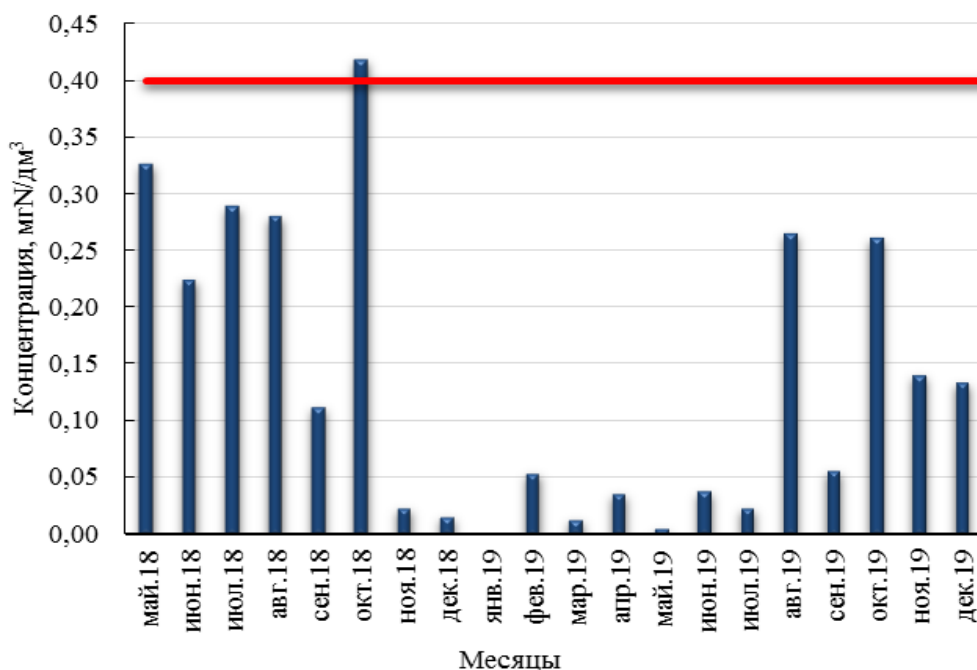


Рис. 4. Азот аммонийный, мгN/дм³, 2018-2019 гг.

Содержание фосфора фосфатов на протяжении рассматриваемого периода было низким и также не превышало ПДК даже для олиготрофных водоемов, кроме октября 2018 г., когда наблюдался скачок его концентрации с $0,002$ (в сентябре) до $0,062 \text{ мгP/дм}^3$ (рисунок 5).

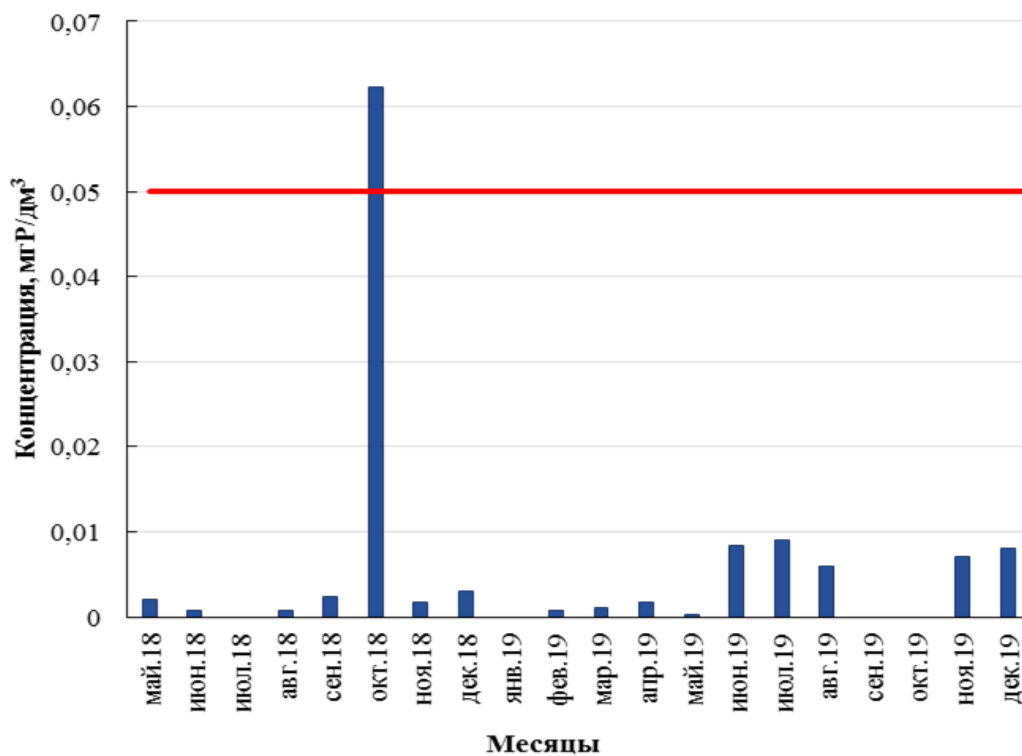


Рис. 5. Фосфор фосфатов, мгP/дм³, 2018-2019 гг.

Согласно ГОСТ 17.1.2.04-77 [13] в 2018-2019 гг. воды пруда Шенфлиз оценивались как чистые – слабо загрязненные, эвтрофно-мезотрофные, и по содержанию фосфора фосфатов соответствовали олигосапробному классу, азота аммонийного – бетамезосапробному.

Значительное влияние на любой купальный водоем оказывают отдыхающие. Официальный купальный сезон в Калининграде в 2018 и в 2019 гг. составил 92 дня, открылся первого июня, закрылся – 31 августа. Наиболее благоприятными для отдыха считаются солнечные дни с температурой воздуха более 20 °С, а для купания – с температурой воды выше 18 °С [14]. Для оценки рекреационной нагрузки подсчитывалось количество отдыхающих на пляжных зонах в благоприятную погоду для отдыха и купания. Количество дней, подходящих для пляжного отдыха, учитывалось на основе информации архива погоды [15].

Расчет рекреационной нагрузки показал, что в воды пруда Шенфлиз за купальный сезон 2018 г. дополнительно поступило 59,22 кг азота и 5,49 кг фосфора; в 2019 г. – 58,8 кг азота и 5,46 кг фосфора.

Рекреационный потенциал водоема, понимаемый как отношение между фактической и предельно возможной численностью туристов на рассматриваемой территории [16], для Шенфлиза не превышала 42 отдыхающих на один гектар, при этом возможность самоочищения водоема сохраняется при плотности отдыхающих до 100-140 чел./га. Это позволяет говорить о наличии возможностей для расширения зон отдыха на водоеме.

Заключение

Выполненные расчеты выноса биогенных элементов (азота и фосфора) с территории водосборного бассейна пруда Шенфлиз показали, что значения, вычисленные по методу С.А. Кондратьева и учитывающие удержание биогенов, в среднем ежегодно составляют менее 3 кг фосфора и 37 кг азота. Фактическая фосфорная нагрузка не превышает допустимую.

Рекреационная составляющая биогенной нагрузки на Шенфлиз – умеренная и сопоставима с самоочищающей способностью водоема, поскольку с организованных пляжей поступает допустимое количество биогенных веществ.

Согласно данным ежемесячного гидрохимического мониторинга, проводимого авторами с мая 2018 г. по ноябрь 2020 г., водоем олиго-бетамезосапробный, Качество вод в пруду Шенфлиз в течение ряда лет остается на довольно высоком уровне. Это косвенно подтверждает отсутствие систематического превышения допустимой биогенной нагрузки. Следовательно, в условиях Калининградской области для бессточного водоема в отсутствие точечных источников поступления сточных вод в него, показатели рассредоточенной нагрузки, получаемые при помощи метода С.А. Кондратьева, достаточно точно характеризуют экологическое состояние.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морфометрическая характеристика пруда Шенфлиз (г. Калининград) / Н. А. Цупикова, А. С. Меньшенин, А. В. Алдушин // Известия КГТУ. – 2021. – №62. – С. 35-49.
2. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 25 сентября 2007 г. N 74, С. 12.
3. Публичная кадастровая карта // Электрон. дан. Режим доступа URL: [https:// pkk5.rosreestr.ru](https://pkk5.rosreestr.ru) (дата обращения 18.09.2021).
4. Угольные воды озера Шенфлиз. – 2020. – 10 августа // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://ecosphere.press/2020/08/10/ugolnye-vody-ozera-shenfлиз/> (дата обращения: 11.09.2021).
5. Постановление Правительства РФ от 28.02.2019 N 206 «Об утверждении Положения об отнесении водного объекта или части водного объекта к водным объектам рыбохозяйственного значения и определении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения» // Электрон. дан. Режим доступа URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_319699/ (дата обращения: 12.09.2021).
6. Правила охраны поверхностных вод (типовые положения): утв. Госкомприродой СССР 21.02.91 - Нормирование качества воды водоемов и водотоков // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://zakonbase.ru/content/part/395632> (дата обращения: 12.09.2021).

7. СанПиН 42-128-4690-88 «Санитарные правила содержания территорий населенных мест»: сборник важнейших официальных материалов по санитарным и противоэпидемическим вопросам. М.: ТОО «Рарогъ», – 1994. – С. 67-80.
8. Дедков В.П., Куркина М.В. Актуальные проблемы изучения микрофлоры почв города Калининграда // Вестник БФУ им. И. Канта. – 2009. – №7. – С. 77-83.
9. Содержание тяжёлых металлов в почвенном покрове в условиях техногенеза / И.В. Казанцев, Т.Б. Матвеева // Самарский научный вестник. 2016. – № 1 (14). – С. 34–37.
10. Моделирование биогенной нагрузки на водные объекты / С.А. Кондратьев, Д.А. Максимов, М.В. Шмакова, В.И. Уличев // Ученые записки российского государственного гидрометеорологического университета. – 2014. – № 35. – С. 165-177.
11. Геоэкологическая оценка природно-ресурсного потенциала антропогенно нарушенных озерных бассейнов: метод. рекомендации / Б.П. Власов [и др.]. Минск: БГУ. – 2015. – С. 44.
12. Метод расчета внешней нагрузки на Чудско-Псковское озеро с Российской территории водосбора / С.А. Кондратьев, М.М. Мельник, М.В. Шмакова и др. // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). – 2010. – № 1. – С. 183-197.
13. ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов: сб. ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов, – 2000. – С. 51-62.
14. Создание искусственных водоемов для рекреации / С.И. Кондратов, А.П. Купрюшин, А.А. Чудаков // Вестник Воронежского гос. техн. ун-та. – 2009. – Т. 5. – № 3. – С. 129.
15. Архив погоды в Калининграде // Электрон. дан. Режим доступа URL: https://tr5.ru/Архив_погоды_в_Калининграде (дата обращения: 08.09.2021).
16. Рекреационный потенциал водоема // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://www.uniquegeo.ru/unigos-911-12.html> (дата обращения: 14.09.2020).

STUDY OF THE EXTERNAL LOAD ON THE SCHOENFLIES POND (KALININGRAD) IN 2018-2019

¹Menshenin Aleksandr Sergeevich, student

²Tsupikova Nadezhda Aleksandrovna, PhD in Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Ichthyology and Ecology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Russia,
e-mail: ¹aleksandr.menshenin@klgtu.ru1; ²tsoupikova@klgtu.ru

The paper provides an assessment of the impact of waters flowing from the drainage area on the Schoenflies pond, a bathing reservoir located in the city of Kaliningrad. The authors calculated the area of functional zones and determined the volume of rain and melt water entering the Schoenflies. The diffuse and recreational loading were estimated for total nitrogen and total phosphorus, and the results obtained were compared to the permissible load. The current ecological condition of the waterbody was assessed on the basis of hydrochemical monitoring.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕДА НА ПРИМЕРЕ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Минашкина Александра Владимировна, специалист по УМР кафедры ихтиологии и экологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: aleksandra.minashkina@klgtu.ru

Проанализирована нормативно-правовая база Российской Федерации в области накопленного вреда окружающей среде. Представлен международный и российский опыт использования территорий накопленного экологического вреда. Рассмотрен конкретный объект накопленного экологического вреда в Калининградской области – рекультивированный полигон ТКО в пос. им. А. Космодемьянского, с точки зрения потенциала рекреационных возможностей и использования прилегающей территории.

На сегодняшний день во всём актуальным является вопрос использования территорий накопленного экологического вреда и считается, что экологическая ответственность является препятствием для различного рода использования. Подобного рода ответственность наступает, когда удовлетворение экономических потребностей общества, причиняющее вред природной среде, не согласовывается с интересами охраны окружающей природной среды (в рамках которой совершается процесс взаимодействия общества и природы). Однако с учетом корректировки цен на землю ответственность не может препятствовать повторному использованию этой территории. И таким образом возникает интерес к различным территориям, которые до определённого момента не могли быть вовлечены в пользование для хозяйственных целей.

Российскими нормативно-правовыми актами установлены понятия «накопленный вред окружающей среде» и «объекты накопленного вреда окружающей среде», а именно в соответствии с Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [1] накопленный вред окружающей среде есть не что иное как, вред окружающей среде, возникший в результате прошлой экономической и иной деятельности, обязанности по устранению, которого не были выполнены либо были выполнены не в полном объеме. Понятие же «объекты накопленного вреда окружающей среде (ОНВОС)» дополняет первое и трактуется как: территории и акватории, на которых выявлен накопленный вред окружающей среде, объекты капитального строительства и объекты размещения отходов, являющиеся источником накопленного вреда окружающей среде. Приказ Росприроднадзора от 25.04.2012 N 193 «Об утверждении Методических рекомендаций по проведению инвентаризации объектов накопленного экологического ущерба» [2] дополняет определение, которое дано в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» и обозначает его как, загрязненные территории, в том числе бесхозяйные территории, образованные в результате прошлой хозяйственной деятельности, а также объекты размещения отходов и иные объекты (здания, сооружения, загрязненные земельные участки), вокруг которых сформировалось загрязнение или которые сами являются загрязненными, на которых деятельность под управлением организации осуществлялась в прошлом и на которых остались отходы, негативно влияющие на природную среду.

Согласно официальным данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды РФ) и Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор), на июнь 2021 года в России насчитывается около 370 объектов, входящих в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде (ГРОНВОС) [3].

Однако данные ежегодных докладов «О состоянии и охране окружающей среды в Российской Федерации в 2020 году» свидетельствуют о гораздо больших масштабах накопленного вреда.

Само существование объектов НВОС может грозить серьезными негативными последствиями для окружающей природной среды и населения. Прилегающие к ним земли и водные объекты, а также грунтовые воды загрязняются органическими и неорганическими веществами. Существует риск загрязнения опасными микроорганизмами, набор которых определяет вид деятельности, породившей эти объекты НВОС.

В соответствии с поручением Правительства РФ от 3 октября 2012 г. проводится инвентаризация объектов накопленного экологического ущерба, исполнителями такой инвентаризации являются Минприроды России совместно с субъектами РФ.

На сегодняшний день в России были выявлены крупнейшие объекты НВОС, требующие особого внимания, для которых определены основные направления и первоочередные меры реагирования, для решения проблем, связанных с этими объектами. Главными, из таких объектов, являются накопители или же полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО).

На официально действующих полигонах ТКО, соблюдающих все эколого-эпидемиологические требования РФ, включенных в Государственный реестр объектов по размещению отходов (ГРОРО), и несанкционированных свалках размещаются примерно одинаковые по морфологическому составу отходы.

Федеральным классификационным каталогом отходов (ФККО) выделяется несколько агрегатных и состояний, и физических форм отходов, основные из них и размещаемые на полигонах ТК это: органические материалы (пищевые отходы) и синтетические отходы (бумага, картон, отходы полимерной упаковки и пластических масс, остатки кожаных и резиновых изделий, древесные отходы). В целом состав свалочных масс является сложной гетерогенной смесью. В процессе разложения под действием микроорганизмов отходы в теле полигона могут переходить из одного агрегатного состояния в другое. В ФККО выделяется три основных агрегатных состояния отходов: твердые, жидкие и пастообразные. Повышенная влажность (60–90%), нейтральная или слабощелочная среда способствует интенсивности процессов разложения.

При разложении отходов, в теле полигона образуются свалочные газы (биогаз), они являются газообразными продуктами разложения свалочных масс и в их состав входят в основном углекислый газ и метан. Помимо этих двух составляющих в составе биогаза можно обнаружить примеси водорода и сульфида водорода, что также обуславливает особенности негативного воздействия на окружающую среду.

Исходя из международного опыта вовлечения в хозяйственное пользование закрытых и рекультивированных полигонов, можно сделать вывод о том, что перспективы использования таких земель имеют место существовать. Главный пример такого вовлечения является парк Ариэля Шарона, созданный на территории Хирии, бывшего полигона отходов, расположенного к юго-востоку от Тель-Авива (Израиль). Полигон начал свою деятельность с 1952 года и к концу 20 века на нём накопилось более 25 миллионов тонн отходов, высота данного сооружения составляла около 80 м. Основными проблемами, которые возникали при использовании полигона являлись: загрязнение подземных вод и распространением ядовитых газов, которые привели к закрытию объекта. Другая проблема состояла в том, что тысячи птиц, привлекаемые разлагающимся мусором, представляли опасность для коммерческих авиалайнеров, взлетающих и приземляющихся в близлежащем аэропорту Бен-Гурион. С начала 20 века, после закрытия полигона, начались обсуждения местных властей об использовании данной территории и перспективах её развития. На сегодняшний день на полигоне созданы: три предприятия по переработке отходов, центр по разделению отходов, объект по переработке зеленых отходов, производящий мульчу, и завод по переработке строительных материалов. Сам полигон и её окрестности были преобразованы в большой парк, который продолжает строиться. По плану, на территории бывшей Хирии появятся амфитеатр, рестораны, кафе, спортплощадки и учебные зоны, посвященные охране окружающей среды [4, 5, 6, 7]. Изображение полигона Хирия до рекультивации и после введения в хозяйственный оборот представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Изображения полигона Хирия (Израиль) до рекультивации и после

В РФ также перенимается международный опыт по вовлечению в хозяйственный оборот территорий объектов накопленного экологического ущерба. В Иркутской области на территории иркутского городского полигона ТКО на 5-м километре Александровского тракта открыли «Музей на свалке». Общая площадь территории полигона составляет 42 гектара, в том числе под захоронения их пользуется 20,2 гектара, введён в эксплуатацию в 60-х годах 20 века. На сегодняшний день, для посещения, открыты 3 музейные площадки, полигон и зона реконструкции. Основными экспонатами этого музея являются сами отходы, поступающие на полигон, рассортированные и выставленные в определённые инсталляции [8, 9, 10]. Подобное обустройство территорий полигонов и использование их с целью экологического просвещения повышает интерес населения к проблемам охраны окружающей природной среды.

Калининградская область не является исключением в части объектов накопленного экологического вреда. В конце 2019 года в Калининградской области (пос.им.А.Космодемьянского) закончилась рекультивация одного из крупных полигонов в области. Общая занимаемая полигоном площадь, расположенного в пос. им. А Космодемьянского Калининградской области, составляла 20,2 га. Численность населения, проживающего в зоне негативного воздействия на окружающую природную среду от воздействия эксплуатируемого полигона, составляла 457 600 человек.

Таким образом, целью исследования является анализ возможностей использования территории накопленного экологического вреда, на примере рекультивированного полигона ТКО в пос.им.А.Космодемьянского.

По официальным источникам полигон в пос. им. А. Космодемьянского начал свою эксплуатационную деятельность в 1978 г. Расположение полигона противоречило требованиям природоохранного и санитарно-эпидемиологического законодательства, так как полигон находился в границах г.Калининграда (Рис. 2). Помимо этого, территория полигона проставляла собой источник загрязнения компонентов окружающей среды (ОС) (атмосферного воздуха, водных объектов, почвы) из-за возгораний. Полигон был включен в число российских «горячих точек» Программы ХЕЛКОМ JCP (The Baltic Sea Joint Comprehensive Environmental Action Programme) в 1992 году и ему был присвоен номер 70 с названием «Полигон опасных отходов» [11].

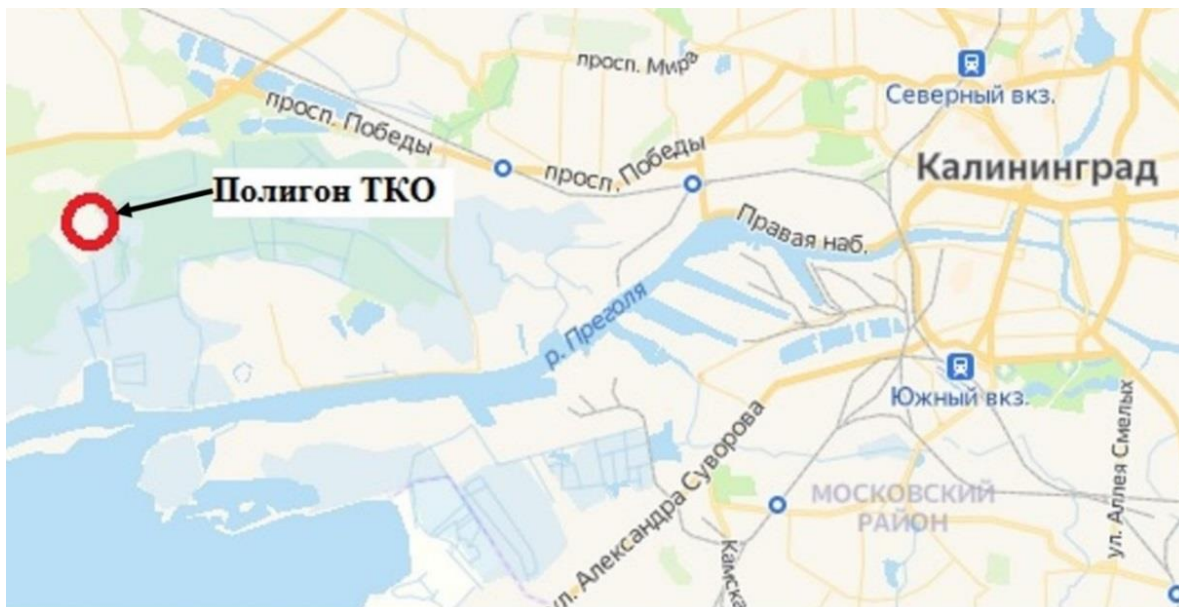


Рис. 2. Расположение полигона ТКО в пос.им.А.Космодемьянского [18]

С момента включения полигона в число «горячих точек» данные о негативном воздействии на окружающую природную среду стали с определённой периодичностью поступать в ХЕЛКОМ. С 2016 года и до его официального закрытия, на территории полигона проводились международные проекты по исследованию НВОС (в частности из-за образующихся фильтрационных вод (ФВ)). В рамках одного из таких проектов ФВ полигона были исследованы на 87 химических показателей. В результате исследований отмечались превышения ПДК по некоторым веществам в ФВ и подтверждали его негативное воздействие. Интерес к состоянию объекта со стороны общественности Калининградской области и организаций региона Балтийского моря с годами только возрастал. Причиной тому являлся сам факт, что самый крупный в Калининградской области полигон функционировал вопреки всем законодательным требованиям по обеспечению экологической безопасности РФ.

В конце 2016 года региональными властями Калининградской области было принято решение прекратить эксплуатацию полигона и начать его рекультивацию. Проводилась рекультивация в рамках Федерального проекта «Чистая страна». На момент закрытия полигона объем накопленных отходов составлял около 36 млн м³. Так как переместить накопленный объем отходов на новую территорию для рекультивации не представлялось возможным, решили создать на существующем участке возможную систему защиты окружающей природной среды от воздействия полигона. Результатами геологических изысканий было выяснено, что под свалочными массами находится уплотненный торф, благодаря которому предотвращается проникновение ФВ в грунтовые воды. Полигону была придана форма в виде пирамиды с тремя террасами, и тело полигона покрыли несколькими слоями инертных материалов, бентонитом и почвенной смесью. Таким образом добились прекращения поступления влаги внутрь тела полигона. Общая высота сооружения после рекультивации составила 41 м. Одновременно с перемещением и уплотнением свалочных масс у подошвы полигона и по его периметру была прорыта траншея глубиной 5–8 м, шириной 5 м, засыпанная глиной. «Глиняный замок» помог сформировать барьер против миграции жидкостей через основание полигона как внутрь его, так и наружу. Во второй половине 2019 года на полигоне закончились рекультивационные работы.

Во время проведения рекультивационных работ на полигоне, в Калининградской области выпало много осадков, что привело к насыщению влагой свалочных масс [12]. Атмосферные осадки, прошедшие сквозь тело полигона, перемешанные с влагой от отходов и жидкостью, образующейся в процессе разложения отходов представляют концентрат тёмно-коричневого цвета и специфического химического состава и именуется как ФВ полигона. По периметру полигона была проложена гофрированная труба, установленная для улавливания ФВ и направления их в накопительную емкость объемом 50 м³. Данный объем емкости оказался недостаточным, так как на некоторых других свалках фиксировалось образование ФВ до 340 м³ в сутки [13]. Из-за недостаточного объема емкости часть ФВ попала в окружающую природную среду. Для того, чтобы не допустить дальнейшего поступления

ФВ в окружающую природную среду, был установлен трубопровод от приемной камеры (накопительной емкости) и до городского коллектора сточных вод. В мае 2020 года эта система была запущена в действие и ФВ перекачивались из накопительной емкости в приемную камеру городских очистных сооружений. Следующим этапом в ходе глобального преобразования территории рекультивированного полигона в пос.им.А.Космодемьянского должна стать реабилитация земельного участка на котором находится полигон и прилегающей к нему территории.

Вопрос дальнейшего использования территории, прилегающей к полигону, уже заставил задуматься Администрацию Калининграда. И для рассмотрения всех перспектив необходимо произвести оценку негативного воздействия полигона на прилегающие к нему территории, а также определить масштаб и стоимость территориальной реабилитации [14, 15]. После этих проведенных действий станет возможным разработка предложений о дальнейших направлениях использования территории полигона и прилегающей к нему территории. Таким образом, потребуется информация о состоянии элементов окружающей природной среды в зоне влияния полигона, эта информация позволит разработать и подготовить перечень реабилитационных работ и планы дальнейшего использования территории.

ФВ полигона являются основным видом негативного воздействия на окружающую природную среду и их поступление в окружающую среду на этапах эксплуатации, рекультивации и пострекультивации также негативно сказалось. Самые ранние исследования химического состава ФВ в аккредитованных лабораториях относятся к 2008 году, когда полигон активно эксплуатировался. С того года список исследуемых параметров менялся от 7 до 17, результаты же по одному и тому же параметру могли отличаться в более чем 20 раз. Отмечая такой разброс в диапазоне концентраций и малочисленность комплексных исследований установить закономерность таких изменений и дать соответствующую интерпретацию не представлялось возможным. На основе получаемых таким образом мониторинговых данных сделать выводы о достоверной степени экологической опасности рекультивированного полигона и прилегающих территорий не представляется возможным.

Возможности любой программы мониторинга ограничены рядом возможностей и на базе лабораторий кафедры ихтиологии и экологии КГТУ была разработана оптимизированная и комплексная программа мониторинга рекультивированного полигона в пос.им.А.Космодемьянского [16].

Основным фактором, вызывающим опасение, является воздействие ФВ полигона на водные экосистемы. Так, например, длительное воздействие оказывалось на пруд б/н, который находится в 400 м к югу от полигона. Этот водный объект был создан, как торфяной карьер в послевоенное время, а затем заполнился водой. Официальных данных о более раннем исследовании пруда б/н на сегодняшний день нет. Пробные обловы, выполненные кафедрой ихтиологии и экологии КГТУ в конце 2020 года, показали, что пруд б/н является местом обитания видов рыб, традиционных для подобного рода водных объектов Калининградской области (плотва, щука, окунь).

Так как в 1000 м к югу от полигона находится Калининградский залив, заводь которого связана с прудом б/н мелиоративной канавой, то влияние фильтрационных вод полигона могло также распространиться и на залив.

Интерес к прилегающей территории наблюдается у местных рыболовов-любителей, для которых расположение водных объектов (пруда б/н и заводь Калининградского залива) недалеко от черты города является доступным, что повышает рекреационный потенциал территории.

Заключение

Оценка глобальных перспектив использования территорий накопленного экологического ущерба, возможна после проведения комплексного мониторинга полигона ТКО и прилегающей территории.

В случае использования территорий рекультивированных полигонов для хозяйственных целей необходимо учитывать выход биогаза и образование ФВ. Исходя из литературных источников [17] на стабилизацию рекультивированных полигонов уходит 10-15 лет, по прошествии которых может быть целевое использование территорий. Наиболее приемлемыми направлениями использования территорий закрытых полигонов являются: сельскохозяйственное, лесохозяйственное и рекреационное.

Так как рекультивированный полигон в пос.им.А.Космодемьянского Калининградской области находится фактически в черте г. Калининграда обустройство промышленной зоны на территории

рекультивированного полигона может вызвать ряд проблем включающих в себя дополнительное неблагоприятное воздействие на территорию накопленного экологического ущерба и привести к ухудшению состояния окружающей природной среды.

Наиболее предпочтительным вариантом использования территории рекультивированного полигона является рекреационное направление, применяемое для целей экологического просвещения населения, сохранения окружающей природной среды и привлечения внимания к проблемам обращения с отходами. Одной из ранее предложенных масштабных концепций развития полигона и прилегающей территории является обустройство экотехнопарка [19], который позволит решить ряд экологических проблем, при этом учесть социально-экономическую компоненту вопроса использования территорий накопленного экологического вреда.

Возможности использования территорий накопленного экологического ущерба в перспективе имеют широкое значение. К наиболее вероятным направлениям развития рекультивированного полигона в пос. им. А. Космодемьянского Калининградской области и прилегающей территории можно отнести рекреационное, эколого-просветительское и любительское рыболовство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ.
2. Приказ Росприроднадзора от 25.04.2012 N 193 «Об утверждении Методических рекомендаций по проведению инвентаризации объектов накопленного экологического ущерба».
3. Список (дополненный) объектов накопленного вреда окружающей среде, включенных в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде (дополнение приложения к приказу Минприроды России от 29 августа 2017 г. № 470 «О включении объектов накопленного вреда окружающей среде в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде») по состоянию на 29.06.2021.
4. В Израиле самый большой мусорный полигон страны превратили в эко-парк. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://rubryka.com/ru/2021/01/24/ekopark-izrayil/> (дата доступа 01.09.2021).
5. Опыт Израиля в создании экопарка вместо полигона // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://xn---7sbbdte4bdbeic8au9l.xn--p1ai/news/opyit-izrailya-v-sozdanii-ekoparka-vmesto-poligona/> (дата доступа 01.09.2021).
6. Израиль разобрался с мусором. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://rg.ru/2015/05/20/izrail.html> (дата доступа 01.09.2021).
7. В Израиле создали парк из 50-летней кучи мусора, такой способ преобразования полигонов сейчас перенимают и в Подмосковье. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://mosregtoday.ru/eco/v-izraile-sozdali-park-iz-50-letney-kuchi-musora-takoy-sposob-preobrazheniya-poligonov-seychas-perenimayut-i-v-podmoskov-e/> (дата доступа 01.09.2021).
8. Музей на свалке. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.irk.ru/news/articles/20160718/museum/> (дата доступа 01.09.2021).
9. Музей «На свалке» в Иркутске (Музей полигона ТБО) // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.tourister.ru/world/europe/russia/city/irkutsk/museum/32577> (дата доступа 01.09.2021).
10. Музей при полигоне ТБО на Александровском тракте // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://icrt-russia.ru/objects/muzej-pri-poligone-tbo-na-aleksandrovskom-trakte/> (дата доступа 01.09.2021).
11. Pre-feasibility study of the Kaliningrad Region and the Pregel River basin. Synthesis report. Norconsult, 1992. 101 p.
12. Учет климатических особенностей Российской Федерации в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами/ А.А. Никанорова, Д.И. Фураева, Д.А. Лебедев // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2019.– № 57.– С. 98—116.
13. Распространение свалочного фильтрата в грунтовые воды/ А. Лонгбарди, А.Н. Елизарьев, Э.С. Насырова и др.// Теоретическая и прикладная экология. 2020. – № 2.– С. 36-43.
14. Куценко С.А. Основы токсикологии.– СПб.: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, 2002.– 395 с.
15. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах / под науч. ред. Е.С. Климова. Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 167 с.

16. Разработка программы мониторинга водных объектов вблизи рекультивированного полигона ТКО в пос. им. А. Космодемьянского Калининградской области/ А.В. Минашкина, С.В. Кондратенко, Е.А. Воробьева. Гидрометеорология и экология. 2021.– № 62. – С. 96-112.

17. Инструкция по проектированию и эксплуатации полигонов для твердых бытовых отходов// Электрон. дан Режим доступа URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146721/ (дата доступа 01.09.2021).

18. Изменчивость химических показателей фильтрационных вод полигона твердых коммунальных отходов в пос. им. А. Космодемьянского Калининградской области./ Минашкина А.В., Кондратенко С.В. Гидрометеорология и экология, 2021. – № 64. – С. 558-574.

19. Уманский С.А., Кондратенко С.В. Экотехнопарк – инновационный элемент системы обращения с отходами Калининградской области // Известия Калининградского государственного технического университета. 2011.– № 22. – С.174-181.

THE POSSIBILITIES OF USING THE TERRITORIES OF ACCUMULATED ENVIRONMENTAL DAMAGE ON THE EXAMPLE OF THE KALININGRAD REGION

Minashkina Alexandra Vladimirovna, specialist in UMR of the Department of Ichthyology and Ecology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: aleksandra.minashkina@klgtu.ru

The article analyzes the regulatory and legal framework of the Russian Federation in the field of accumulated environmental damage. A specific object of accumulated environmental damage is considered – a recultivated MSW landfill in the village of im.A.Kosmodemyansky of the Kaliningrad region. The data of the ongoing comprehensive monitoring of the recultivated MSW landfill in the village of im.A. Kosmodemyansky of the Kaliningrad region and those located near water bodies, in order to assess the possibilities of further prospects for using this territory for recreational purposes.

УДК 539.512

ПОЛУЧЕНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ГИГАНТСКОЙ ПРЕСНОВОДНОЙ КРЕВЕТКИ MACROBRACHIUM ROSENBERGII (DE MAN, 1879) В УСЛОВИЯХ ФГБОУ ВО «КГТУ»

¹Новожилов Олег Анатольевич, канд. биол. наук, доцент кафедры ихтиологии и экологии

²Шибяев Сергей Вадимович, д-р биол. наук, профессор кафедры ихтиологии и экологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹oleg.novozhilov@klgtu.ru; ²shibaev@klgtu.ru

Выращивание креветок в аквакультуре в настоящее время одно из наиболее активно развивающихся направлений. В связи с этим особый интерес для аквакультуры представляет креветка Розенберга (Macrobrachium rosenbergii (De Man, 1879)), посадочный материал которой может быть

получен в контролируемых условиях, на территории РФ. В работе приводятся результаты выращивания маточного стада и получения посадочного материала в условиях УЗВ КГТУ. Показана возможность получения молоди креветки в условиях УЗВ.

Введение

В настоящее время идет увеличение производства креветок как результат работы аквакультуры. Несмотря на все многообразие креветок в дикой природе, в аквакультуре выращивается около 10 видов. Основной вид выращиваемый в искусственных условиях – белоногая креветка (*Litopenaeus vannamei* (Воопе, 1931)). Ее суммарное производство в 2018 году приблизилось к 5 млн. тонн из 6 млн. тонн выращиваемых креветок. Несмотря на широкое использование белоногой креветки в аквакультуре для нашей страны данный вид имеет существенные проблемы при выращивании. Эти проблемы связаны со сложностью воспроизводства данного вида, что привело практически к монополии на рынке посадочного материала фирм из США. Все это заставляет искать виды, которые можно не только выращивать от посадочного материала до товарной продукции, но и получать посадочный материал самостоятельно.

Одним из таких видов может служить гигантская пресноводная креветка (креветка Розенберга) которая активно выращивается в Азиатском регионе в условиях прудового рыбоводства. Условия РФ не позволяют, на большей части территории, выращивать теплолюбивые виды в условиях прудового рыбоводства, поэтому нами предпринята попытка разработки технологии выращивания креветки в условиях УЗВ. Один из первых этапов для решения данной цели было получение собственного маточного стада и получение посадочного материала.

Технология выращивания креветки Розенберга довольно хорошо разработана, в том числе и в нашей стране, но преимущественно для прудового рыбоводства. Среди Российских работ следует отметить работы Ковачевой Н.П., Жигина А.В. и др. [1, 2, 4, 5, 6]. В последние годы большой интерес вызывают работы посвященные получению однополых популяций креветки, что увеличивает рентабельность на 40-60% [3, 7]. Были изданы руководства по выращиванию креветки ФАО [8].

Материал и методика

Посадочный материал был получен из Краснодарского края в количестве 40 экз. 27.03.20 размеры составили средние 25 мм, масса 0,25 г. Транспортировка осуществлялась авиатранспортом в рыбоводных мешках с кислородом. Длина измерялась от кончика рострума до конца тельсона. Выращивание велось при температуре от 25 до 30 градусов цельсия, средняя температура выращивания составила 27,5 градусов. В течении 20 дней креветка выращивалась в аквариумах по 65 литров по 10 шт/аквариум. В аквариумах были сделаны искусственные укрытия из полипропиленовых канатов (рис. 1).



Рис. 1. Укрытия из полипропилена для креветки Розенберга в условиях УЗВ КГТУ

Далее креветка выращивалась в трех прямоугольных аквариумах объемом 300 литров, при плотности посадки от 10 до 12 экз/ аквариум. Кормление осуществлялось индустриальными кормами фирмы Alert для осетров в количестве 5-10% массы.

Креветки с икрой оставались в выростных аквариумах до момента смены цвета икры на серый (ориентировочно за 5 дней до вылупления). В момент смены цвета креветки пересаживались в нерестовый аквариум с той же водой, той же температуры объемом 60 литров. После получения пелагических личинок, в течении 5 дней проводили повышение солености. Соленость повышали искусственными морскими солями, до уровня 12 ‰. Кормление личинок осуществлялось науплиями артемии.

Распреснение воды проводилось в течении 3 часов, путем добавления пресной воды. После распреснения молодь пересаживалась в выростной аквариум объемом 120 литров.

Результат

За время выращивания креветки достигли длины 210 мм (самец) и массы 105 грамм (таблица 1, рисунок 3-4). Для креветки характерно сильное различие в темпе роста, что видно в таблице 1, так для некоторых особей на 123 день выращивания длина составляет 121 мм (рис.2), мм, такая же длина была отмечена для особи, которая выращивалась 186 дней.

Таблица 1

Дней выращивания	Длина, мм	Масса, г
0	25	0,25
8	31	1,48*
43	78	4,96
94	99	15,2*
101	90	16,3*
114	115	18,3*
123	120	19,6*
140	135	22,2*
143	127	22,6*
146	120	23,1*
147	115	23,2*
177	142	27,7*
184	164	46
186	121	15
233	145	30
304	162	51
443	210	105

*- значения массы получены расчетным способом по формуле приведенной на рис. 4

Для массы разброс значений еще больше, и особи, различающиеся на три дня выращивания, имеют различия в массе более чем в три раза.



Рис. 2. Самец креветки Розенберга длиной 120 мм выращенный в условиях УЗВ КГТУ

В наших условиях при достижении длины около 90 мм креветки впервые созрели. Первые четыре инкубации икры окончились неудачно, икра была сброшена самками. Первая инкубация закончившаяся получением зоза произошла на четвертом нересте. Период инкубации икры составлял от 16 до 26 дней. Средняя продолжительность инкубации икры составила 19 суток.

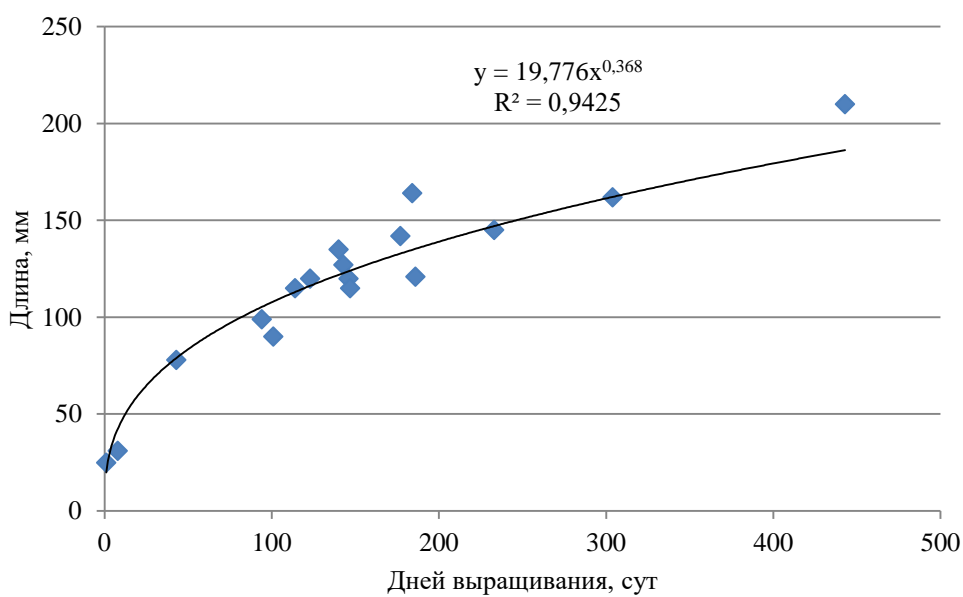


Рис. 3. Линейный рост креветки Розенберга в условиях УЗВ КГТУ

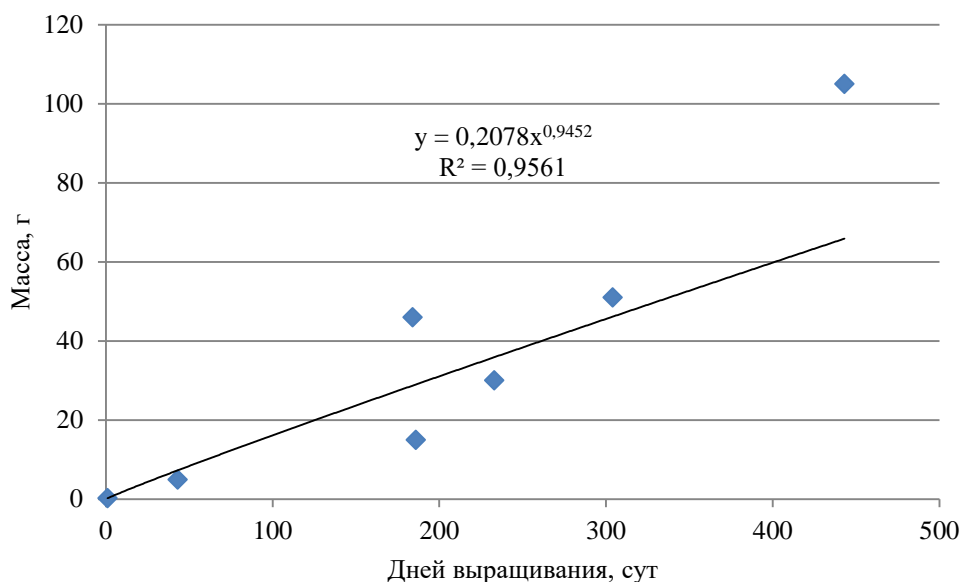


Рис. 4. Весовой рост креветки Розенберга в условиях УЗВ КГТУ

Следующий этап получения посадочного материала- период пелагической личинки. В наших условиях данный этап оказался одним из самых критичных, где мы долго не могли получить молодь. Одна из сложностей выявленных на данном этапе это активное поедание личинок самкой. Решением служит или отсадка самки или концентрация личинки светом в месте недоступном для самки. Вторая выявленная проблема- первое кормление. Несмотря на наличие запасов питательных веществ у вылупившихся личинок, большое значение имеет время первого кормления. В случае задержки первого кормления более чем на 12 часов с момента выхода из икры наблюдалась массовая гибель личинок. Третья, на наш взгляд основная проблема- качество воды, в частности микробиологическое. До момента установки УФ лампы личинки до метаморфоза не доживали. После установления УФ лампы нами было получено от двух самок потомство и доведено до метаморфоза. Продолжительность пелагического периода составила от 29 до 36 дней.

После распреснения постличинки (ранняя молодь) пересаживалась в выростной аквариум объемом 120 литров где выращивалась в течении 15-25 дней (рис. 5).



Рис. 5. Посадочный материал креветки Розенберга полученный в условиях УЗВ КГТУ

В результате выращивания потомства от двух самок нами было получен посадочный материал в количестве 2568 шт длиной от 10 до 30 мм и средней массой 0,24 грамма.

Заключение

Работа показала возможность получения половозрелых особей креветки Розенберга в условиях УЗВ ФГБОУ ВО «КГТУ» и формирования из них маточного стада. Получение посадочного материала потребовало настройки процесса выращивания пелагической личинки. Выявлены такие особенности рыбоводного процесса, влияющие на получение посадочного материала, как необходимость предотвращения каннибализма, первое кормление, установка УФ ламп.

Настройка процесса выращивания пелагических личинок позволила нам получить посадочный материал, рабочая плодовитость самок по посадочному материалу составила около 1300 экз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биология и культивирование гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879)/ Н.В. Ковачева [и др]. – М.: ВНИРО, 2015. – 112 с.
2. Жигин А.В. Пути и методы интенсификации выращивания объектов аквакультуры в установках с замкнутым водоиспользованием (УЗВ): автореф. ... д-р с.-х. наук: 06.02.04. - Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева – Москва, 2002–40 с.
3. Изменение пола гигантских пресноводных креветок *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) удалением андрогенной железы/ Н. Т. Тует, [и др.] // Естественные науки. – 2013. – № 3 (44). – С. 106-114
4. Ковачева Н.П. Искусственное воспроизводство и культивирование морских и пресноводных ракообразных отряда Decapoda: автореф. дис. д-р биол. наук:03.00.18.– ВНИРО и Институт пресноводного рыбоводства Болгарии, Москва, 2006-56 с.
5. Кулеш В.Ф. Биологические основы тепловодной аквакультуры промысловых ракообразных: автореф. д-р биол. наук: 03.02.14. – Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», – Минск, 2013-44 с.
6. Статкевич С. В. Экологические аспекты культивирования гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) в условиях Крымского полуострова: дис. канд биол наук: 03.02.08.- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН», – Севастополь, 2017-182 с.
7. Levy, T., Rosen, O., Manor, R. et al. Production of WW males lacking the masculine Z chromosome and mining the *Macrobrachium rosenbergii* genome for sex-chromosomes. *Sci Rep* 9, 12408 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47509-6>
8. New M. Farming freshwater prawns. A manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, 2002–219 p.

PRODUCTION OF SEEDING MATERIAL FOR GIANT FRESHWATER SHRIMP *MACROBRACHIUM ROSENBERGII* (DE MAN, 1879) UNDER THE CONDITIONS OF FGBOU VO "KSTU"

¹Novozhilov Oleg Anatolievich, PhD in Biology, assistant professor

²Shibaev Sergey Vadimovich PhD in Biology, professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,

e-mail: ¹oleg.novozhilov@klgtu.ru; ²shibaev@klgtu.ru

*The cultivation of shrimp in aquaculture is currently one of the most actively developing areas. In this regard, the Rosenberg shrimp (*Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879)) is of particular interest for aquaculture, the planting material of which can be obtained under controlled conditions. The paper presents the results of rearing broodstock and obtaining planting material in the conditions of the RAS KSTU. The work carried out has shown the possibility of obtaining juvenile shrimp under RAS conditions.*

МЕЖДУНАРОДНЫЕ АСПЕКТЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АТЛАНТИЧЕСКОМ ОКЕАНЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

¹Осадчий Виктор Михайлович, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры ихтиологии и экологии

^{1,2}Архипов Александр Геральдович, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры ихтиологии и экологии; научный координатор

¹Саускан Владимир Ильич, д-р биол. наук, профессор, наставник-консультант факультета биоресурсов и природопользования

¹Чернышков Павел Петрович, д-р геогр. наук, профессор, профессор кафедры ихтиологии и экологии

¹ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: osadvn@rambler.ru

²Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО»), Калининград, Россия, e-mail: ag_arkhipov@mail.ru

Во всех принятых международных правовых актах в области рыболовства большое внимание уделяется морским научным исследованиям. Вопросы организации таких исследований детально рассматривались на III Конференции ООН по морскому праву в 1982 г. Возвращение России в традиционные районы промысла в Атлантике и достижение целей, поставленных в Стратегии-2030, возможны только при проведении полноценных рыбохозяйственных исследований, выполняемых с помощью современной аппаратуры.

Во второй половине XX века интенсивность океанического рыболовства постоянно возрастала. Так, в 50-е годы мировые уловы не превышали 20 млн тонн, а к концу столетия они составили более 90 млн тонн, т.е. увеличились почти в пять раз. При этом, около 30% мировых уловов приходится на Атлантический океан.

С увеличением масштабов океанического рыболовства росло понимание о необходимости изучения и сохранения живых ресурсов Мирового океана. Этому способствовал ряд объективных факторов и, прежде всего, желание всех государств, участвующих в эксплуатации живых биоресурсов, создать условия для устойчивого, максимально возможного, рационального использования этих ресурсов. Поэтому в 1958 г. на первой конференции ООН по морскому праву была принята Конвенция «О рыболовстве и охране живых ресурсов открытого моря». Государства, подписавшие Конвенцию, приняли на себя обязательства о совместной разработке мер по сохранению и рациональному использованию живых ресурсов Мирового океана.

Для управления запасами основных промысловых рыб Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО ООН) определила промысловые районы для всех океанов, в том числе 7 районов для Атлантического океана (рис. 1). В целях сохранения живых морских ресурсов для большинства районов были подготовлены и подписаны международные правовые акты. В результате для каждого района были созданы международные рыболовные организации: рыболовные комиссии, научные советы, научные комитеты и др.

Во всех принятых международных правовых актах в области рыболовства большое внимание уделяется морским научным исследованиям. Вопросы организации таких исследований детально рассматривались на III Конференции ООН по морскому праву в 1982 г. В принятую на этой конференции Конвенцию была включена специальная VIII часть, в которой определялись режимы морских исследований. Согласно принятой Конвенции, все государства имеют право проводить морские научные исследования при условии соблюдения прав и учета обязанностей других государств. Под морскими исследованиями понимаются любые не противоречащие общепризнанным принципам морского

права исследования и связанная с ними экспериментальная деятельность, проводимая в морской среде, на морском дне и в его недрах.

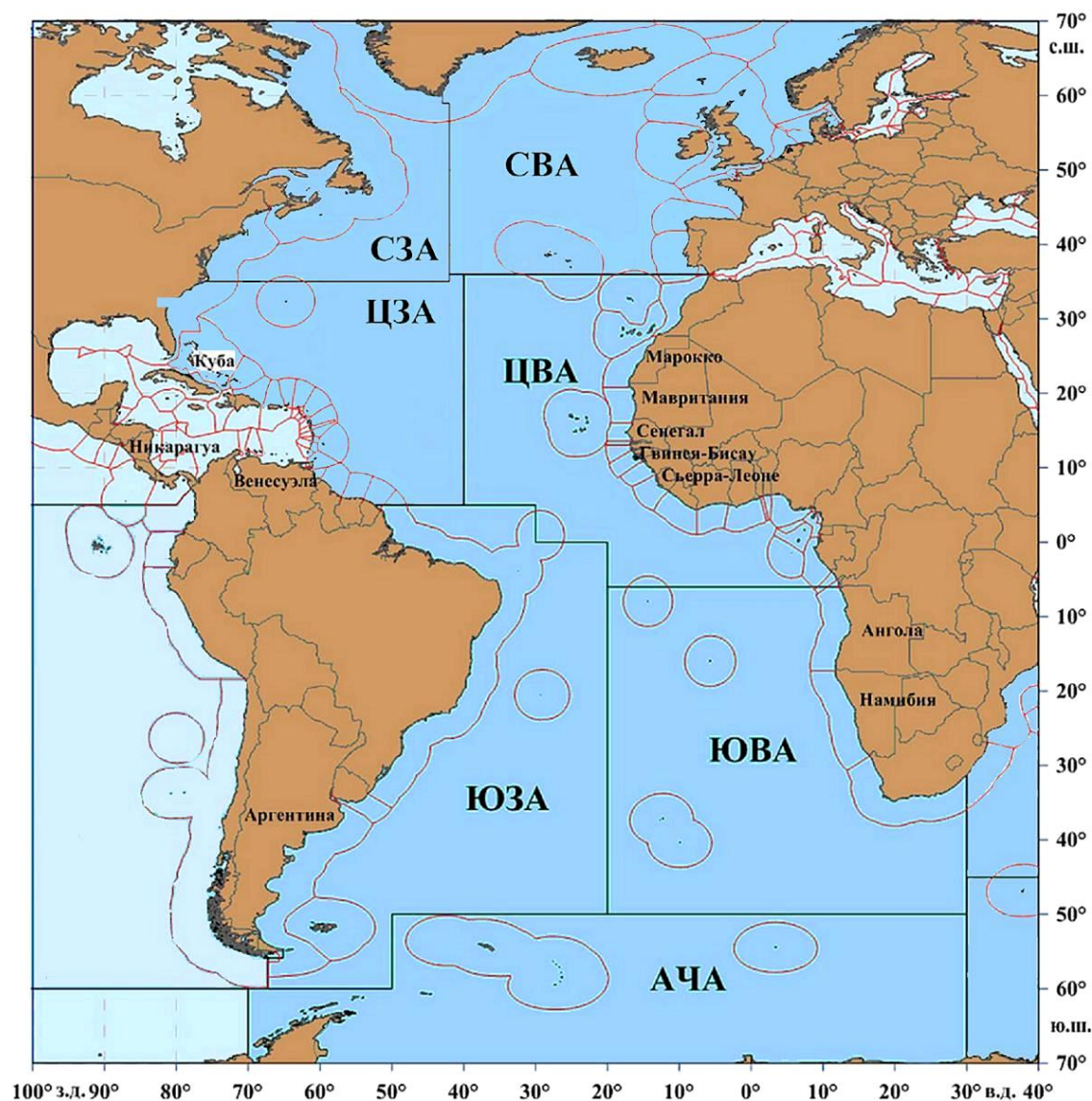


Рис. 1. Промысловые районы Атлантического океана (районирование по ФАО)

Учитывая то, что ареалы многих промысловых видов в Мировом океане находятся как в исключительных экономических зонах, так и в открытом море, проблема сохранения трансграничных и далеко мигрирующих рыб была рассмотрена на специальных конференциях ООН в 1993-1995 гг. На заключительной конференции в 1995 г. было принято Соглашение «Об осуществлении положений Конвенции ООН 1982 года», которое касается сохранения трансграничных рыбных запасов, запасов далеко мигрирующих рыб и управления ими. Прибрежные государства и государства, ведущие промысел в открытом море, стали обязаны принимать меры, направленные на устойчивое существование трансграничных рыбных запасов и запасов далеко мигрирующих рыб, и содействовать цели их оптимального использования. При этом, должны использоваться достоверные научные данные. Таким образом, в настоящее время созданы все необходимые международные правовые и организационные условия для проведения рыбохозяйственных исследований в Мировом океане.

Координацией исследований биоресурсов в Атлантическом океане занимаются следующие международные организации:

АНТКОМ (CCAMLR) Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (ежегодные сессии Научного Комитета и Комиссии). Рабочие группы: WGFSA – по оценке рыбных запасов; WGSAM – по статистике, оценкам и моделированию; WGEMM – по экосистемному мониторингу и управлению и др.;

ИКЕС (ICES) – Международный совет по исследованию моря (ежегодные сессии Научного Комитета и Научной Конференции, совещания, семинары, симпозиумы). Рабочие группы: WGWIDE – по широко распределенным запасам; WGMG – по методам оценки запасов рыб и др.;

ИККАТ (ICCAT) – Международная комиссия по сохранению атлантических тунцов (ежегодные сессии Комиссии и Постоянного Комитета по исследованиям и статистике). SG – специальная группа по видам тунцов;

НАФО (NAFO) – Организация по рыболовству в Северо-Западной Атлантике (сессии Научного совета);

НЕАФК (NEAFC) – Комиссия по рыболовству в Северо-Восточной Атлантике (сессии Комиссии);

ФАО (FAO) – Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (Рабочая группа ФАО по оценке запасов мелких пелагических рыб Северо-Западной Африки, симпозиумы, конференции).

Проведение морских ресурсных исследований и предоставление их результатов выглядит следующим образом. Государства, участвующие в океаническом рыболовстве, проводят собственные рыбохозяйственные исследования, и после их завершения предоставляют полученные результаты в научные структурные подразделения международных комиссий по рыболовству. На официальных сессиях комиссий данные о состоянии запасов анализируются и сопоставляются с данными всех участников этого процесса. По результатам обсуждения принимается окончательное решение о мерах регулирования в каждом конкретном конвенционном районе.

На всех этапах создания международной правовой базы по сохранению живых ресурсов Мирового океана и изучению их состояния принимали и принимают активное участие советские/ российские ученые и специалисты. Благодаря проведению нашей страной крупномасштабных научно-исследовательских работ, в первую очередь в Атлантическом океане, были разработаны и приняты меры, направленные на долгосрочное и устойчивое использование запасов наиболее ценных видов живых ресурсов Атлантики.

В настоящее время сотрудничество с научными рыбохозяйственными центрами прибрежных стран Атлантического океана в основном осуществляет Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО») [1], выполняя следующие основные функции:

- проводит научные исследования в области международного рыболовства в закреплённых за АтлантНИРО районах;

- осуществляет подготовку оперативных материалов, обзоров, аналитических справок по вопросам рыболовства прибрежных стран Атлантики, в том числе о возможном недоиспользовании промыслом водных биологических ресурсов, а также научных обоснований и проектов позиций российских делегаций на сессиях смешанных комиссий по рыболовству в рамках межправительственных соглашений России в области рыболовства, сессиях и рабочих группах международных рыбохозяйственных организаций, международных конференциях и других совещаниях по изучению и освоению водных биологических ресурсов (ВБР);

- осуществляет протокольное сопровождение международных мероприятий, проводимых в АтлантНИРО в рамках международных рыбохозяйственных организаций, межправительственных соглашений России в области рыболовства и прямых научных связей института с зарубежными научно-исследовательскими организациями, организует прием иностранных делегаций, ученых и специалистов, посещающих с деловыми визитами Калининград;

- обеспечивает переводы на иностранные языки научной информации, направляемой за границу (научные статьи, доклады, материалы совместных исследований), и на русский язык – зарубежную информацию по рыбохозяйственной деятельности, в ряде случаев – осуществляет последовательный перевод переговоров на международных мероприятиях.

На сегодняшний день АтлантНИРО поддерживает деловые контакты с научно-исследовательскими учреждениями Марокко (Национальный институт рыбохозяйственных исследований, г. Касабланка), Мавритании (Мавританский институт океанографических исследований и рыболовства, г. Нуадибу), Сенегала (Центр океанографических исследований Дакар – Тьяра, г. Дакар), Гвинеи-Бисау (Национальный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Бисау) и др. Специалисты Атлантического филиала ВНИРО ведут подготовку научных и аналитических материалов и представляют их для обоснования позиций России и защиты ее интересов в международных региональных рыболовных организациях.

Деятельность международных комиссий по рыболовству в большинстве конвенционных районов Атлантики практически до конца XX века основывалась на результатах экспедиционных исследований советского научного флота. Это позволило обеспечить рыбохозяйственные интересы нашей страны в этой части Мировом океане, создать надежные условия работы для рыбодобывающего флота. В результате, объемы добычи водных биоресурсов нашей страны возросли и достигали 11 млн т, из них в Атлантике – до 3,5 млн т.

Вылов водных биоресурсов всеми странами и вылов России в Атлантическом океане (включая Баренцево море) за последние годы представлен на рисунке 2 [2-4]. Значительное сокращение вылова ВБР Россией вызвано старением, износом, недостаточным строительством и закупкой (арендой) судов промыслового, научно-поискового и другого обслуживающего рыбную промышленность флота, разрушением и отсутствием попыток восстановления хорошо развитых в СССР региональных рыбохозяйственных и морехозяйственных комплексов, слабым развитием океанического рыболовства, недостаточным исследованием и освоением хорошо известных перспективных океанических водных биологических ресурсов и др. [5-7].

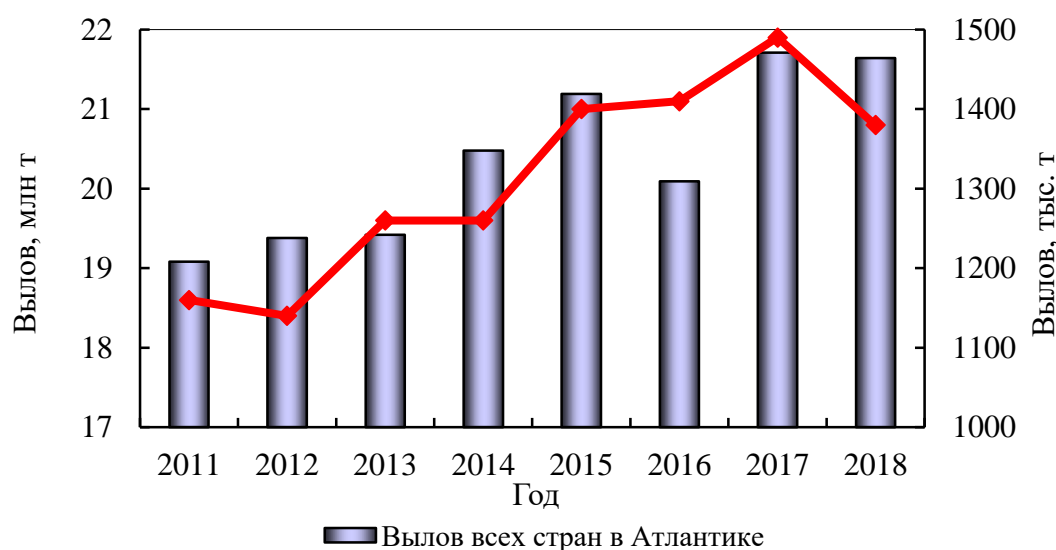


Рис. 2. Мировой вылов водных биоресурсов и вылов России в Атлантическом океане

В современных условиях в результате сокращения финансирования, недостаточного количества научно-исследовательских судов, количество экспедиций в Атлантику сократилось до минимума [8]. С принятием Стратегии развития рыбного хозяйства России до 2030 года (Стратегия-2030) [9], в которой поставлены цели и задачи по возвращению России в традиционные районы промысла в Мировом океане, роль рыбохозяйственной науки неизбежно будет возрастать [8, 10]. Однако, ее возрождение в тех масштабах, которые были представлены в советский период, невозможно и, вероятно, нецелесообразно. Это связано, прежде всего, с низкой численностью рыбодобывающих судов, способных эксплуатироваться в конвенционных районах Мирового океана, изменениями организации и технологий морских научных исследований и т.д.

Для проведения полноценных (эффективных) рыбохозяйственных исследований в Мировом океане необходимо обновление научно-исследовательского флота, создание и приобретение современного оборудования, внедрение передовых технологий, достаточное финансирование, подготовка специальных кадров (плавсостава) и т.д.

Для научного обеспечения рационального промысла в Мировом океане в условиях сокращения объемов морских экспедиций в настоящее время появились возможности использования новых видов оперативной океанологической информации, которые позволяют осуществлять мониторинг состояния водных биологических ресурсов в обширных по площади океанических районах промысла, в том числе и в Атлантическом океане [11]. При этом наиболее репрезентативными и информативными являются спутниковые альтиметрические измерения высоты уровенной поверхности Мирового океана с точностью +/- 2 см (рис. 3).

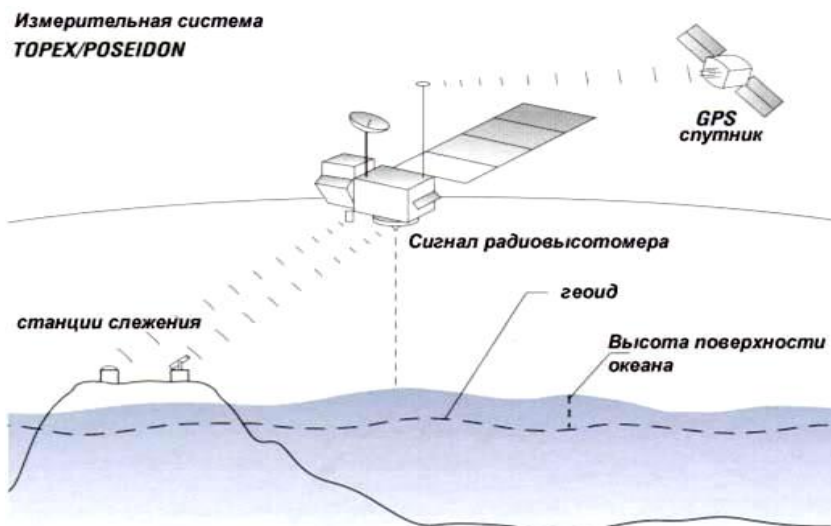


Рис. 3. Схема спутниковых измерений высоты уровенной поверхности океана

Альтиметрические измерения высоты уровенной поверхности океана – принципиально новый вид океанологической информации, на основе которой возможны исследования практически всех динамических процессов в Мировом океане. Для промыслово-океанологических исследований особую важность представляют динамика мезомасштабных вихрей, локальных и планетарных фронтов, а также межгодовых изменений крупномасштабных систем течений от мезомасштабных вихрей до планетарных систем течений. Эти измерения выполняются в рамках международного научного проекта AVISO (Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data). По результатам обработки всех альтиметрических измерений с искусственных спутников Земли, работающих по программе TOPEX/POSEIDON, исследователям предоставляются поля абсолютной динамической топографии для всего Мирового океана. На основе этих полей вычисляются параметры динамики вод различных пространственно-временных масштабов.

Наибольший интерес представляют данные по динамике мезомасштабных вихрей, которые являются главным фактором, влияющим на распределение промысловых скоплений пелагических объектов промысла. Альтиметрические измерения предоставляют возможность реконструировать основные параметры динамики вод в верхнем и промежуточном слоях океана, как главного фактора, влияющего на распределения промысловых скоплений пелагических объектов промысла.

Изложенный выше подход можно использовать для оперативного обеспечения промысла криля, тунцов, а также других пелагических объектов в Атлантическом океане. Схема такого обеспечения приведена на рис. 4.

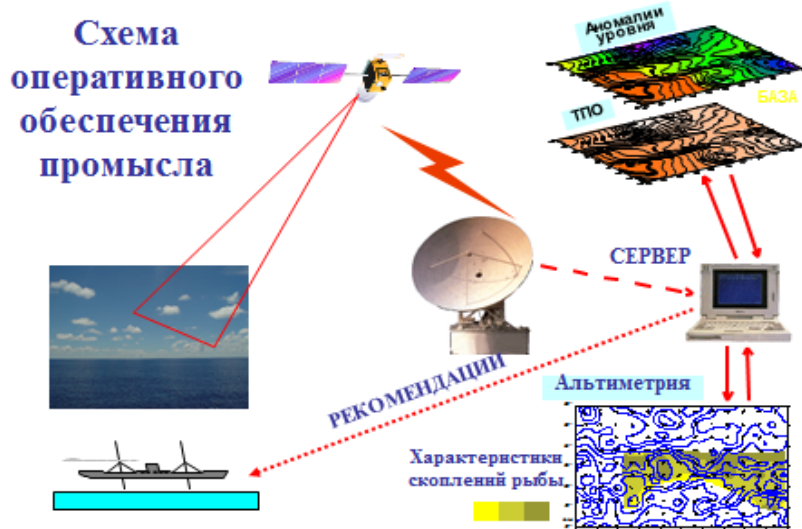


Рис. 4. Использование спутникового сканирования поверхности океана для оперативного обслуживания рыбодобывающего флота в промысловых районах Атлантического океана

Также для научного обеспечения рационального промысла ВБР используется информация о вертикальных зондированиях толщи океана автономными дрейфующими буями в рамках международного проекта «Арго» («Argo»). Проект «Арго» - это постоянно действующая глобальная сеть на основе дрейфующих с периодическими их погружениями до глубины 2000 м автоматических буев-измерителей (рис. 5).

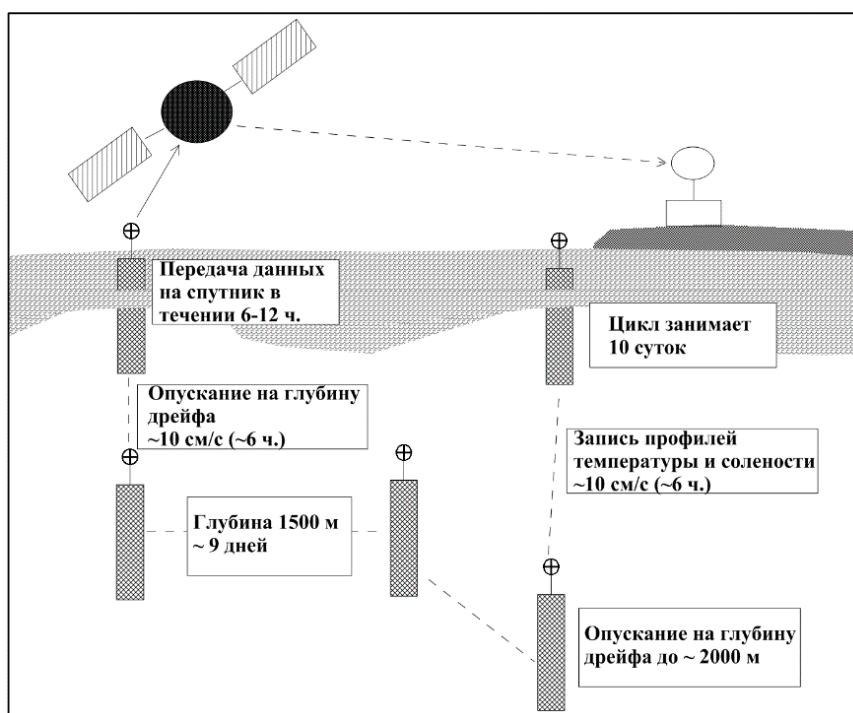


Рис. 5. Схема функционирования каждого буя проекта «Арго» за один десятисуточный измерительный цикл

Профили обновляются раз в 10 дней, когда буи передают новую информацию на спутник. По результатам анализа вертикальных профилей температуры и солёности в оперативном режиме восстанавливается структура водных масс и их динамика. Кроме того, по результатам каждого измерительного цикла (10 суток) дрейфующие буи обеспечивают получение информации о течениях на глубине 1500 м. Вместе со спутниковыми измерениями высоты уровневой поверхности океана, полученные данные позволяют определить характеристики течения от поверхности до горизонта дрейфа. База данных с буев АРГО находится в свободном доступе [12].

В связи с планированием создания в России Научного морского центра мирового уровня (НЦМУ) [13] представляется целесообразным функционирование в Калининграде, Мурманске, Владивостоке, Керчи его структурных подразделений. В Калининграде в подразделении НЦМУ возможно сотрудничество учёных Атлантического филиала ВНИРО (АтлантНИРО), КГТУ, Атлантического отделения Института Океанологии РАН им. П.П. Ширшова и БФУ им. И. Канта. Это позволит в короткие сроки создать банк (базу) данных об имеющихся результатах научно-исследовательских работ в Атлантическом океане, а также о состоянии запасов промысловых водных биоресурсов, и с высокой эффективностью реализовать намеченные цели по увеличению объемов научно-исследовательских работ в Мировом океане в целом, и в первую очередь – в Атлантическом океане. Безусловно, большое значение в восстановлении отечественных позиций в международных рыболовных комиссиях будет иметь и кооперация с морскими научными центрами других стран. На современном этапе в большей степени такое сотрудничество ведётся с учёными африканских стран. С западноевропейскими учёными также продолжают традиционные связи в рамках ИКЕС и НАФО.

Следовательно, одна из главных задач отечественной рыбохозяйственной науки в современных условиях – защита интересов российского рыболовства на международном уровне. Это возможно путем оценки на строгой научной основе в исследуемых районах водных биологических ресурсов и разработки рекомендаций по их рациональному использованию с учетом требований международных конвенций и двусторонних договоров.

Выводы и рекомендации

1. Возвращение России в традиционные районы промысла в Мировом океане и, в первую очередь, в Атлантику, и достижение целей, поставленных в Стратегии-2030, возможны только при проведении полноценных рыбохозяйственных исследований, выполняемых с помощью современной аппаратуры.

2. Создание в приморских регионах структурных подразделений создаваемого Научного морского центра мирового уровня позволит в краткие сроки и с высокой результативностью решать задачи Стратегии-2030.

3. Организация в Калининграде филиала НМЦУ на базе АтлантНИРО, КГТУ, АО ИО РАН, БФУ им. И. Канта и формирование банка (базы) данных о результатах научно-исследовательских работ в Атлантическом океане, а также о состоянии запасов промысловых водных биоресурсов в этом районе Мирового океана.

4. Подготовка в ВУЗах Росрыболовства специально подготовленных кадров (плавсостава) для работы на научно-исследовательских судах в Мировом океане.

5. Повышение эффективности работы российских специалистов в международных рыболовных организациях и их структурных подразделениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отдел международного сотрудничества // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://atlant.vniro.ru/index.php/otdel-mezhdunarodnogo-sotrudnichestva>

2. FAO Yearbook / Fishery and Aquaculture Statistics (2014). Rome: FAO, 2016.– 77 p.

3. FAO Yearbook / Fishery and Aquaculture Statistics (2018). Rome: FAO, 2020. –82 p.

4. Статистика и аналитика// Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika>.

5. Саускан В.И., Архипов А.Г., Осадчий В.М. О современном состоянии и перспективах развития российского промысла водных биоресурсов в Атлантическом океане и южной части Тихого океана // «Рыбное хозяйство»– № 5,– 2018.– С. 7-11.

6. Саускан В.И., Архипов А.Г., Осадчий В.М. Современные проблемы устойчивого развития рыбохозяйственного сектора экономики России и пути их решения // «Рыбное хозяйство» –№ 6.– 2020а. – С. 67-72.

7. Саускан В.И., Архипов А.Г., Осадчий В.М. Состояние океанического рыболовства в СССР и современной России и пути возвращения лидерства // Материалы VIII Международного Балтийского морского форума. Т. 3. VIII Международная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». Изд.: БГА РФ, Калининград, 2020б. – С. 100-107.

8. Саускан В.И., Осадчий В.М., Архипов А.Г. О роли и задачах отечественной рыбохозяйственной науки в развитии океанического рыболовства // «Рыбное хозяйство», – № 2. –2020в.– С. 18-23.

9. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная Распоряжением Правительства Российской Федерации от 26.11.2019 г. № 2798-р. – 58 с.

10. Саускан В.И., Осадчий В.М., Архипов А.Г. Некоторые аспекты реализации Стратегии развития рыбного хозяйства России до 2030 г. // Материалы VII Международного Балтийского морского форума. Т. 3. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». Изд.: БГА РФ, Калининград, 2019. – С. 151-160.

11. Чернышков П.П. Гидрометеорологическое обеспечение промышленного рыболовства в условиях современных изменений климата с использованием новых видов океанологической информации // В кн. «Актуальные вопросы рационального использования водных биологических ресурсов». М.: ВНИРО, 2013. – С. 310-311.

12. // Электрон. дан. Режим доступа URL:<http://wo.jcommops.org/Apps/WebObjects/Argo.woa/wa/default>

13. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://www.vniro.ru/ru/videogalereya>

INTERNATIONAL ASPECTS OF FISHERIES RESEARCH IN THE ATLANTIC OCEAN AND PROSPECTS FOR THEIR DEVELOPMENT

¹Osadchiy Viktor Mikhailovich, candidate of biological sciences, associate professor; associate professor of ichthyology and ecology department

^{1,2}Arkhipov Aleksandr GERAL'DOVICH, doctor of biological sciences, associate professor; professor of ichthyology and ecology department; scientific coordinator

¹Sauskan Vladimir Il'ich, doctor of biological sciences, professor, consultant faculty of bioresources and environmental management

¹Chernyshkov Pavel Petrovich, doctor of geographical sciences, professor; professor of ichthyology and ecology department

¹ FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia, e-mail: osadvn@rambler.ru

²Atlantic branch Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Kaliningrad, Russia, e-mail: arkipov@atlantniro.ru

In all the adopted international legal acts in the field of fisheries, great attention is paid to marine scientific research. The organization of such studies was discussed in detail at the III UN Conference on the law of the sea in 1982. Russia's return to the traditional fishing areas in the Atlantic and the achievement of the goals set out in the Strategy-2030 are possible only if full-fledged fisheries research is carried out with the help of modern equipment.

УДК: 597:591.524.12-152.6 (261.74)

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ МАССОВЫХ ВИДОВ ИХТИОПЛАНКТОНА В ВОДАХ СЕВЕРНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТЕЙ МАРОККО

^{1,2}Пак Регина Анатольевна, аспирант; ст. инженер

^{1,2}Архипов Александр Геральдович, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры ихтиологии и экологии; научный координатор

²Симонова Татьяна Александровна, ст. инженер

¹ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: pak.regina@bk.ru

²Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО»), Калининград, Россия, e-mail: ag_arkhipov@mail.ru

Проанализированы исследования многолетних тенденций в колебаниях численности массовых видов ихтиопланктона в северной и южной частях Марокко в 2003–2019 гг. с использованием новых материалов и ретроспективных данных. Рассчитаны индексы численности и абсолютная численность икринок и личинок основных промысловых видов рыб. Изменения индексов численности и абсолютной численности ихтиопланктона по годам и по районам были одинаковы. Эти показатели применимы для характеристики динамики численности массовых видов ихтиопланктона.

В АтлантНИРО многие годы ведутся исследования массовых видов ихтиопланктона в разных районах Атлантики. Нами проанализированы новые материалы и ретроспективные данные по динамике численности промысловых рыб в раннем онтогенезе в северной и южной частях Марокко. Вдоль атлантического побережья Марокко проходит насыщенное биогенами холодное Канарское течение, которое следует в юго-западном направлении. Возле крупных мысов образуются круговороты, имеющие долговременный характер. Места наибольших скоплений ихтиопланктона у берегов северо-западного побережья Африки приурочены к динамическим процессам поверхностных вод, наблюдающихся у мысов, и довольно постоянны. Динамика численности ихтиопланктона, как правило, обусловлена изменчивостью гидрологических условий, и в первую очередь, интенсивностью прибрежных апвеллингов. Прибрежные апвеллинги приводят к увеличению площади насыщенных биогенами глубинных вод, поднятых на поверхность, что приводит к вспышке численности фито-, а затем и зоопланктона. Богатые планктоном воды привлекают рыб-планктофагов. Эти районы являются также местами нереста рыб и нагула их молоди [1-3].

В водах северной части Центрально-Восточной Атлантики (ЦВА) в основном обитают представители субтропической и тропической ихтиофауны. Разными авторами здесь описывается от 800 до 1000 видов рыб. В верхнем 100-метровом слое над шельфом отмечается более 170 видов пелагических икринок и личинок рыб [1-9]. Рассматриваемые нами виды населяют акватории, которые находятся в тропической климатической зоне. Массовыми представителями ихтиоценоза ЦВА являются: европейская сардина (*Sardina pilchardus*), европейская ставрида (*Trachurus trachurus*), восточная скумбрия (*Scomber colias*), круглая сардинелла (*Sardinella aurita*), западноафриканская ставрида (*Trachurus trecae*) и некоторые другие виды [6, 8].

В океанических водах, омывающих Марокко, проводились многолетние исследования ранних стадий развития рыб. Специалисты изучали качественный и количественный состав и пространственное распределение ихтиопланктона в разные сезоны года, описывали районы размножения и периоды нереста массовых видов рыб [3, 5, 7, 9-11 и др.].

Цель предлагаемой работы – проанализировать колебания численности массовых видов ихтиопланктона в северной и южной частях Марокко, определённой двумя методами, с использованием недавно полученных материалов и ретроспективных данных, а также – базы данных АтлантНИРО «Ихтиопланктон океанических районов».

Материал и методика

Проанализированы материалы ихтиопланктонных съёмов, выполненных на научно-исследовательских судах АтлантНИРО в 2003-2019 гг. в водах северной (32°-28° с.ш.) и южной (28°-21° с.ш.) частей Марокко. Количество выполняемых ихтиопланктонных станций за съёмку в северной части Марокко составляло 20-25, в южной – 30-35. Для сбора материалов использовались планктоносборщики «Бонго-20» с газом № 17-21 (шаг ячеи – 417 мк). На горизонтах 100, 50, 35, 25, 10 и 0 м осуществлялся ступенчато-косой лов по 1,5-3 мин. на каждом горизонте при скорости судна 2,0-3,0 уз. [12]. Планктонные станции на акваториях съёмов располагались над глубинами от 20 до 1000 м. Дальнейшая обработка материалов велась в лабораторных условиях под бинокулярными микроскопами МБС-9 и МБС-10 (увеличение 8 x 2, 8 x 4). В ходе камеральной обработки определялись качественный и количественный составы икринок и личинок рыб. Расчёт индексов численности массовых видов ихтиопланктона проводили площадным методом [13]. Индекс численности ихтиопланктона – это сумма икринок или личинок определённого вида в толще воды от 0 до 100 м в промысловых квадратах (численность икринок или личинок под м² интерполировалась на площадь промыслового квадрата размерами 20' x 20' или 20,0 x 18,7 миль). Количество взятых для расчёта промысловых квадратов равнялось количеству выполненных станций. Для определения абсолютной численности ихтиопланктона и пространственного анализа данных использовалась корпоративная геоинформационная система (ГИС) АтлантНИРО и база данных «Ихтиопланктон океанических районов». При этом применялся метод обратно взвешенных расстояний [14]. Абсолютная численность – это количество икринок или личинок в слое воды 0-100 м, рассчитанное с помощью интерполяции для всей исследуемой акватории (от побережья до изобаты 1000 м). Всего за рассматриваемый период было выполнено и проанализировано 25 ихтиопланктонных съёмов, проведённых в разные периоды года.

Результаты и обсуждение

Воды северной и южной частей Марокко, в которых проводились исследования, как уже отмечалось, в основном населены представителями рыб субтропической и тропической фаун [6, 8]. В ихтиопланктонных пробах из рассматриваемых районов встречались представители более 100 видов икринок и личинок рыб из почти 70 семейств [1-3]. Типичными представителями субтропической ихтиофауны являются европейская сардина, европейская ставрида и восточная скумбрия, тропической ихтиофауны – круглая сардинелла и западноафриканская ставрида. Икринки и личинки этих видов в ихтиопланктоне, как правило, являются наиболее массовыми в зависимости от сезона года. Видовые составы ихтиопланктона на исследуемых акваториях были примерно одинаковыми и значительно не менялись по годам. Однако отмечались существенные количественные изменения массовых промысловых видов рыб на ранних стадиях их развития по сезонам и по районам исследований.

Северная часть Марокко

Качественный и количественный состав ихтиопланктона в северной части атлантического побережья Марокко отражает фаунистическую принадлежность района. Как правило, здесь отмечались икринки и личинки субтропических видов, пик нереста у которых приходится на холодные периоды года. Икринки и личинки рыб тропической фауны были не столь многочисленны и чаще встречались в тёплые периоды. Массовые промысловые виды рыб на ранних стадиях онтогенеза фиксировались практически на всей исследуемой акватории с наибольшими скоплениями у мысов Кантен, Гир, Дра и Юби, где образуются круговороты поверхностных вод, имеющие квазистационарный характер. [2-3, 15].

Были выполнены расчеты индексов численности и абсолютной численности икринок и личинок массовых субтропических и тропических видов рыб рассматриваемого района. Результаты расчётов представлены на рисунках 1-2. Выявленные закономерности использовались для качественного и количественного анализа интенсивности нереста и изучения динамики численности этих видов в раннем онтогенезе.

Численность сельдевых на ранних стадиях развития намного превышала численность ставридовых и скумбриевых. Колебания численности икринок и личинок ставридовых и скумбриевых варьировали примерно в одном диапазоне (рис. 1-2). В 2003-2009 гг. в холодные сезоны наблюдалась повышенная численность икринок и личинок европейской сардины, далее шёл спад, и с 2013 г. наметилась тенденция к увеличению её численности. Относительно высокая численность икринок европейской ставриды отмечалась в 2009 г., личинок – в 2003 г. (рис. 1). В рассматриваемые годы в тёплые сезоны относительно высокая численность икринок и личинок круглой сардинеллы наблюдалась в 2009, 2016 и 2019 гг. Вспышка численности икринок западноафриканской ставриды отмечалась в 2010 г. (рис. 2).

Сравнение средних значений индексов численности и абсолютной численности массовых видов ихтиопланктона показало, что значения второго показателя превышали таковые первого в 1,4-3,2 раза (табл. 1). Абсолютные значения, по нашему мнению, точнее отражают динамику численности ихтиопланктона, т.к. рассчитаны для всей исследуемой акватории, а не для стандартных станций.

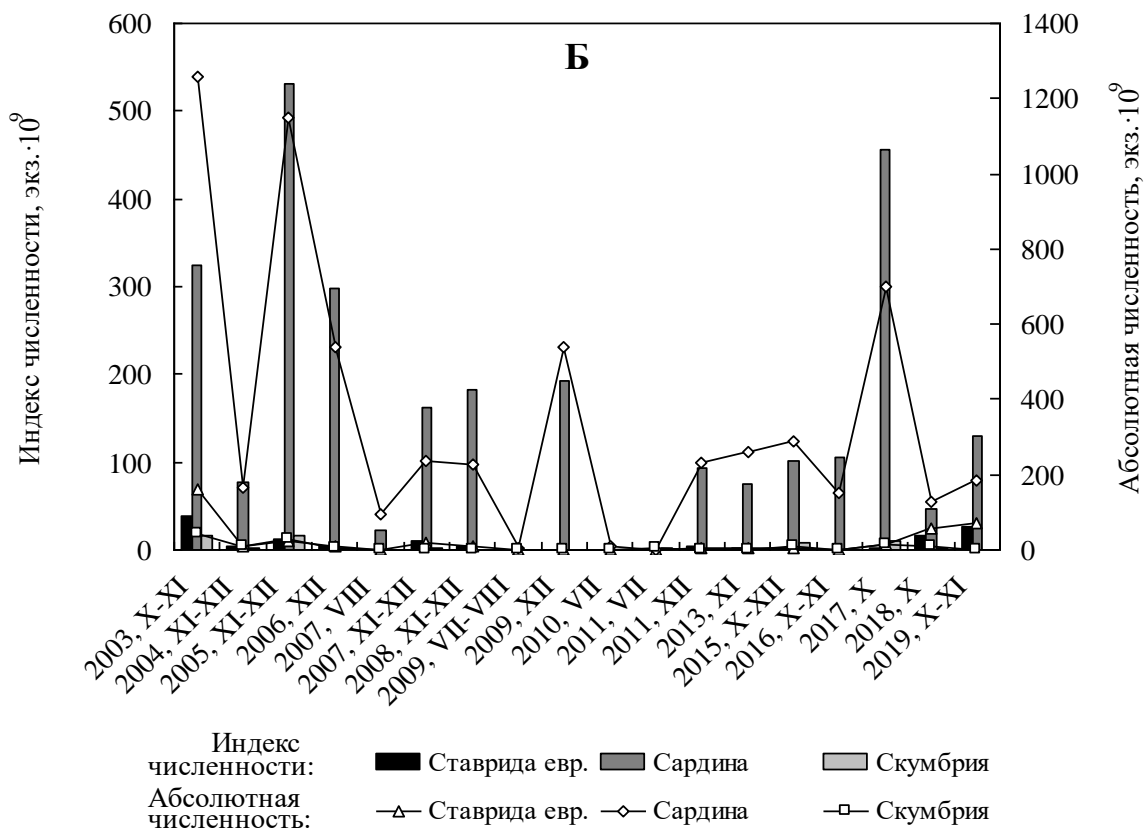
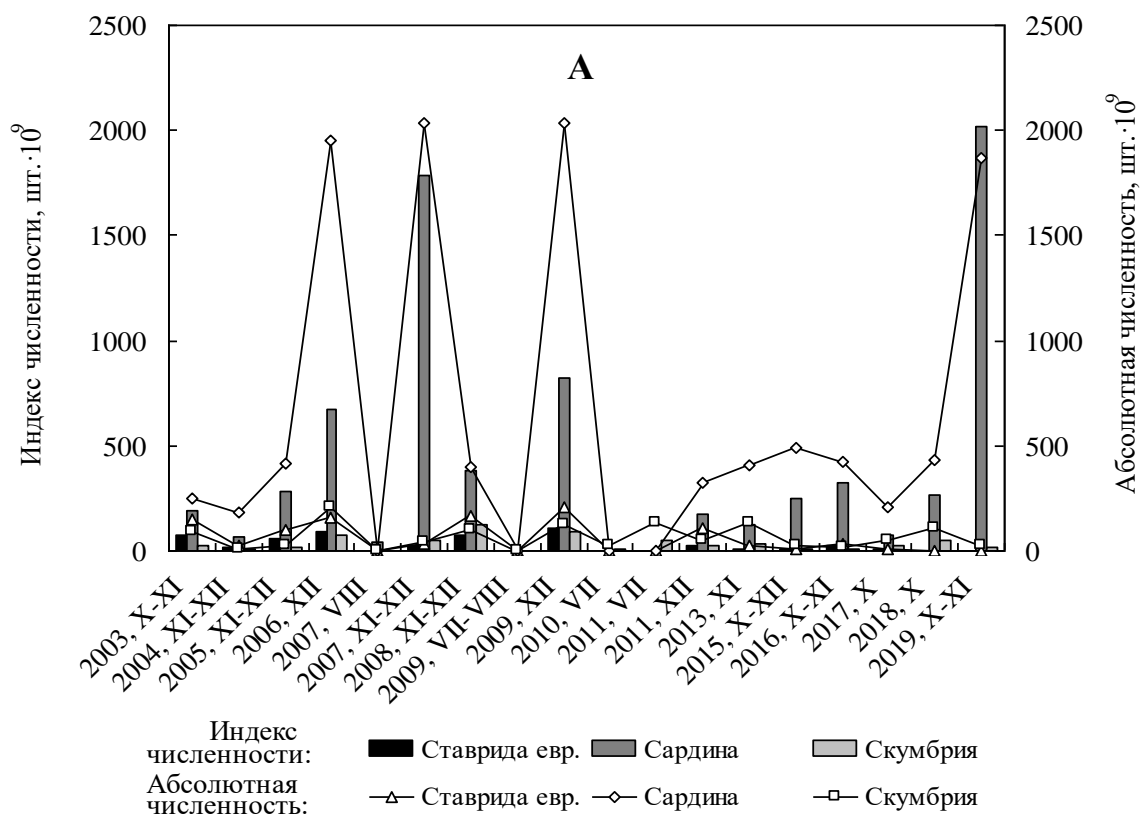


Рис. 1. Динамика численности икринок (А) и личинок (Б) массовых промысловых субтропических видов рыб в северной части Марокко в 2003-2019 гг.

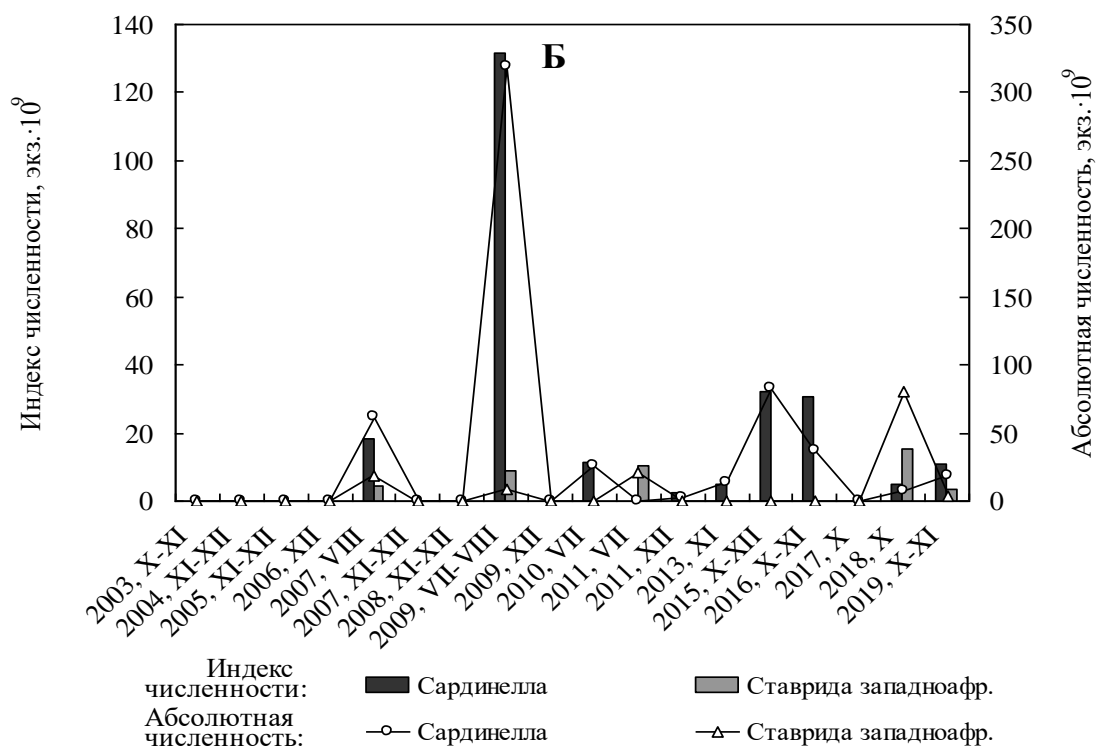
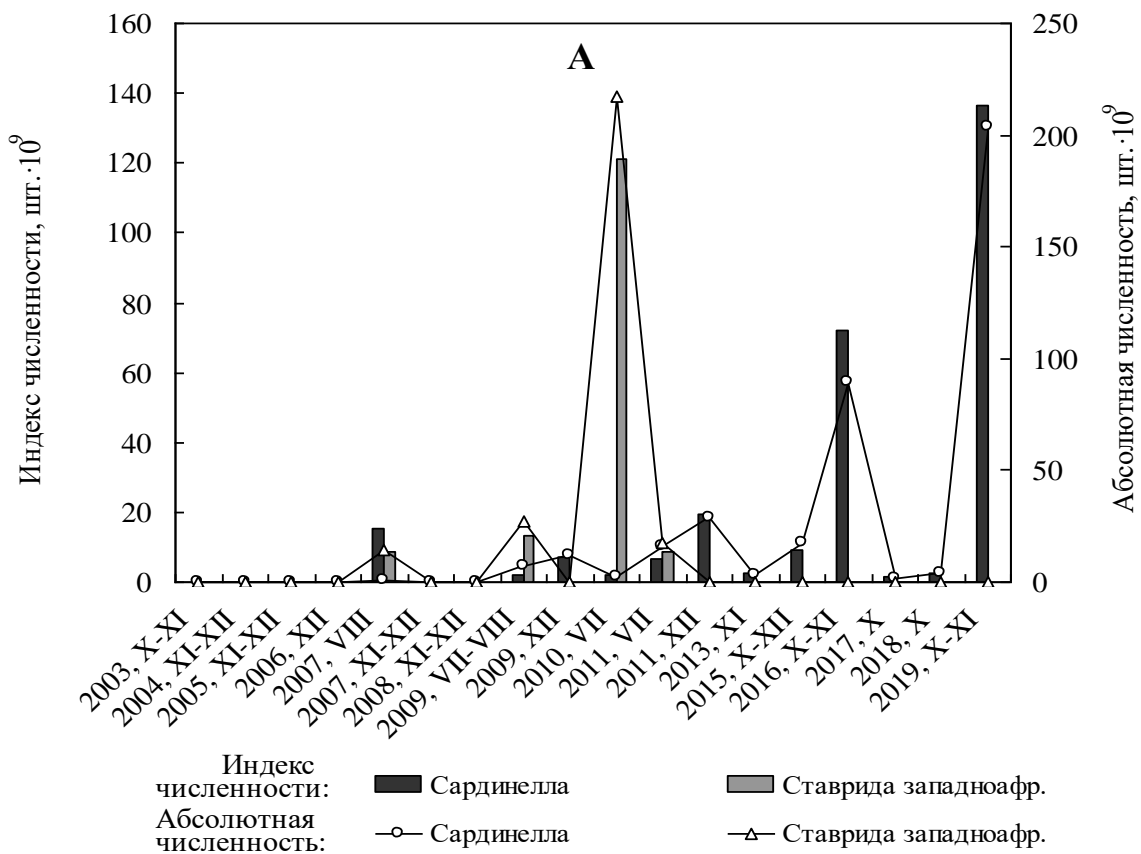


Рис. 2. Динамика численности икринок (А) и личинок (Б) массовых промысловых тропических видов рыб в северной части Марокко в 2003-2019 гг.

Средние значения численности икринок (И) и личинок (Л) массовых промысловых рыб в северной части Марокко в 2003–2019 гг., экз. × 10⁹

Показатель	<i>Европейская сардина</i>		<i>Круглая сардинелла</i>		<i>Европейская ставрида</i>		<i>Западноафриканская ставрида</i>		<i>Восточная скумбрия</i>	
	И	Л	И	Л	И	Л	И	Л	И	Л
ИЧ	414,7	155,9	15,4	13,8	28,6	7,1	8,4	2,3	34,2	3,5
АЧ	634,6	342,9	21,5	31,5	56,7	21,3	15,3	7,3	64,9	6,4
АЧ/ИЧ	1,5	2,2	1,4	2,3	2,0	3,0	1,8	3,2	1,9	1,8
r (p < 0,01)	0,86	0,88	0,99	0,99	0,98	0,96	0,99	0,80	0,72	0,95

Примечание. Здесь и в табл. 2: ИЧ – индекс численности, АЧ – абсолютная численность, r – коэффициент корреляции, p – уровень значимости.

В таблице 1 приведены результаты сопоставления изменений индексов численности и абсолютной численности икринок и личинок массовых промысловых рыб в рассматриваемые годы. Высокие коэффициенты корреляции между изменениями индексов численности и абсолютной численности икринок и личинок показывают возможность применения обоих методов для анализа динамики численности массовых видов ихтиопланктона акватории северной части Марокко.

Южная часть Марокко

В этом районе наблюдается увеличение численности промысловых неритических рыб на всех стадиях онтогенеза, т.к. шельф южной части Марокко, по сравнению с северной, более широкий. Здесь массово встречаются представители субтропической и тропической ихтиофауны. Рассматриваемые виды в ихтиопланктоне являются наиболее многочисленными в зависимости от сезона года. В холодные периоды в южной части Марокко, как и в северной, преобладают представители субтропической фауны, в тёплые – тропической. Икринки и личинки массовых промысловых видов рыб фиксировались практически на всей исследуемой акватории с наибольшими скоплениями в районе мысов Бохадор, Дахла и Кап-Блан, где, как и на севере Марокко, образуются квазистационарные круговороты водных масс [1, 3, 16].

Был выполнен расчет индексов численности и абсолютной численности икринок и личинок массовых промысловых субтропических и тропических видов рыб для рассматриваемого района. Результаты расчётов представлены на рисунках 3-4.

Численность сельдевых на ранних стадиях развития, как и в северной части Марокко, значительно превышала численность ставридовых и скумбриевых. Изменения численности икринок и личинок ставридовых и скумбриевых варьировали в близких пределах (рис. 3-4). Как уже упоминалось, в холодные периоды года в ихтиопланктоне преобладали представители субтропической фауны, в теплые – тропической. Можно отметить повышенную численность икринок и личинок европейской сардины в холодные сезоны 2003-2004, 2008-2010 и 2013-2019 гг., т.е. примерно в те же годы, что и в северной части Марокко. Относительно высокая численность икринок европейской ставриды зафиксирована в 2003 г. (рис. 3). В тёплые сезоны высокая численность икринок и личинок круглой сардинеллы отмечалась летом 2008 и 2014 гг. и осенью 2015 г., икринок западноафриканской ставриды – в 2006 и 2014 гг. (рис. 4).

Сопоставление средних значений индексов численности и абсолютной численности массовых видов ихтиопланктона показало, что значения второго показателя в среднем превышали таковые первого в 1,4-3,0 раза (табл. 2). Как в северной части Марокко, так и в южной абсолютные значения, по нашему мнению, более точно отражают динамику численности ихтиопланктона.

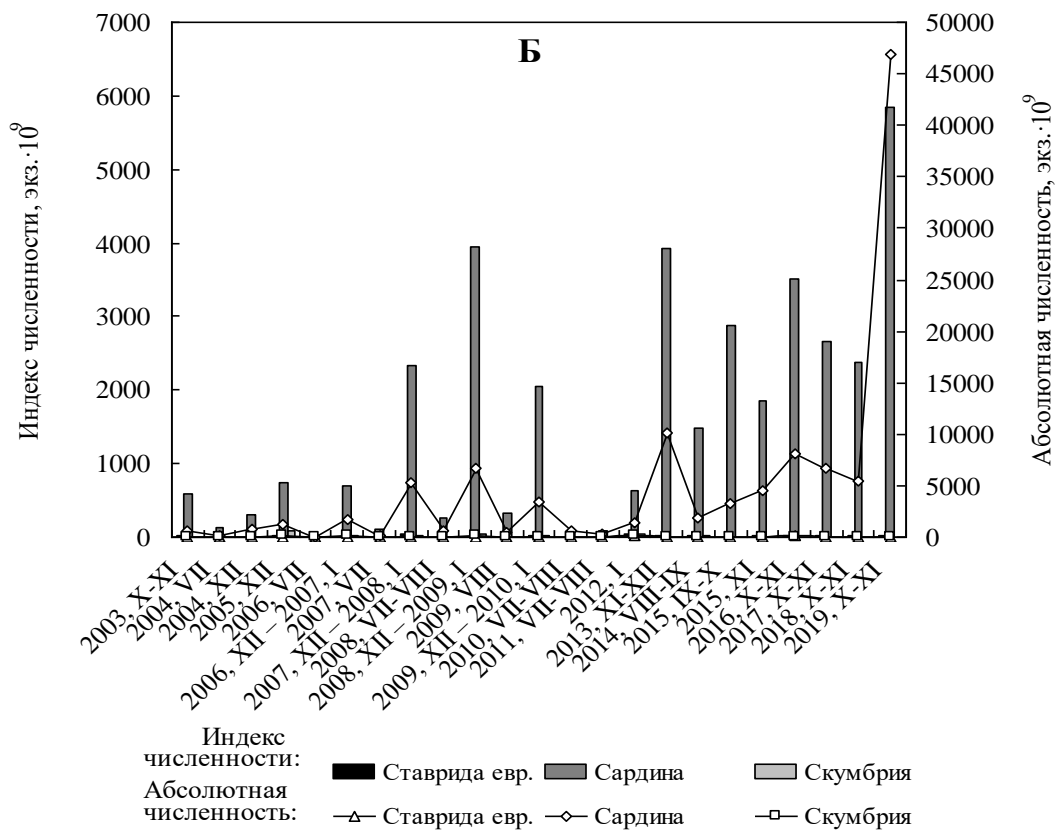
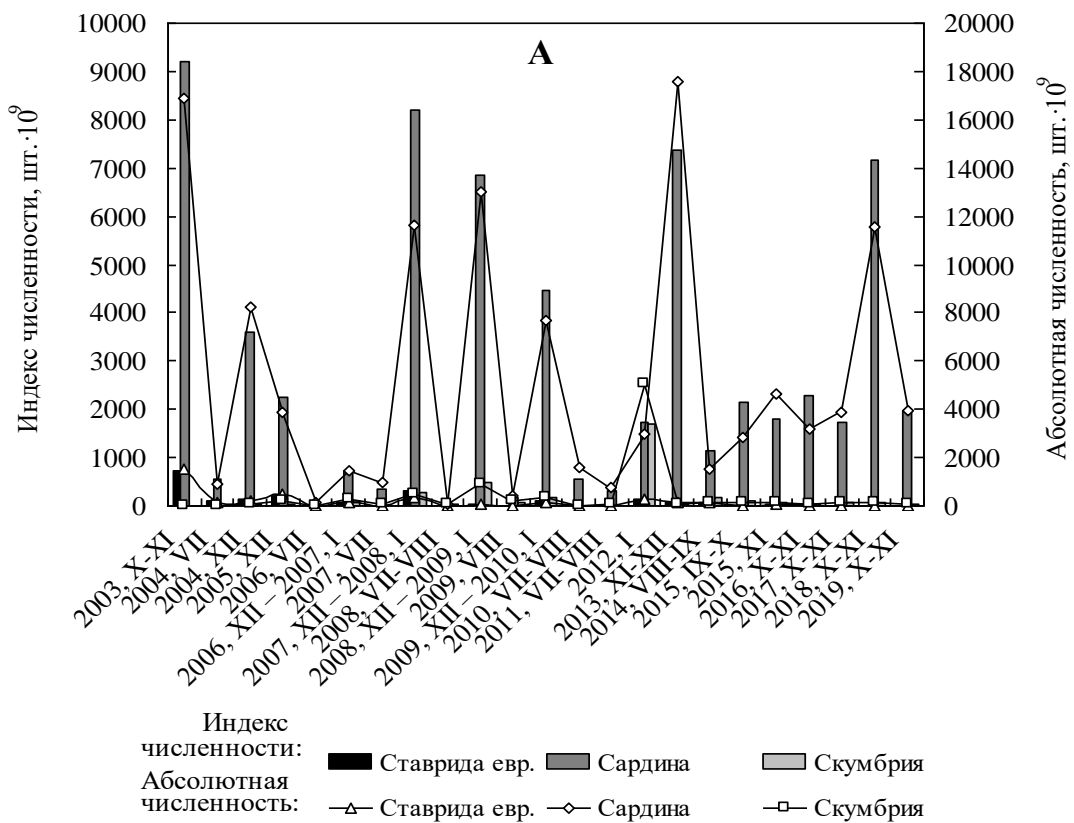


Рис. 3. Динамика численности икринок (А) и личинок (Б) массовых промысловых субтропических видов рыб в южной части Марокко в 2003-2019 гг.

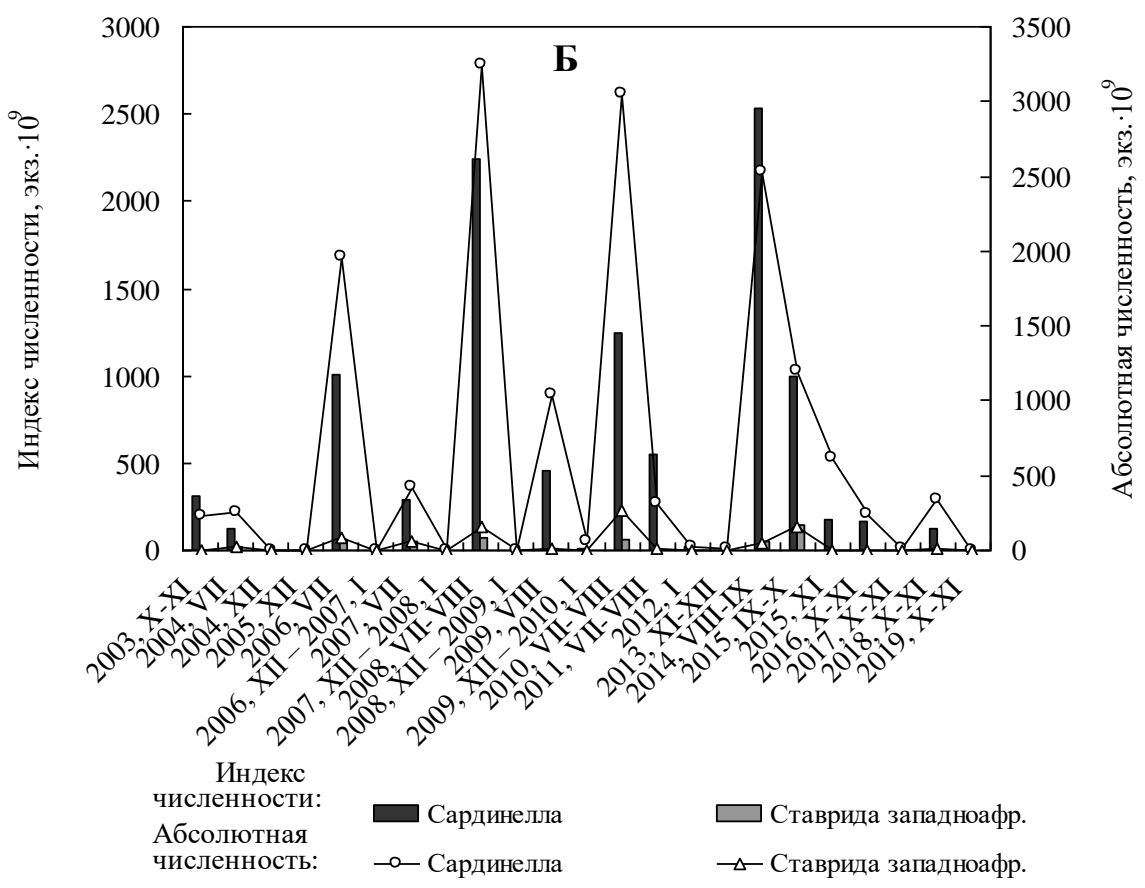
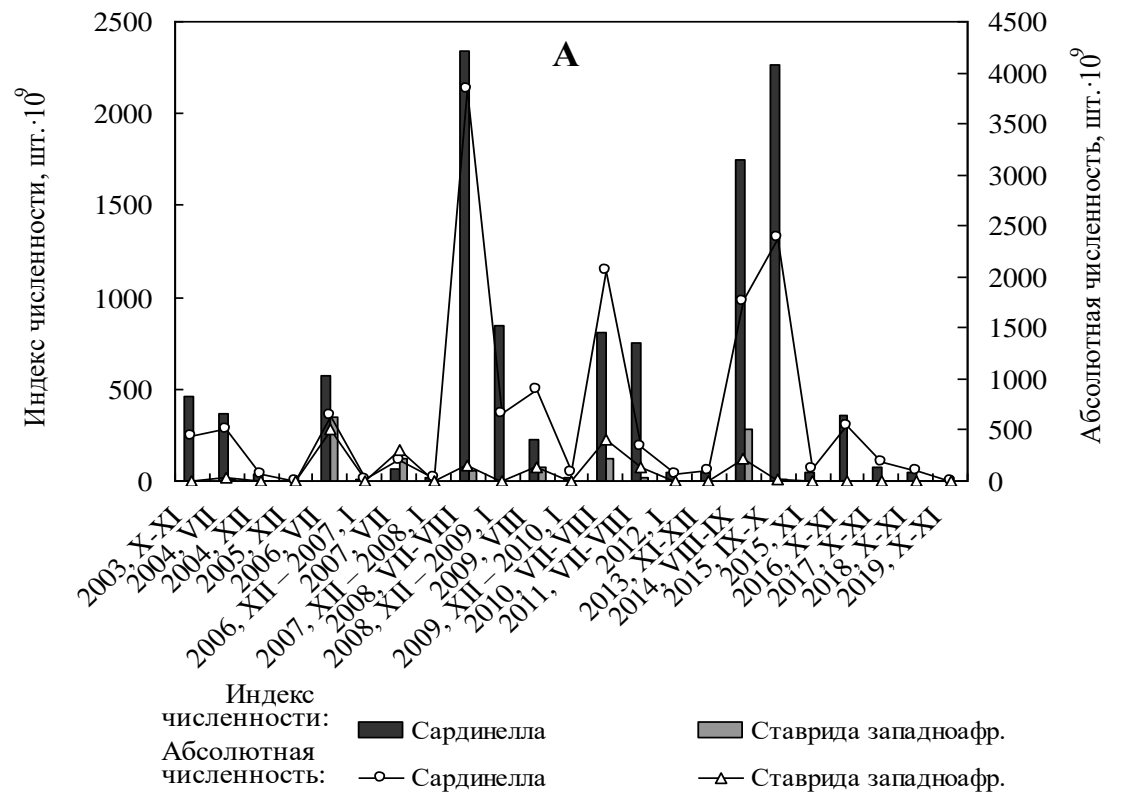


Рис. 4. Динамика численности икринок (А) и личинок (Б) массовых промысловых тропических видов рыб в южной части Марокко в 2003-2019 гг.

Средние значения численности икринок (И) и личинок (Л) массовых промысловых рыб в южной части Марокко в 2003–2019 гг., экз. × 10⁹

Показатель	<i>Европейская сардина</i>		<i>Круглая сардинелла</i>		<i>Европейская ставрида</i>		<i>Западноафриканская ставрида</i>		<i>Восточная скумбрия</i>	
	И	Л	И	Л	И	Л	И	Л	И	Л
ИЧ	2808,8	1600,6	484,0	445,6	88,0	13,0	45,5	20,9	153,2	12,5
АЧ	5200,8	4805,3	654,4	675,2	163,2	27,2	83,0	36,4	374,4	32,3
АЧ/ИЧ	1,9	3,0	1,4	1,5	1,9	2,1	1,8	1,8	2,5	2,6
r (p < 0.01)	0,97	0,78	0,91	0,91	0,99	0,86	0,78	0,70	0,99	0,90

При сопоставлении изменений индексов численности и абсолютной численности икринок и личинок массовых промысловых рыб в рассматриваемые годы было отмечено, что как и для северной части Марокко, для южной можно применять оба варианта расчёта численности массовых видов ихтиопланктона ввиду высокой корреляции между изменениями индекса численности и абсолютной численности икринок и личинок рыб (табл. 2). Оба показателя отражают одинаковые тенденции в колебаниях численности массовых видов ихтиопланктона.

Заключение

Анализируя полученные данные можно констатировать, что колебания численности икринок и личинок рассматриваемых видов рыб по годам происходили не синхронно. Эти колебания определялись сложным комплексом абиотических и биотических факторов среды, по разному влияющих на распределение и численность массовых промысловых видов рыб Марокко в раннем онтогенезе, а также – смещением периодов проведения съёмок в разные годы.

В целом по двум рассматриваемым районам численность сельдевых на ранних стадиях развития намного превышала численность ставридовых и скумбриевых. Изменения численности икринок и личинок ставридовых и скумбриевых варьировали примерно в одном диапазоне. Следует отметить близкие закономерности в изменениях количества икринок и личинок европейской сардины по годам в северной и южной частях Марокко. Для других промысловых видов рыб в раннем онтогенезе явной связи в колебаниях численности по исследуемым районам не выявлено.

Для характеристики динамики численности массовых видов ихтиопланктона в северной и южной частях Марокко применимы как индексы численности, так и абсолютная численность икринок и личинок рыб. Эти показатели имеют высокую степень взаимной корреляции. Однако абсолютные значения, по нашему мнению, точнее отражают динамику численности промысловых рыб в раннем онтогенезе, т.к. рассчитаны для всей исследуемой акватории, а не для стандартных станций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов А.Г. Сезонная и межгодовая изменчивость ихтиопланктона у побережья Марокканской Сахары // Вопросы ихтиологии. 2009. – Т. 49. – № 2. – С. 225-232.
2. Архипов А.Г. Сезонная и межгодовая изменчивость ихтиопланктона у побережья Северного Марокко // Вопросы ихтиологии. 2011. – Т. 51. – № 1. – С. 105-112.
3. Архипов А.Г. Динамика численности икринок и личинок массовых видов рыб северной части Центрально-Восточной Атлантики // Вопросы ихтиологии. 2015. – Т. 55. – № 2. – С. 173-179.
4. Blache J., Cadenat J., Stauch A. Faune tropicale // XVIII Cles de determination des poissons de mer signales dans l'Atlantique oriental. 1970. Paris. ORSTOM. –479 p.
5. Калинина Э.М. Ихтиопланктон района Канарского течения. Киев: Наукова думка. 1981. – 116 с.
6. Доманевский Л.Н. Рыбы и рыболовство в неритической зоне Центрально-Восточной Атлантики // Калининград: Тр. АтлантНИРО. 1998. – 195 с.

7. Rodriguez J.M., Barton E.D., Eve L., Hernandez-Leon S. Mesozooplankton and ichthyoplankton distribution around Gran Canaria, an oceanic island in the NE Atlantic // Deep-Sea Research. 2001. Part I. 48. – P. 2161-2183.
8. Берников Р.Г., Доманевский Л.Н., Кудерский С.К., Яковлев В.Н. Центрально-Восточная Атлантика // Промыслово-океанологические исследования в Атлантическом океане и южной части Тихого океана. Калининград. Изд.: АтлантНИРО. 2002. – Т. 1. – С. 146-195.
9. Nellen W., Ruseler S. Composition, horizontal and vertical distribution of ichthyoplankton in the Great Meteor Seamount area in September 1998 // Arch. Fish. Mar. Res. 2004. 51 (1-3). P. 132-164.
10. Седлецкая В.А. Ихтиопланктон Атлантического океана у северо-западных берегов Африки // Вопросы ихтиологии. 1983. – Т. 23. – № 5. – С. 862-865.
11. Архипов А.Г., Пак Р.А., Симонова Т.А., Теницкая И.А. Многолетние изменения численности массовых промысловых рыб на ранних стадиях их развития в северной части Центрально-Восточной Атлантики / Материалы VII Международного Балтийского морского форума. Т. 3. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». Изд.: БГА РФ, Калининград. 2019. – С. 83-93.
12. Методические указания по сбору проб зоо- и ихтиопланктона планктоносорщиком «Бонго» и их обработке // Калининград. АтлантНИРО. 1983. – 36 с.
13. Аксютина З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях // М.: Пищевая промышленность. 1968. – 289 с.
14. Пак Р.А., Коломейко Ф.В., Архипов А.Г. Использование современных геоинформационных технологий в исследованиях ранних стадий развития промысловых рыб северной части Центрально-Восточной Атлантики // Известия КГТУ. 2016. – № 42. – С. 39-48.
15. Архипов А.Г., Пак Р.А., Симонова Т.А. Динамика численности ихтиопланктона у побережья северной части Марокко // Труды АтлантНИРО. 2017а. – Т. 1. – № 1. – С. 75-84.
16. Архипов А.Г., Пак Р.А., Симонова Т.А. Динамика численности ихтиопланктона у побережья южной части Марокко // Труды АтлантНИРО. 2017б. – Т. 1. – № 3. – С. 150-157.

DYNAMICS OF THE NUMBER OF MASS SPECIES OF ICHTHYOPLANKTON IN THE WATERS OF THE NORTHERN AND SOUTHERN PARTS OF MOROCCO

^{1,2}Pak Regina Anatol'evna, postgraduate; senior engineer

^{1,2}Arkhipov Aleksandr GERAL'dovich, doctor of biological sciences, associate professor; professor of ichthyology and ecology department; scientific coordinator

²Simonova Tatiana Aleksandrovna, senior engineer

¹ FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: pak.regina@bk.ru

²Atlantic branch Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Kaliningrad, Russia, e-mail: ag_arkhipov@mail.ru

Studies of long-term trends in fluctuations in the number of mass species of ichthyoplankton in the northern and southern parts of Morocco in 2003-2019 were analyzed using new materials and retrospective data. The indices of the number and the absolute number of eggs and larvae of main commercial fish species are calculated. The changes in the indices of the abundance and absolute abundance of ichthyoplankton by year and by region were the same. These indicators are applicable to characterize the dynamics of the number of mass species of ichthyoplankton.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕКРЕАЦИОННОГО РЫБОЛОВСТВА НА ВОДОЕМАХ Г. КАЛИНИНГРАДА

¹Попова Александра Сергеевна, студентка 2 курса аспирантуры ФГБОУ ВО «КГТУ» кафедры ихтиологии и экологии

²Шибяев Сергей Вадимович, д-р биол. наук, профессор кафедры ихтиологии и экологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹aleksandra.popova@klgtu.ru; ²shibaev@klgtu.ru

Рассмотрено пространственное распределение рыболовов-любителей в г. Калининград. Определены целевые виды лова в черте города и какие орудия лова для этого используются. Отмечается, что по имеющимся данным самыми популярными местами для рекреационного рыболовства в черте г. Калининград являются о. Канта, судоходный канал и комплекс Голубых озер.

Введение

Любительское рыболовство является самым массовым увлечением населения, связанным с активным отдыхом на природе. По экспертным оценкам, данным видом деятельности занимается примерно 10% населения страны, что составляет более 15 млн человек [2].

В отечественной литературе чаще всего встречается термин «любительское рыболовство», однако зарубежные авторы применяют термин «рекреационное рыболовство», в котором понимается рыбная ловля разрешенными для таких целей орудиями лова с целью отдыха на водном объекте.

Еще в начале 70-х годов прошлого столетия по стране любительским рыболовством изымалось не менее 150 тыс. т рыбы в год, что на тот момент составляло примерно 30% от коммерческого лова в пресноводных водоемах. В то же время было опубликовано много работ, посвященных оценке любительского рыболовства.

По зарубежным данным, в США любительская рыбалка относится к одним из наиболее популярных видов семейного досуга. По оценке Американской спортивно-рыболовной Ассоциации общая годовая численность рыболовов любителей составляет около 40 млн человек [1].

В 1974 году П.А. Моисеев и В.А. Толчинский в своей работе определили, что рекреационное рыболовство при своей массовости стало решающим фактором воздействия на состояние рыбных запасов; его социальная, экономическая и экологическая значимость возросла настолько, что любительское рыболовство вправе рассматривать как отрасль рыбного хозяйства [2].

Рекреационные ресурсы имеют важную социальную, экономическую и экологическую задачу, которая направлена на сохранение биосферы в необходимых параметрах основы жизни на Земле. Одним из элементов рекреационных ресурсов является любительский лов рыбы для отдыха. В последние годы любительское рыболовство в Калининградской области широко распространено среди местных жителей. Этому благоприятствует как большое количество пресных водоемов с богатой ихтиофауной, так и динамично развивающееся направление бизнеса, связанное с обслуживанием рыбаков-любителей [3]. Причем рекреационное рыболовство во многих случаях может обеспечить гораздо более эффективное с экономической точки зрения использование водных биоресурсов по сравнению с коммерческим ловом [4].

Важность исследования любительского рыболовства заключается в том, что объемы изымаемых запасов, их видовой состав, интенсивность лова на территории Калининградской области неизвестны. Однако стоит отметить, что рекреационное рыболовство является важным элементом взаимодействия человека с природой. Поскольку для г. Калининград таких исследований не проводилось, тема исследования является весьма актуальной и требует обширного изучения.

Цель работы – оценка пространственного распределения любительского рыболовства на водоемах г. Калининграда.

Материалы и методика

Материалом для исследования послужили данные мониторинга рыболовов-любителей, собранных самим автором, начиная с сентября 2020 по август 2021 года на водных объектах г. Калининграда.

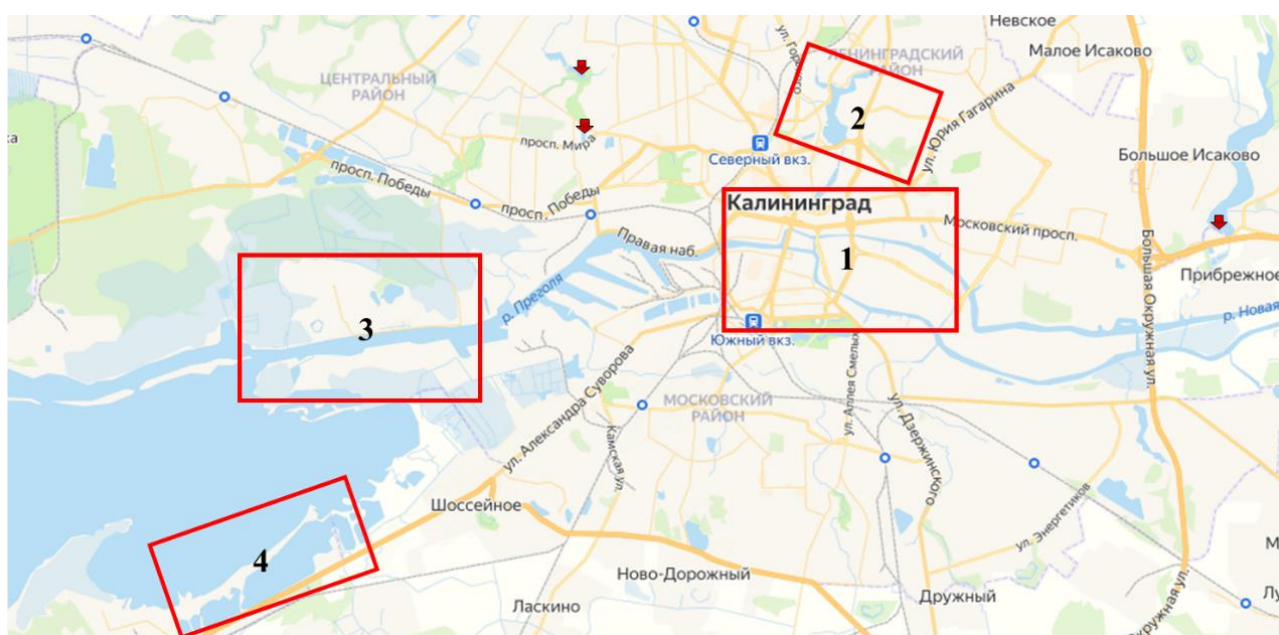
В ходе работы осуществлялся учет рыболовов-любителей с подсчетом объемом выловленных ими водных биологических ресурсов, и протяженность береговой линии, где они находились.

Сбор данных происходил путем визуального наблюдения с фотофиксацией и анкетного опроса рыболовов-любителей, который позволяет оценить посещаемость водных объектов, интенсивность лова рыбы, продолжительность лова и видовой состав уловов. Производились массовые промеры с использованием ихтиологической линейки и специальных бланков массовых промеров для рыбаков-любителей. Полученные результаты были отображены на карте по изучению распределения рыболовов-любителей и занесены в базу данных по исследованию рекреационного рыболовства, созданную кафедрой Ихтиологии и экологии ФГБОУ ВО «КГТУ» [3].

За весь период исследования непосредственно по городу Калининграду, учтено 366 рыбаков-любителей, опрошено - 243.

Результаты исследований

В исследованиях были охвачены отдельные части акватории города Калининграда, такие как: река Преголя, включая районы о. Канта и о. Октябрьского, судоходный канал, пруд Верхний, ручей Литовский, Голубые озера. Были просмотрены пруд Чистый, оз. Поплавок и пруд на территории стадиона Пионер. Общая картина распределения рыболовов-любителей по городу, которая была создана из собранных автором данных представлена на рисунке (Рисунок 1). Для простоты наблюдений карта разделена на 4 района, которые наиболее тщательно исследованы и несколько водоемов, где были отмечены рыбаки-любители.

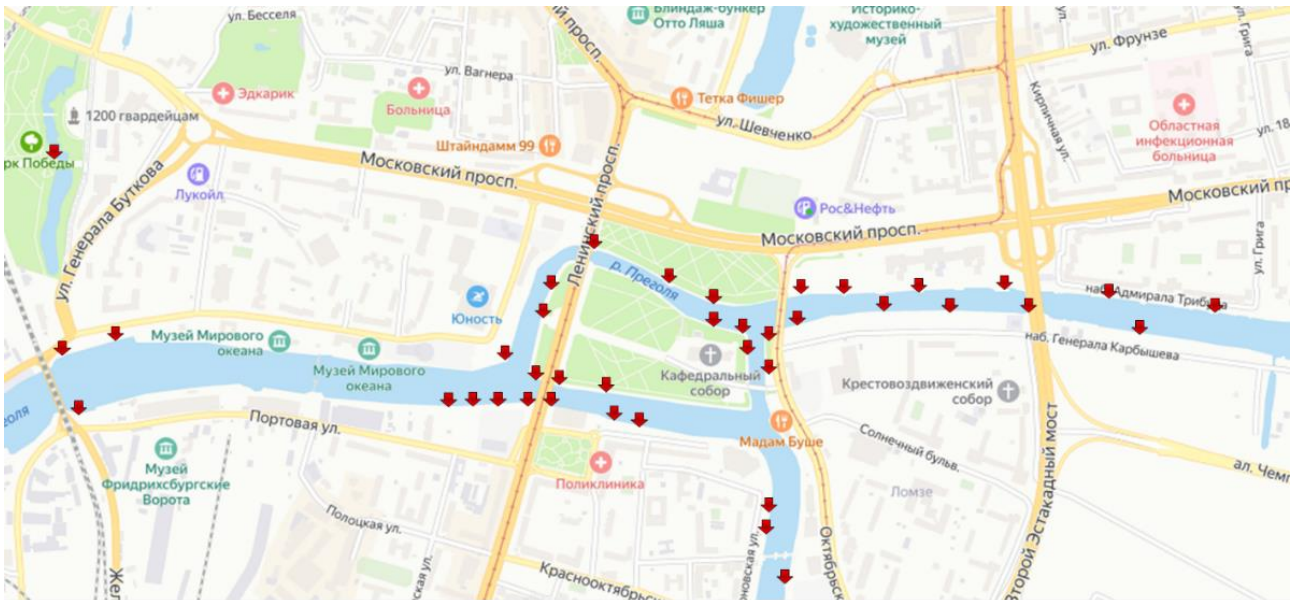


1 – Московский проспект (о. Канта, о. Октябрьский, музей Мирового океана); 2 – Пруд Верхний; 3 – Судоходный канал; 4 – Голубые озера.

↓ Рыбаки-любители на других водоемах

Рис. 1. Распределение рыбаков-любителей по г. Калининград

Самым доступным местом для рыболовства в центре города является район Московского проспекта, где сосредоточена главная река города – Преголя, и имеются самые доступные подходы к водоему для лова. На карте показано распределение рыболовов-любителей в районе Московского проспекта (Рисунок 2).

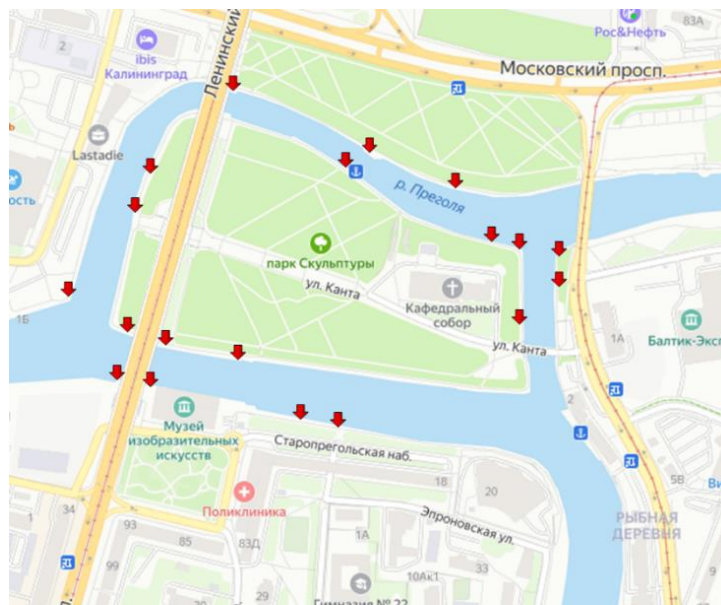


↓ Распределение рыбаков в районе Московского проспекта

Рис. 2. Общая карта распределения рыбаков-любителей в районе Московского проспекта (без учета о. Октябрьского)

Наиболее популярным местом для рекреационного вылова рыбы в центре г. Калининград является остров Канта (Рисунок 3). В основном лов происходит ежедневно на спиннинг или поплавковую удочку. В качестве прикорма используется черный хлеб. В уловах отмечаются небольшие экземпляры окуня и плотвы, которые в среднем составляют 15 см, иногда встречается судак, максимально отмеченная длина которого 31 см.

В весенний период во время нерестового хода корюшки и снетка, происходит массовое сосредоточение рыбаков-любителей под эстакадным мостом со стороны ул. Портовой. Лов осуществляется преимущественно ночью на отцеживающее орудие лова «Паук» с разрешенной ячейей 10 мм и размером метр на метр. Целевой вид в данном месте – снеток. В 2021 году нерестовой ход был в начале апреля. При опросе рыбаков-любителей было промерено 792 экземпляра снетка, средний размерный класс которого составлял 10 см. Корюшка в уловах встречалась в единичных экземплярах.

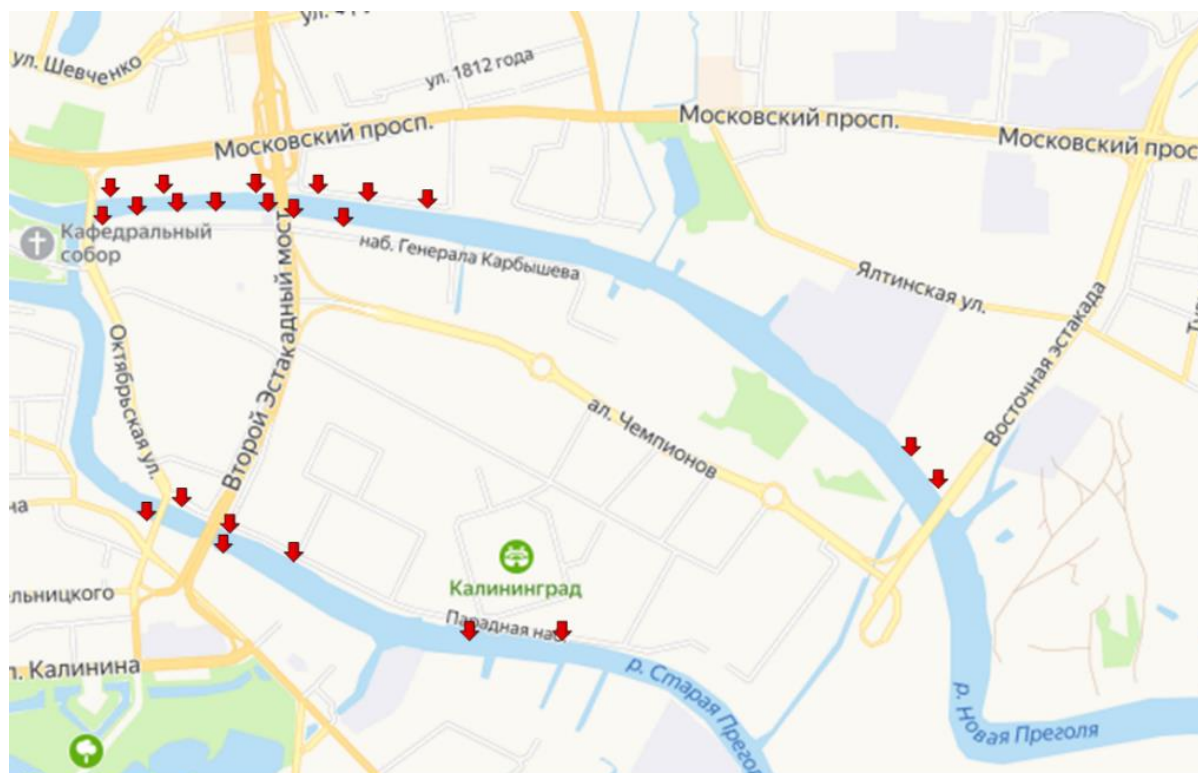


↓ Распределение рыбаков-любителей

Рис. 3. Распределение рыбаков-любителей в районе о. Канта

Кроме о. Канта большой интерес у рыбаков вызывает, находящийся рядом о. Октябрьский, который после строительства стадиона и благоустройства территории в 2018 году приобрел две набережные, с помощью которых подходы к водоему стали наиболее удобны (Рисунок 4). Не уступает в популярности для рыбаков и набережная Адм. Трибуца, расположенная напротив о. Октябрьского.

Предпочтение отдают таким орудиям лова как спиннинг и поплавковая удочка. В качестве наживки используют хлеб, опарыша и червя. В уловах отмечались небольшие экземпляры плотвы, окуня, леща, которые достигали длины не более 20 см. В единичных экземплярах попадаете судак.



↓ Распределение рыбаков-любителей

Рис. 4. Распределение рыбаков-любителей в районе о. Октябрьского

Помимо Московского проспекта, хорошим местом для любительского лова является пруд Верхний. Однако, в последнее время, летняя рыбалка на водоеме носит депрессивный характер, возможно это связано с большим скоплением людей, поскольку данное место является одним из самых популярных зон для прогулок и отдыха в городе.

В зимний период, пруд Верхний является самым популярным местом для рекреационной рыбалки, поскольку водоем замерзает и становится более доступным в местах скопления водной растительности, где и обитает основной улов рыбаков. Дислокация рыбаков-любителей в зимнее и летнее время может быть различна, представлена карта распределения рыбаков-любителей на пруду верхнем в зимнее и летнее время (Рисунок 5).

Помимо отдыха в центре города, большинство рыбаков отдают свое предпочтение лову в тихом месте и отдаленным от центра. Таким местом является судоходный канал (Рисунок 6), который расположен в черте города и при этом соединяется с заливом. В данном участке имеются два целевых вида – лещ и судак. Лов ведется с двух берегов: со стороны п. Прегольский и со стороны Прибалтийского судостроительного завода «Янтарь». По орудиям лова предпочтительно используют фиддер и донки на судака. При этом наживкой служит опарыш, мотыль или червь, и в качестве прикормки используют покупную смесь, либо кашу.

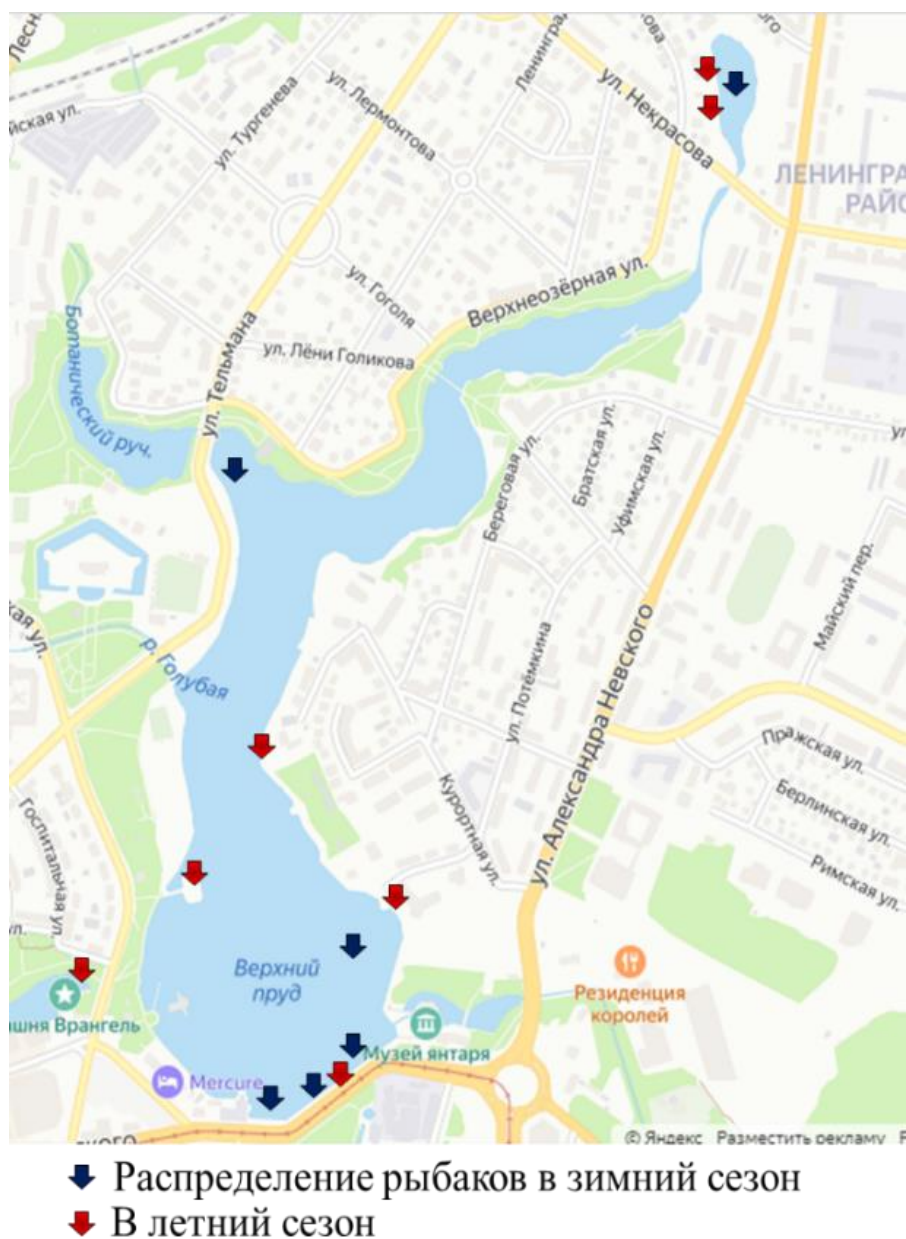
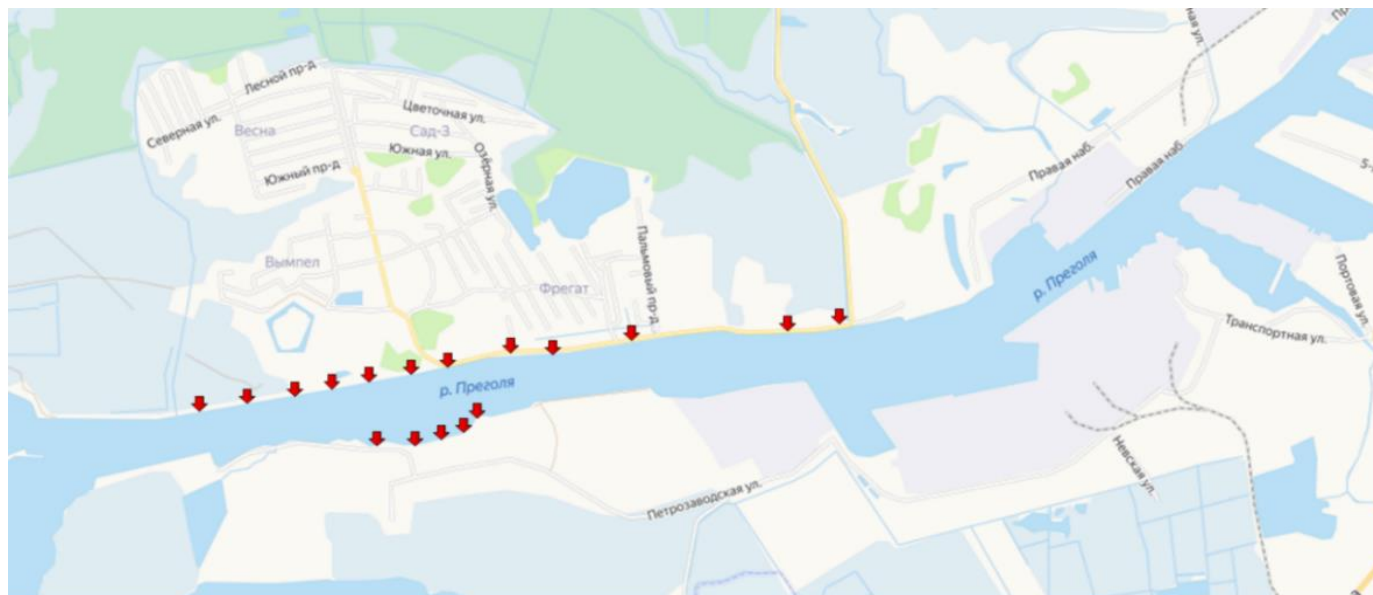


Рис. 5. Распределение рыбаков-любителей в районе пруда Верхнего

Сезоны массовых скоплений рыболовов-любителей на судоходном канале – осень и весна. Осенью наилучшее время для лова судака, поскольку перед приближением зимы хищник пытается наестся и забывает об осторожности. Весной нерест судака и леща.

При проведении опроса рыболовов было выяснено, что в уловах встречаются такие виды как: лещ, окунь, плотва, бычок, густера, ерш и судак. Максимальная зарегистрированная длина леща при опросе составляла 38 см, у судака – 45 см. Плотва, окунь, густера имели небольшие размеры от 13 до 17 см. Вылов судака осуществляется в основном с лодок.



↓ Распределение рыбаков-любителей

Рис. 6. Распределение рыбаков-любителей на судоходном канале

Помимо судоходного канала еще одним тихим и отдаленным местом для рекреационного рыболовства в черте города является комплекс Голубых озер (Рисунок 7). Наиболее популярным из комплекса является озеро Форелевое. Поскольку здесь расположено форелевое хозяйство, то данный водоем представляет огромный интерес для рыбаков-любителей.



↓ Распределение рыбаков-любителей

Рис. 7. Распределение рыбаков-любителей на Голубых озерах

По проведенным опросам рыбаков можно сказать, что на оз. Форелевом в основном в уловах встречается плотва, щука, густера. Максимальная зарегистрированная длина густеры составляла 18 см, у щуки – 23 см. Плотва в водоеме небольших размеров, до 20 см. Лов осуществляют с помощью спиннинговых и поплавковых удочек, иногда ставят донки на щуку. В качестве наживки используют опарыша, мотыля и червя. Некоторые рыбаки говорят, что в водоеме можно выловить форель, поскольку рядом находится форелевое хозяйство. Но при проведенных осмотрах уловов за все время, данного вида рыбы нигде не был обнаружен.

Рядом с комплексом озер располагается Калининградский залив, который очень легкодоступен в плане своего месторасположения и имеет хорошие места для выхода лодок. Лов осуществляется с помощью поплавковых удочек, донки и сачков. По проведенным опросам целевыми видами в данном месте являются лещ и судак. Максимально зарегистрированная длина судака, пойманная с берега, при проведении опросов составляла 41 см, леща – 25. За более крупными экземплярами рыболовы охотятся на лодках.

Заключение

Рекреационное рыболовство является достаточно популярным времяпрепровождением в городе Калининград. Однако, носит сезонный характер. В зависимости от времени года и целевого вида происходит рассредоточение рыболовов-любителей по городу. Осенью наилучшее время для лова судака, поскольку перед приближением зимы хищник пытается наесться и забывает об осторожности. Весной происходит нерестовой ход корюшки и снетка, а также нерест судака и леща. В это время возрастает особый интерес к любительскому лову.

Основные целевые виды у рыболовов в Калининграде: судак, щука, лещ, густера, корюшка, снеток, плотва, окунь. Популярными орудиями лова для любительского лова в г. Калининград являются: спиннинг (и его разновидность – фиддер), поплавковая удочка, донка. Во время нерестового хода снетка и корюшки – «Паук» и сачок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моисеев, П. А. К научной организации любительского рыболовства / П. А. Моисеев, Г.И. Толчинский // Научные организации рационального любительского рыболовства. М.: Пищ. пром-ть, 1974. – С. 3-12.

2. Барабанов В.В. Разработка мер по снижению негативных последствий любительского рыболовства на водные биологические ресурсы Волго-Каспийского бассейна (Астраханская область): диссертация на соискание ученой степени кандидата биол. наук. – Астрахань, 2016. – 139 с.

3. Определение структуры и состава информации, необходимой для учета и анализа сведений по любительскому рыболовству/ А.В. Алдушин, С.В. Шибяев, М.А. Кацер. III Балтийский морской форум: Международная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов», труды. - Калининград, ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», 2015. – С. 7-10

4. Метод анализа ихтиоценозов малых водоемов Калининградской области на основе контрольных обловов сетными орудиями лова / С.В. Шибяев, А.В. Соколов // Труды IX Международной научной конференции «Инновации в науке и образовании» КГТУ. – Калининград, 2011, Ч.1 – С. 40-41

SPATIAL DISTRIBUTION OF RECREATIONAL FISHING IN KALININGRAD

¹Popova Aleksandra Sergeevna, 2^d year postgraduate student of the Kaliningrad State Technical University of the Department of Ichthyology and Ecology

²Shibaev Sergey Vadimovich, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ichthyology and Ecology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹aleksandra.popova@klgtu.ru; ²shibaev@klgtu.ru

The article examines the spatial distribution of amateur fishermen in Kaliningrad. The target types of fishing within the city and what fishing gear are used for this are determined. It is noted that according to the available data the most popular places for recreational fishing within the city of Kaliningrad are about. Kant, the shipping channel and the Blue Lakes complex.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИСКУССТВЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ И ОТОЛИТНОГО МАРКИРОВАНИЯ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В СТРАНАХ АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОГО РЕГИОНА

Салимзянова Карина Радиковна, магистрант
Литвиненко Анна Владимировна, канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Сахалинский государственный университет», кафедра экологии, биологии и природных ресурсов, г. Южно-Сахалинск, Россия, e-mail: salimzyanova_kr@mail.ru

Страны Азиатско-Тихоокеанского региона: США, Япония, Россия, Канада и Южная Корея ежегодно выпускают в воды Северной Пацифики около 5 миллиардов штук молоди шести видов тихоокеанских лососей; из них наибольшее количество приходится на долю кеты и горбуши. Более 94 % от всей выпускаемой молоди скатывается с лососевых рыбоводных заводов США, Японии и России. Среди молоди тихоокеанских лососей, ежегодно выпускаемой всеми странами АТР, около 42 %, то есть более 2 млрд шт., скатываются в прибрежье с меткой. Среди выпущенной с ЛРЗ всех стран молоди метку имеют 69 % горбуши, 34 % кеты, по 28 % нерки и симы, 16 % кижуча и 11 % чавычи. При этом применяют различные способы мечения, однако наиболее массовым является отолитное маркирование.

Введение

Ежегодно страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР): США, Канада, Япония, Россия и Южная Корея выпускают с лососевых рыбоводных заводов около пяти миллиардов штук молоди тихоокеанских лососей. Биотехника искусственного разведения лососей в этих странах, несмотря на некоторые специфические отличия, весьма схожа.

Для оценки эффективности искусственного воспроизводства в странах Азиатско-Тихоокеанского региона, входящих в состав комиссии по анадромным видам рыб северной части Тихого океана (NPAFC), выпускаемую молодь тихоокеанских лососей стали метить. Существует множество различных способов мечения рыб [1, 2, 3 и др.]. На рыбоводных заводах в этих странах для массового мечения тихоокеанских лососей применяют отолитное маркирование, благодаря которому можно оценивать не только эффективность работы ЛРЗ, но и судить о доле рыб искусственного происхождения в общих уловах и определять пути миграции тихоокеанских лососей в морской период их жизни.

В России, Японии, США, Южной Корее, Канаде для мечения тихоокеанских лососей применяют различные методы отолитного маркирования: термический и сухой методы и метод с использованием хлорида стронция и флуоресцентных включений.

В работе представлен обзор применяемых особенностей биотехники искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в странах АТР и отолитного маркирования выпускаемой молоди.

Материалы и методы

В данной работе собраны и проанализированы данные, содержащиеся в документах NPAFC (2005-2019 гг.), представленные США, Японией, Россией, Канадой и Южной Кореей, а также ежегодные отчеты и статьи, находящиеся в открытом доступе и разрешенные для распространения и цитирования на официальном сайте комиссии по анадромным видам рыб северной части Тихого океана [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

Статистическую обработку материала проводили с использованием прикладных программ Microsoft Office Excel 2016.

Обсуждение результатов

Искусственное разведение тихоокеанских лососей в США

Разведением тихоокеанских лососей в искусственных условиях занимаются в Вашингтоне, Орегоне, Калифорнии, Айдахо, а также на Аляске и Алеутских островах. Лососевые рыболовные заводы в США относят к четырем основным типам: государственные, федеральные, племенные и кооперативные.

Начиная с середины прошлого столетия биотехника разведения тихоокеанских лососей на рыболовных заводах в США претерпела значительные изменения. На заводах стали использовать искусственные корма, стали проводить лечебно-профилактические мероприятия. При работе с лососями стали учитывать не только специфику вида, но и популяций в целом. С 1970-х годов прошлого столетия из всего количества выпущенной молоди горбуши выпускают от 40 до 70%, кеты – 20-40%, остальное количество – нерка, кижуч и чавыча [19, 20; 23].

В США тихоокеанских лососей искусственно разводят не только на рыболовных заводах, но и на морских частных ранчо. Лососей там либо подращивают до определенной массы в садках, а затем выпускают в естественную среду, либо выращивают до товарной массы. С таких хозяйств выпускают десятки миллионов штук молоди [20].

Успехи искусственного разведения тихоокеанских лососей в районах на северо-западе США способствовали развитию этой отрасли и на Аляске. Большая часть лососевых рыболовных заводов находится на юго-востоке штата, а также в районе бухт Кука и Принца Вильяма. Искусственное разведение развивалось настолько быстро, что уже через 16 лет количество икры, которое закладывали на инкубацию увеличилось с 0,1 до 1,6 млрд. К концу 1990-х годов на Аляске уже стабильно закладывали от 1,6 до 1,9 млрд штук икры, а выпускали 1,2-1,7 млрд молоди [21, 22]. Система разведения тихоокеанских лососей построена на Аляске так, чтобы дикие рыбы и рыбы с ЛРЗ не смешивались [23].

Производителей чавычи и кижуча до созревания половых продуктов выдерживают в бассейнах около трех месяцев. Инкубацию икры проводят в ящичных инкубаторах из пластика, после наступления стадии пигментации глаз - в вертикальных стеллажах; выживаемость до стадии «глазка» составляет 98%. Предличинки после вылупления переводят в водоемы, где их подращивают, применяя сухие гранулированные и влажные корма. Чавычу подращивают до 7,5 см и выпускают в мае в низовьях реки; кижуча и чавычу «Брайт» подращивают еще в течение года и через год при длине тела 15,0 см ее выпускают в верховьях рек [24].

Искусственное разведение тихоокеанских лососей в Канаде

Канада приняла в 1977 году программу Salmonid Enhancement Program, цель которой – восстановить естественные популяции рыб, а также увеличить промысловые уловы. В программе более трехсот проектов, в том числе, и по разведению в искусственных условиях всех видов тихоокеанских лососей [20].

В этой стране заводы, занимающиеся искусственным разведением тихоокеанских лососей, делят на три типа: государственные, общинные и общественные. На государственных ЛРЗ работают профессиональные рыболовы, на общинных – служащие местных общин, а на общественных рыболовных заводах - волонтеры и временные служащие [25, 20].

Кету и горбушу с ЛРЗ выпускают сразу после вылупления или после непродолжительного подращивания в течение одного месяца. Нерку канадские рыболовы разводят несколькими способами. Одни рыболовные заводы содержат молодь нерки в нерестовых протоках, после чего она сама мигрирует в озера, другие подращивают молодь до 1,0-2,0 г, а потом переводят ее в озера. При разведении нерки в протоках нет необходимости кормить рыбу искусственными кормами, что экономически выгодно.

Кижуча в Канаде выпускают на стадии личинки; сеголетками через три-пять месяцев подращивания или годовиками, масса которых к тому времени уже составляет 15,0-25,0 г. Чавычу подращивают около трех-четырех месяцев, к моменту выпуска средняя масса особей 3,0-8,0 г или до 15,0-20,0 г, после подращивания еще в течение года [26].

Искусственное разведение тихоокеанских лососей в Японии

В Японии ЛРЗ в расположены на островах Хоккайдо и Хонсю; молодь горбуши, кеты, симы и кижуча выпускают в 260 рек [27, 28].

С 1970-х годов произошли изменения в биотехнике искусственного разведения: стали использовать качественные сбалансированные корма, выпускать молодь массой 1,0 г и более, проводить лечебно-профилактические мероприятия, учитывать наиболее подходящие сроки выпуска молоди в естественные водоемы и водотоки. Количество выпускаемой молоди увеличилось с 260 млн до 2,0 млрд молоди в 1981 году [20].

Горбушу японские рыбоводы выпускают массой 0,36 г; симу - сеголетками, массой 0,6-1,0 г, годовиками массой 13,0-20,0 г, а также весной второго года массой 15,0-40,0 г. Жилую форму симы «ямаме» выращивают в пресной воде до товарной массы. Кижуч в Японии появился лишь в 1970-е годы, привозить его стали из США. Молодь кижуча подращивают в пресной воде в течение одного-двух лет, а затем переводят в морские садки, в которых выращивают до товарной массы 2-3 кг. Проходной нерки раньше в Японии не было, однако, выпустив в реку Биби смолтов жилой нерки из озера Шикотсу, японцам удалось получить проходную нерку, популяцию которой японские рыбоводы поддерживают за счет искусственного разведения [21, 29, 30, 31].

Биотехника разведения, применяемая в Японии на ЛРЗ существенно не отличается от общепринятой.

Искусственное разведение тихоокеанских лососей в Южной Корее

В Корее искусственно разводят кету с 1913 года. Биотехника разведения практически не отличается от применяемой в Японии; средняя масса выпускаемой молоди 1,0 г и более. Выпуск молоди кеты, в основном, на восточном побережье. Незначительное количество молоди кеты выпускают в неродные реки [32, 33].

Искусственное разведение тихоокеанских лососей в России

В Сахалинской и Магаданской областях, Камчатском, Приморском и Хабаровском крае, а также в Мурманской области искусственно разводят все шесть видов рода *Oncorhynchus*. Работают заводы различных форм собственности – государственные и частные.

Искусственное воспроизводство самых массовых видов - горбуши и осенней кеты - наиболее мощно развито в *Сахалино-Курильском регионе*, в зоне их экологического оптимума. В последние годы ЛРЗ Сахалина и Курил выпускают от 0,8 до 1,0 млрд молоди тихоокеанских лососей.

Кроме горбуши и кеты в Сахалинской области в небольших количествах искусственно разводят симу и кижуча. В 2021 году здесь функционирует 68 рыбоводных предприятий. Большая часть этих ЛРЗ расположена на небольших реках горного типа. Каждый завод состоит из нескольких цехов, водоснабжение осуществляется подрусовой, речной или озерной водой. В зависимости от температуры воды, заводы принято было делить на «холодноводные» (температура воды в зимний период 0,1-0,3°C) и «тепловодные» (1,5-3,0°C) [21; 34]. «Холодноводные» заводы традиционно занимаются искусственным разведением горбуши, «тепловодные» - осенней кеты.

Рыбоводные заводы до начала 21 века были дважды реконструированы; на них применяют усовершенствованную биотехнику, внедрено новое оборудование, используются качественные по составу и свойствам корма. Благодаря произошедшим изменениям с ЛРЗ выпускают жизнестойкую молодь, обеспечивающую стабильные возвраты [35].

В *Хабаровском крае* изначально планировали разводить летнюю кету и горбушу, однако после 1970-х гг. заводы переориентировали на разведение осенней кеты. Для инкубации используют аппараты Аткинса и «Боксы», молодь кеты подращивают до 0,8-1,0 г [36, 21]. Ежегодно заводы Хабаровского края выпускают от 50 до 100 млн молоди амурской осенней кеты.

В *Приморье* функционируют несколько государственных и частных ЛРЗ. Основной объект разведения – кета и небольшое количество симы. Для получения половых продуктов самок и самцов вылавливают из местных рек, ранее использовали икру, привезенную с Сахалина. Подращивают молодь кеты в выростных водоемах до 0,4-1,0 г, затем выпускают в водотоки. В 2020 г. в приморские реки рыбоводы выпустили более 30 млн молоди лососей [37; 38].

Симу в Приморье выпускают сеголетками и годовиками. Ранее были предприняты попытки разведения горбуши, которую привозили с Сахалина, и кижуча, которые не принесли ощутимых результатов [21].

Искусственное разведение горбуши, кеты, кижуча и нерки в *Магаданской области* стало активно развиваться лишь в 1980-е годы. Искусственное разведение кеты производят на Ольской ЭПАБ, Арманском, Янском и Тауйском ЛРЗ. На всех заводах, кроме Тауйского, установлено стандартное дальневосточное оборудование, на Тауйском ЛРЗ установлены американские инкубаторы NORAD. Молодь кеты выпускают массой 0,3-1,0 г, горбушу подращивают до средней массы 0,12-0,34 г, в небольших количествах разводят кижуча и нерку, которых выпускают сеголетками, годовиками и двухлетками. Производственная мощность магаданских рыбоводных предприятий составляет около 33 млн молоди в год.

Подращивают молодь в выростных прудах, куда поступают теплые грунтовые воды, а также в пресных и солоноватых озерах. При этом используют три вспомогательных сооружения: «Кулькuty», «Старая Веселая» и пункт Охотскрыбвода в бухте Речной [39].

Начиная с конца прошлого века в *Камчатском крае* работают Паратунский, Вилюйский, «Кеткинский», Малкинский ЛРЗ и ЛРЗ «Озерки», выпускающие в водотоки полуострова ежегодно более 50 млн молоди кеты, кижуча, нерки и чавычи.

Все заводы после реконструкции оснащены современным оборудованием. Для инкубации икры используют аппараты Аткинса, предличинок выдерживают в бассейнах с нижней водоподачей. На некоторых заводах для подогрева технологической воды используют геотермальные источники с температурой воды 82–86°C. Выращивание молоди лососей осуществляется при температуре 4-5°C. Это позволяет за один сезон производить крупную жизнестойкую молодь средней массой: чавыча — около 7,0 г, нерка — около 4,0 г [40].

В целом, биотехника искусственного разведения тихоокеанских лососей в странах Азиатско-Тихоокеанского региона схожа, но есть некоторые специфические отличия (использование специальных кормов, подращивание до определенной массы, применение специального оборудования, выпуск молоди в конкретные сроки и прочее), которые связаны с месторасположением самого лососевого рыбоводного завода, источниками водоснабжения, получением производителей и половых продуктов, а также особенностями водоемов или водотоков, в которые выпускают молодь.

Страны Азиатско-Тихоокеанского региона (США, Япония, Россия, Канада, Южная Корея) вносят значительный вклад в пополнение общего запаса тихоокеанских лососей. Эти страны входят в состав комиссии НРАФС, которая была создана в соответствии с Конвенцией о сохранении запасов анадромных рыб в северной части Тихого океана, которая вступила в силу 16 февраля 1993 года.

Выпуск молоди тихоокеанских лососей странами Азиатско-Тихоокеанского региона

Каждый год с лососевых рыбоводных заводов стран, входящих в состав НРАФС, выпускают около пяти миллиардов штук молоди тихоокеанских лососей, из которых более половины выпускают с ЛРЗ США и Японии.

С 2005 по 2019 год с лососевых рыбоводных заводов США ежегодно в среднем выпускали около 1,9 млрд шт. молоди, Японии – 1,86 млрд шт.

Рыбоводные заводы России в этот период ежегодно выпускали в среднем более 900 млн шт. молоди лососей, Канада – более 300 млн шт., Южная Корея – около 15 млн шт. кеты (рис. 1).

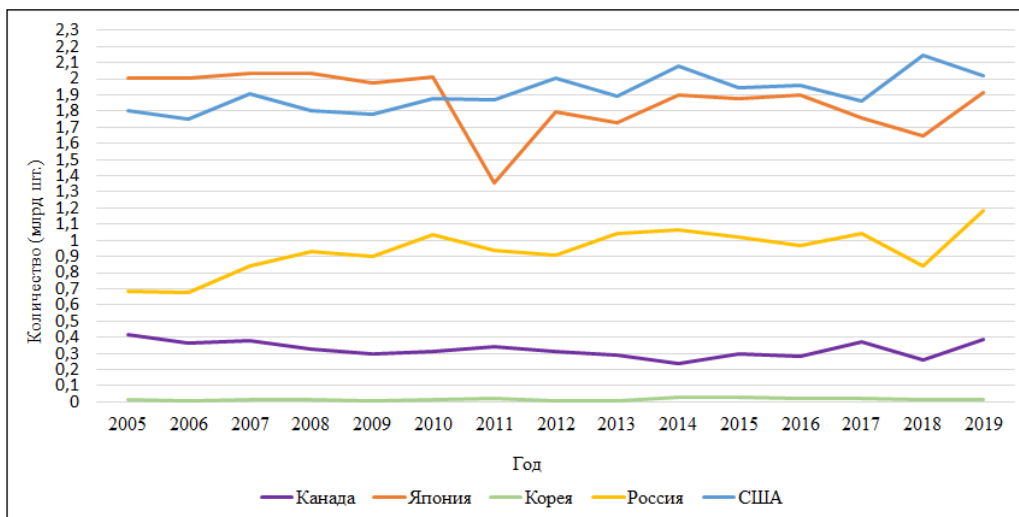


Рис. 1. Ежегодный выпуск молоди тихоокеанских лососей странами АТР (2005-2019 гг.), млрд шт.

Кета – самый массовый из шести видов тихоокеанских лососей, выпускаемый странами АТР в наибольших количествах, в среднем около 3 млрд шт. в год; количество выпускаемой симы наименьшее и составляет всего 12 млн шт. в год (рис. 2, рис. 3).

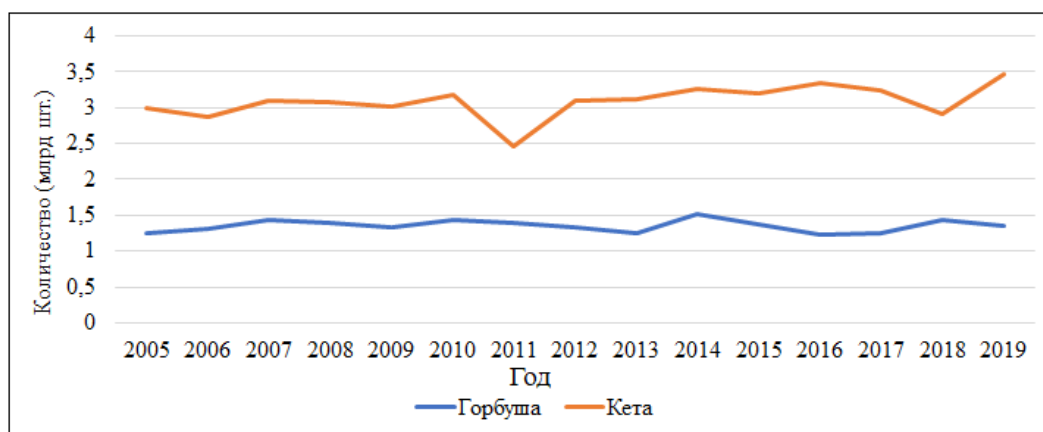


Рис. 2. Ежегодный выпуск молоди кеты и горбуши странами АТР (2005-2019 гг.), млрд шт.

Молоди горбуши страны АТР выпускают около 1,35 млн шт., нерки около 250 млн шт., чавычи около 248 млн шт., кижуча около 81 млн шт. ежегодно (рис. 2, рис. 3).

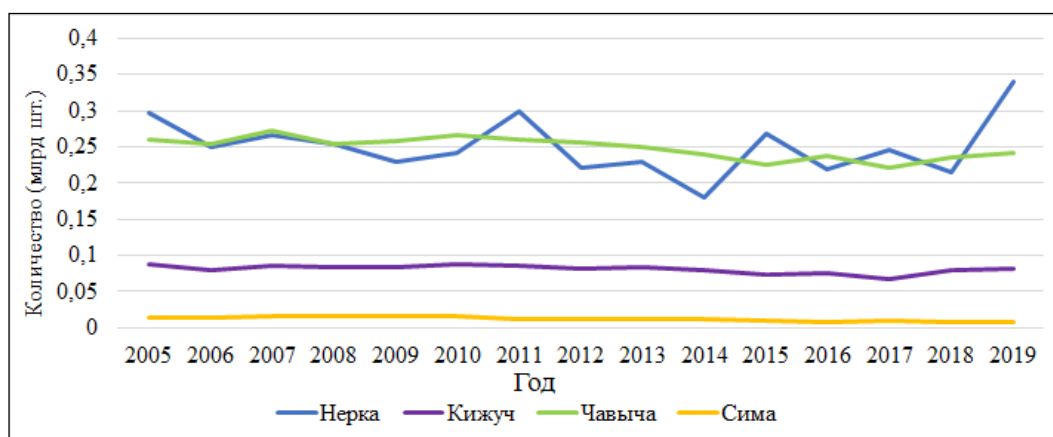


Рис. 3. Ежегодный выпуск молоди нерки, кижуча, чавычи и симы странами АТР (2005-2019 гг.), млрд шт.

За 15 лет ЛРЗ стран-участниц НРАФС выпустили 46332,432 млн шт. молоди кеты, 20262,330 млн шт. горбуши, 3758,154 млн шт. нерки, 3726,162 млн шт. чавычи, 1219,741 млн шт. кижуча и 182,327 млн шт. симы.

Отолитное маркирование молоди тихоокеанских лососей в странах Азиатско-Тихоокеанского региона

Отолитное маркирование производят во всех странах АТР, занимающихся искусственным разведением тихоокеанских лососей. В России, Японии, США, Южной Корее, Канаде для мечения тихоокеанских лососей применяют различные методы отолитного маркирования: термический и сухой методы и метод с использованием хлорида стронция и флуоресцентных включений.

Лидером среди стран Азиатско-Тихоокеанского региона по выпуску маркированной рыболовной продукции является США, с 2005 по 2019 год ежегодно в среднем выпускают 632,200 млн шт., Россия выпускает 210,709 млн шт., Япония 197,936 млн шт., Канада 33,690 млн шт., Корея - 5,293 млн шт. молоди лососей кеты (рис. 5).

В России молодь тихоокеанских лососей маркируют на ЛРЗ в Хабаровском и Приморском краях, Магадане, на Камчатке и в Сахалино-Курильском регионе.

В наибольших количествах метят лососей на Сахалине и Курильских островах, за 15 лет (с 2005 по 2019 гг.) выпустили 3962,91 млн шт., на Камчатке 356,269 млн шт., в Магадане 146,339 млн шт., в Хабаровске - 103,072 млн шт. маркированной молоди.

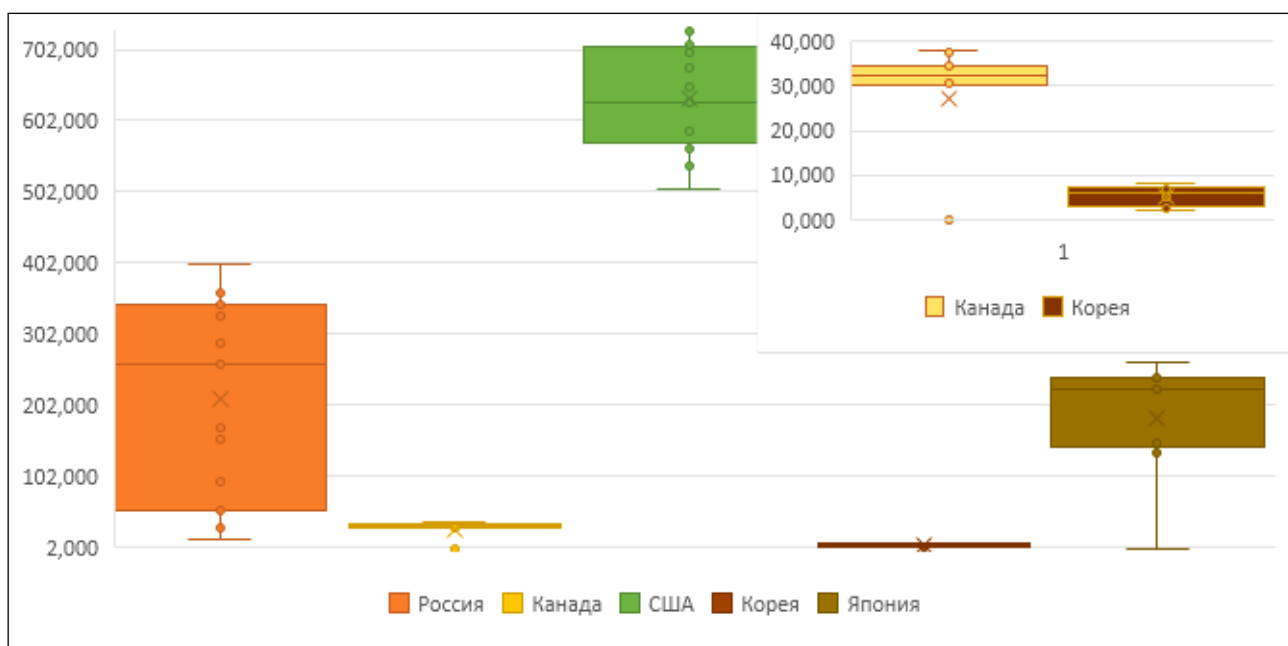


Рис. 4. Количество маркированной молоди кеты, ежегодно выпускаемой странами НРАФС в период с 2005 по 2019 гг., млн шт.

Второе место среди выпускаемой маркированной молоди тихоокеанских лососей принадлежит горбуше. Ежегодно США выпускают в среднем около 801 млн шт. маркированной молоди горбуши, Россия - 103 млн шт., Япония – более 39 млн шт., Канада - 5,5 млн шт.

Всего с 2005 по 2019 год страны Азиатско-Тихоокеанского региона в общем выпустили с ЛРЗ 31672,283 млн шт. маркированной молоди тихоокеанских лососей (рис. 5).

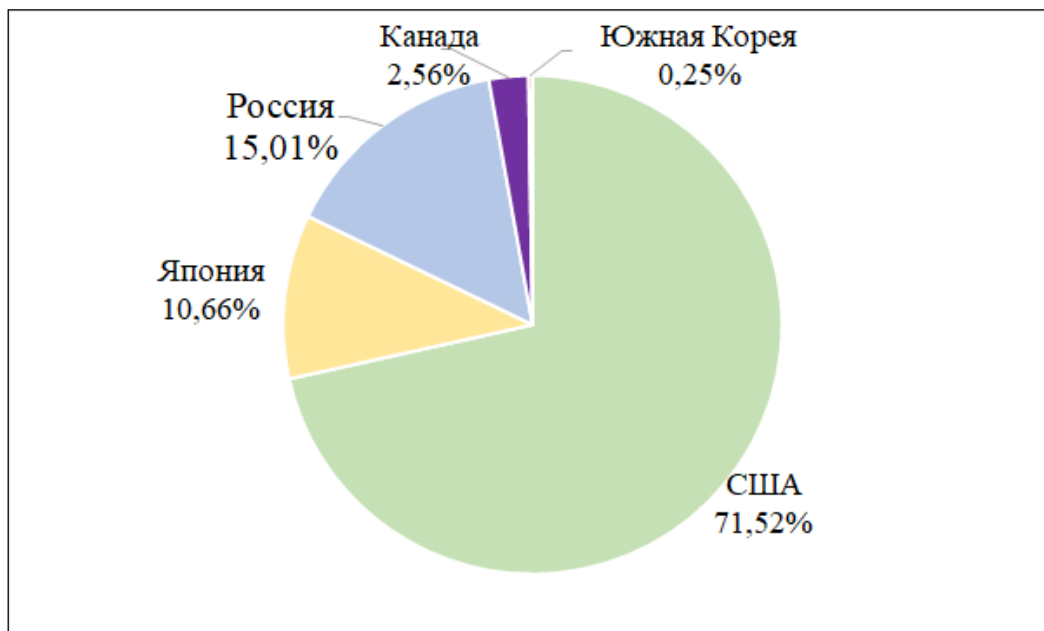


Рис. 5. Вклад отдельных стран-участниц NPAFC в общий выпуск маркированной молоди тихоокеанских лососей (2005-2019 гг.), %

Среди выпускаемой всеми странами молоди горбуши, количество маркированной составляет 69%, кеты - 34%, нерки и симы по 28%, кижуча 16%; из ста выпускаемых мальков чавычи только 11 штук имеют метку.

Количество выпускаемой молоди с ЛРЗ России с каждым годом увеличивается, растет и количество маркированной рыболовной продукции: с 2005 по 2009 год дальневосточные рыболовные предприятия в среднем выпускали по 806,628 млн шт., с 2010 по 2014 год - 995,335 млн шт., с 2015 по 2019 год - 1011,653 млн шт. молоди в год. При этом каждый третий малек, скатывающийся в прибрежье, сегодня имеет метку (рис. 6).

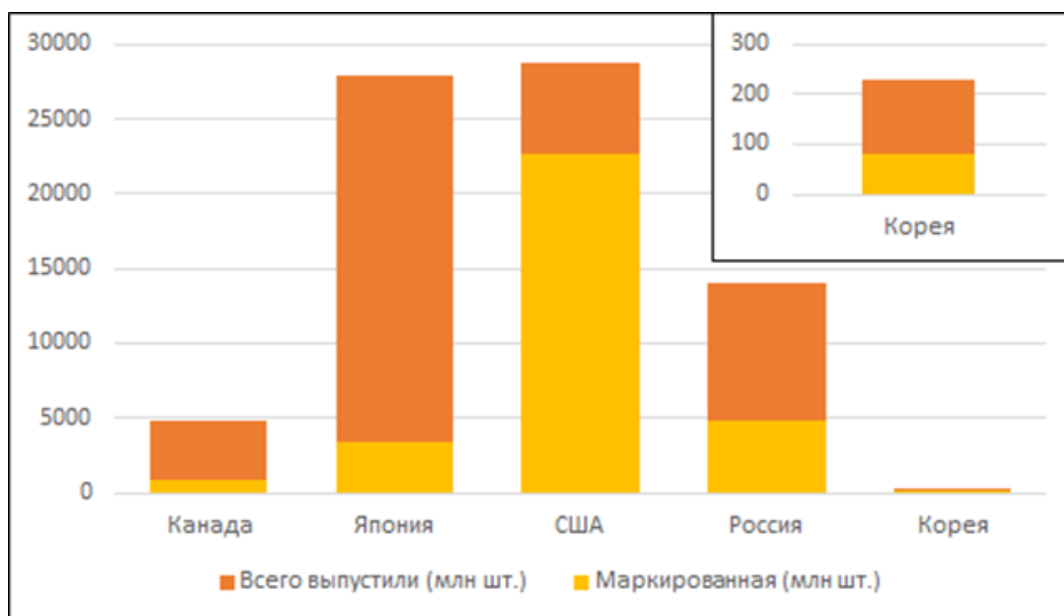


Рис. 6. Общее количество выпускаемой и маркированной молоди тихоокеанских лососей по странам с 2005 по 2019 год (млн шт.).

Заключение

Страны АТР - США, Япония, Россия, Канада и Южная Корея вносят значительный вклад в пополнение общих запасов тихоокеанских лососей в Северной Пацифике за счет выпускаемой с ЛРЗ молоди. Каждый год эти страны выпускают около пяти миллиардов штук мальков кеты, горбуши, нерки, кижуча, чавычи и симы. В настоящее время лидеры среди стран по выпуску молоди – США и Япония, каждая из которых выпускает около 1900,0 млн шт. молоди ежегодно. С рыбоводных заводов России ежегодно выпускают, в среднем, более 900,0 млн шт. молоди тихоокеанских лососей. При этом из всех дальневосточных регионов вклад ЛРЗ Сахалина и Курильских островов является самым значительным.

Для оценки эффективности работы лососевых рыбоводных заводов, определения доли каждой страны в общем выпуске, осуществления исследований, выпускаемую молодь метят. Страны-участницы НРАФС для массового мечения применяют один из наиболее перспективных способов – отолитное маркирование. В основном маркируют термическим и сухим методами, метод с использованием хлорида стронция применяют в США и метод флуоресцентных включений - в Японии. На некоторых лососевых рыбоводных заводах в США используют магнитные метки.

Среди молоди тихоокеанских лососей, ежегодно выпускаемой всеми странами АТР, около 42%, то есть более 2 млрд шт., скатываются в прибрежье с меткой. Среди выпущенной с ЛРЗ всех стран молоди метку имеет 69% горбуши, 34% кеты, по 28% нерки и симы, 16% кижуча и 11% чавычи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акиничева Е. Г., Рогатных А. Ю. Опыт мечения лососей на рыбоводных заводах посредством термического маркирования // Вопр. Ихтиол. – 1996. – Т. 36. – №5. – С. 696-698.
2. Афонич Р. Ф., Солдатова Е. В. Методы мечения рыб // М., ВНИРО, - 1967. – С. 8.
3. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – С. 376.
4. Annual report 2005 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2005/AR2005.pdf>/ свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
5. Annual report 2006 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2006/AR2006.pdf>/ свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
6. Annual report 2007 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2007/AR2006.pdf>/ свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
7. Annual report 2008 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2008/AR2008.pdf>/ свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
8. Annual report 2009 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2009/AR2009.pdf>/ свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
9. Annual report 2010 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2010/AR2010.pdf>/ свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
10. Annual report 2011 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2011/AR2011.pdf>/ свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
11. Annual report 2012 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2012/AR2012.pdf>/ свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
12. Annual report 2013 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2013/AR2013.pdf>/ свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).

13. Annual report 2014 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2014/AR2014.pdf/> свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
14. Annual report 2015 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2015/AR2015.pdf/> свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
15. Annual report 2016 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2016/AR2016.pdf/> свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
16. Annual report 2017 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2017/AR2017.pdf/> свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
17. Annual report 2018 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2018/AR2018.pdf/> свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
18. Annual report 2019 (Documents) [Электронный ресурс] / Электрон. дан. Режим доступа: <https://npafc.org/wp-content/uploads/Public-Documents/2019/AR2019.pdf/> свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.09.2021).
19. Pacific salmon in the United States/ C.E. Atkinson, J.H. Rose, T.O. Duncan // *Salmon of the North Pacific Ocean. Part IV. Comm. Bull. 23.* - 1967. - P. 43-223.
20. Mahnken C., Ruggerone G., Waknitz W., Flagg T. 1998. A Historical Perspective on Salmonid Production from Pacific Rim Hatcheries // *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull. No. 1.* - 1998. - P. 38-53.
21. Запорожец Г. В., Запорожец О. М. Лососевые рыболовные заводы Дальнего Востока в экосистемах Северной Пацифики. - Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2011. - 268 с.
22. White B. Alaska salmon enhancement program 2006 annual report. Alaska Department of Fish and Game, Fishery Management Report No. 07-04, Anchorage. - 2007. - 55 p.
23. White B. Alaska salmon enhancement program 2009 annual report. Alaska Department of Fish and Game, Fishery Management Report. No. 10-05, Anchorage. - 2010. - 53 p.
24. Working Group on Salmon Marking [Электронный ресурс] // Электрон. дан. - режим доступа: <http://wgosm.npafc.org/>, свободный - Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 29.04.2021)
25. MacKinlay D.D., Lehmann S., Bateman J., Cook R. Pacific Salmon Hatcheries in British Columbia // *American Fisheries Society Symposium*, 44. - 2004. - P. 57–75.
26. Cross C.L., Kling A.E., Lehmann S.J. A Preliminary Assessment of Canadian Enhanced Salmon Production, 1977 – 1992. Document submitted to the Annual Meeting of the North Pacific Anadromous Fish Commission, Vladivostok, Russia. October. - 1994. - 17 p.
27. Ожеро З., Фули Д.Н. Атлас «Тихоокеанские лососи»: первая картографическая оценка состояния лососей в Северной Пацифике. Владивосток, - 2009. - 166 с.
28. Naish K.A., Taylor J.E., Levin P.S., Quinn T.P., Winton J.R., Huppert D., Hilborn R. An Evaluation of the Effects of Conservation and Fishery Enhancement Hatcheries on Wild Populations of Salmon Advances // *Marine Biology*. Vol. 53- 2008. - P. 61-194.
29. Шевцова Э. Е. Разведение чавычи и кижуча за рубежом // *Экспресс-информация. Сер. Марикультура.* М.:ЦНИИТЭИРХ. Вып. 6. - 1987. - С.8-7.
30. Hiroi O. Historical Trends of Salmon Fisheries and Stock Conditions in Japan // *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull. No. 1.* - 1998. P. 23-27.
31. Nagata M., Miyakoshi Y., Kaeriyama M. Conservation principles of naturally spawning salmonids in Hokkaido, Japan // *State of the Salmon, Conference 2010: Ecological Interactions Between Wild And Hatchery Salmon*, 4-7 May 2010. Portland.
32. Seo H., Kim S., Kang S., Seong K. A new estimation of salmon return rate and its use in environmental studies // *Abstracts PISEC 14th annual meeting.* Vladivostok, Russia, Sept. 29 – Oct. 9. 2005. P. 124.
33. Seong K.B. Artificial propagation of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in Korea // *N.Pac. Anadr. Fish Comm. Bull. No. 1.* - 1998. - P. 375-379.
34. Бойко А.В. Экологические особенности искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в условиях современных рыболовных заводов Сахалинской области: дисс. канд. биол. наук по спец. 03.02.06 (Ихтиология).– Петрозаводск, 2014.– 166 с.

- 35.. Комбикорма и кормление тихоокеанских лососей в условиях низкой температуры воды/ С. В. Пономарев, Е.А. Гамыгин, Т.В. Югай, А.Г.Марсанова, В.С. Маслобойщиков // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ «Корма и кормление лососевых рыб в аквакультуре». М.: ВНИИПРХ. Вып. 62. – С. 3-19.
36. Из опыта работы Малкинского рыбоводного завода/ Н.С. Жидкова, Л.В. Сахаровская, Н.Я. Щербин // Рациональное использование ресурсов камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: Дальневост. книжн. изд-во, Камчатское отделение. 1988. – С. 64-80.
37. Инструкция по искусственному разведению приморской кеты в заводских условиях / В. Г. Марковцев; Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр (ТИНРО-центр). – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2012. – 46 с.
38. Официальная информация о рыбоводных предприятиях Приморского края по состоянию на 01.02.2020. Владивосток: Приморский филиал ФГБУ «Главрыбвод», 2020. – 2 с.
39. Запорожец Г.В., Запорожец О. М. Лососевые рыбоводные заводы Дальнего Востока в экосистемах Северной Пацифики. - Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 2011. - 268 с.
40. Официальный сайт ФГБУ «Главрыбвод» Северо-Восточный филиал. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://sv.glavrybvod.ru/rybovodnye-zavody/lrz-malki/>(дата обращения 15.09.2021 г.)

MODERN ASPECTS OF ARTIFICIAL BREEDING AND OTOLITHIC LABELING OF PACIFIC SALMON IN THE COUNTRIES OF THE ASIAN-PACIFIC REGION

Salimzyanova Karina Radikovna, undergraduate

Litvinenko Anna Vladimirovna, PhD. Biol. Sciences, associate Professor

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Sakhalin State University (SakhSU), Institute of Natural Sciences and Technosphere Safety, Department of Ecology, Biology and Natural Resources, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: salimzyanova_kr@mail.ru

The countries of the Asia-Pacific region: the USA, Japan, Russia, Canada, South Korea – annually release about 5 billion juveniles of six species of Pacific salmon; the largest number of them are chum salmon and pink salmon. More than 94 % of all fry released comes from salmon hatcheries in the USA, Japan and Russia. Among the juveniles of Pacific salmon released annually by all countries of the Asia-Pacific region, about 42 %, that is, more than 2 billion pieces, slide into the coastal area with a tag. Among juveniles released from hatcheries of all countries, 69 % of pink salmon, 34 % of chum salmon, 28 % of sockeye salmon and cherry salmon, 16 % of coho salmon and 11 % of chinook salmon have the tag. In this case, various methods are used, however, the most widespread is otolith marking.

АБИОТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ПРУДА ПЕЛАВСКОГО (КАЛИНИНГРАД) В ВЕГЕТАЦИОННЫЕ СЕЗОНЫ 2015-2017 ГГ.

¹Севостьянова Екатерина Александровна, аспирант

²Цупикова Надежда Александровна, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры ихтиологии и экологии

³Суэтина Олеся Сергеевна, ведущий инженер кафедры ихтиологии и экологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹lozitskaya.EA@yandex.ru; ²tsoupikova@klgtu.ru;
³olesya.bugranova@klgtu.ru

В работе анализируются абиотические факторы окружающей среды, предположительно имеющие влияние на развитие фитопланктона пруда Пелавского в 2015–2017 гг. Рассмотрены величина УФ-индекса, температура воды, концентрации азота аммонийного и фосфора фосфатов, межгодовая и сезонная динамики фитопланктона. Для выявления связей между исследуемыми параметрами проводились вычисления коэффициента корреляции со всеми указанными показателями, а также температурой воздуха и количеством атмосферных осадков.

Поддержание устойчивого функционирования водных экосистем на фоне растущей численности городского населения – одна из социальных и экологических проблем. Формирование устойчивости водных экосистем требует решения целого ряда управленческих, инженерных, научных и социальных проблем.

Пруд Пелавский является одним из немногих водоемов города Калининграда, который регулярно входит в перечень разрешенных к купанию и отдыху водоемов. В любое время года на берегах можно встретить рыболовов-любителей. Пруд является обводненным карьером, возникшим в середине XX века в результате добычи песчано-гравийных материалов. Благодаря происхождению, несмотря на свой небольшой размер, его глубины доходят до 9 м. Рельеф дна отличается резкой сменой глубин и большой крутизной подводно-берегового склона [1]. Карьерные водоемы чаще всего закрытого типа с небольшой площадью водосбора, из-за чего их водообмен и сами параметры воды сильно зависят от питающих вод, аккумуляции элементов, поступающих в процессе поверхностного стока и материала, возникающего в самом водоеме [2].

Возрастающий интерес к подобным водоемам обуславливает необходимость изучения динамики их экологического состояния и величины антропогенной нагрузки. Для оценки этих параметров могут быть использованы показатели численности и биомассы фитопланктона, а также ряд гидрохимических показателей. Они во многом определяют трофические характеристики и устойчивость прудов и озер к внешним условиям, меняющиеся в процессе их эволюции.

Для изучения показателей фитопланктона и параметров окружающей среды и оценки возможных зависимостей между ними проводился отбор гидрохимических и альгологических проб в поверхностном слое литоральной зоны с помощью мерного сосуда на четырех станциях (рис. 1) в соответствии с официальными рекомендациями [3].

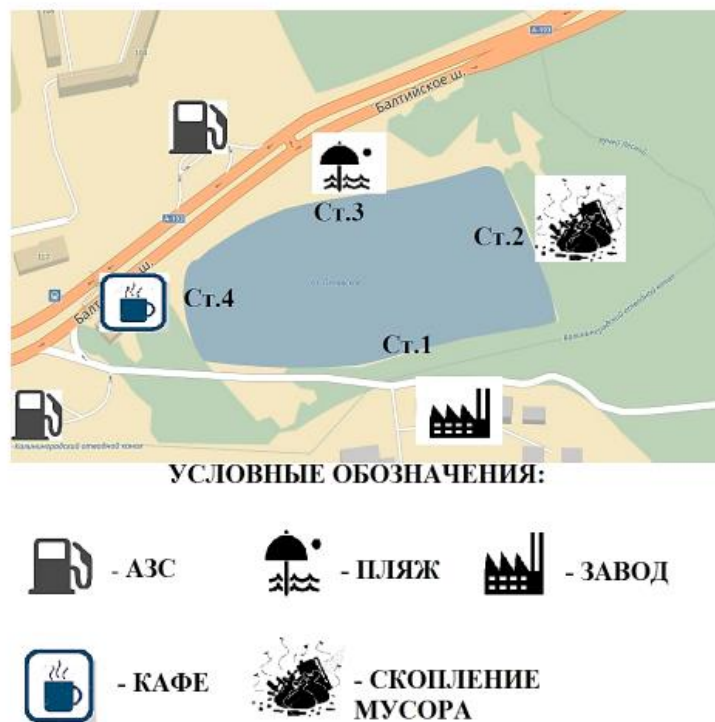


Рис. 1. Станции мониторинга гидрохимических и гидрологических показателей

Обработку фитопланктона проводили по стандартным гидробиологическим методикам [4-5].

Фитопланктон

За представленный период исследования в пруду Пелавском выявлено 160 таксонов водорослей из девяти отделов. Преобладающими отделами были Chlorophyta – 79 таксонов (49,38 %), Bacillariophyta – 27 (16,88 %), Cyanoprokaryota – 19 (11,88 %). На долю остальных отделов приходилось 7 % и менее (рис. 2).

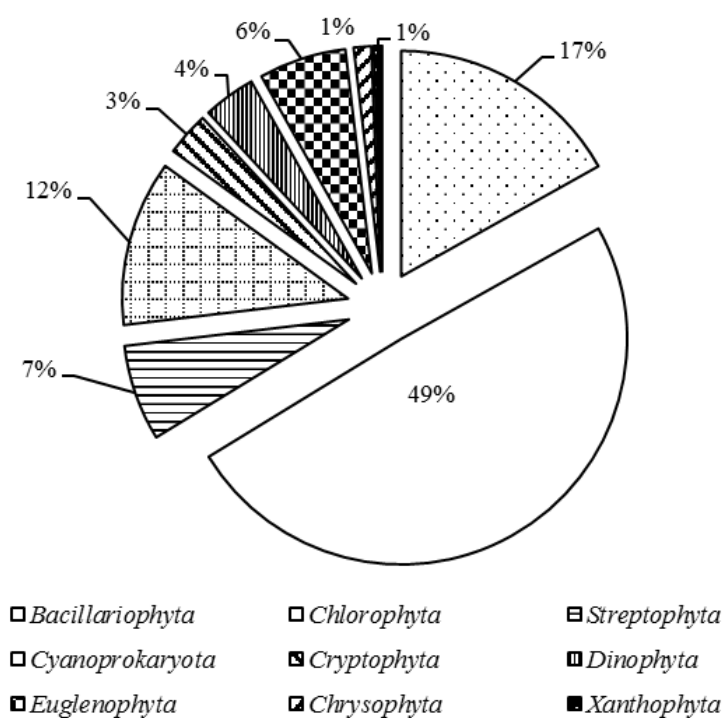


Рис. 2. Распределение отделов фитопланктона

Распределение фитопланктона по видам отличалось в рассматриваемые 2015-2017 гг. (рис. 3), что уже отмечалось ранее [6]. Распространение видов в 2016 г. было более равномерное в течение всего лета по сравнению с другими годами. В 2015 г. число видов изменялось скачкообразно с всеобщим максимумом в октябре – 73 таксона. В 2017 г. отмечалось общее снижение видового разнообразия альгофлоры пруда Пелавского. В 2015 г. и 2016 г. среднее число обнаруженных видов было близким – 62 и 61 соответственно. В 2017 г. среднее видовое обилие резко сократилось до 43 видов.

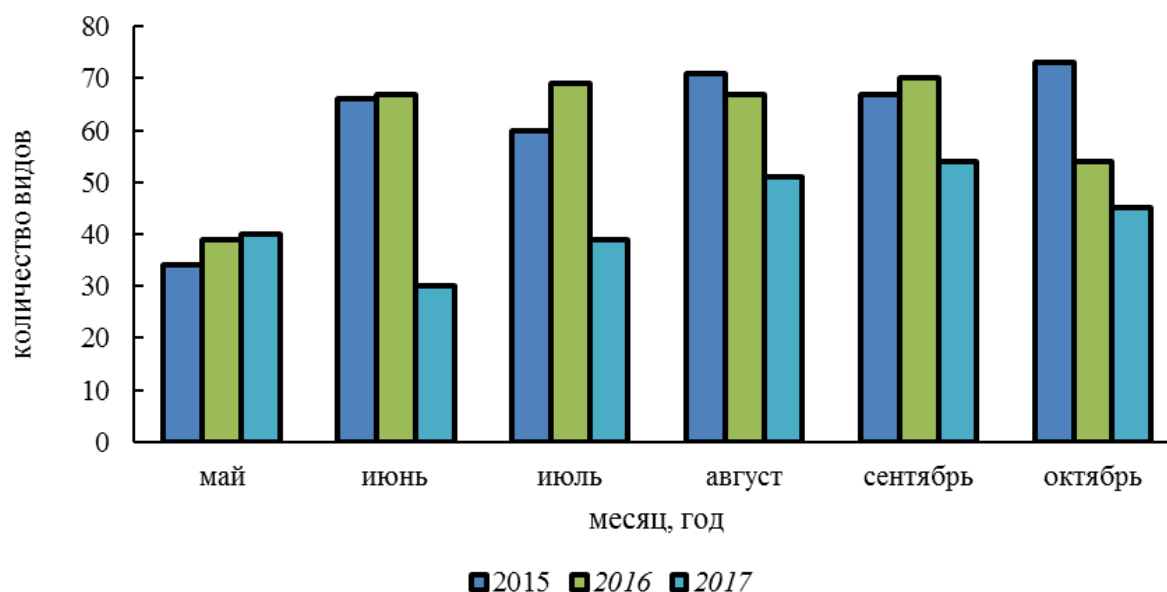


Рис. 3. Динамика видового обилия фитопланктона в 2015-2017 гг.

Выявлены существенные различия в ходе биомассы и численности между представленными периодами (рис. 4). Среднее значение биомассы за вегетационный период было наибольшим в 2015 г. – около 10 мг/л, в 2016 г. ее значение снизилось практически в два раза, в 2017 г. вновь приблизилось к величине 2015 г. Среднее значение численности фитопланктона отчетливо изменилось в 2016-2017 гг. В 2015 г. ее величина составляла около 140 млн. кл/л, а в последующие годы – не более 35 млн. кл/л.

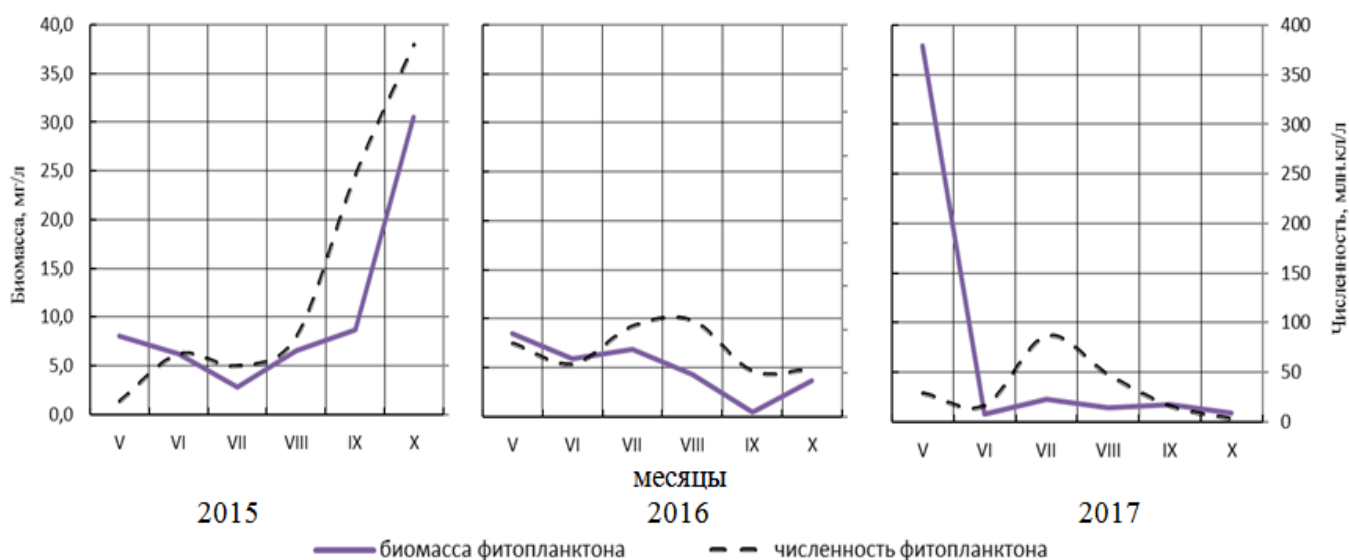


Рис.4 Численность и биомасса фитопланктона в 2015-2017 гг.

В 2015-2016 гг. явно прослеживалась связь роста численности и увеличения биомассы альгофлоры пруда Пелавского. В 2016 г. ход численности и биомассы в целом был более сглажен, с небольшим увеличением в летний период и сильным снижением биомассы в октябре. Численность фи-

топланктона в 2017 г. изменялась схоже с 2016 г., но со смещением пика численности на июль. Биомасса достигла максимальных значений в мае (около 40 мг/л) – максимум за весь период наблюдения, после чего резко упала до минимальных показателей, сохранившихся до конца вегетационного периода.

Абиотические факторы среды

Среди множества природных факторов для фитопланктона наиболее важны свет и температура. Продуктивность фитопланктона в большой степени зависит от количества энергии солнечной радиации, ее сезонных и межгодовых изменений. Калининградский климат отличается в целом большими сезонными различиями в количестве солнечной радиации с небольшой амплитудой температуры воздуха.

В рассматриваемый период величина УФ-индекса варьировала от 3,5 до значений, близких к 8 (рис. 5). Отслеживались различия в изменении индекса в летнее время, осенью ситуация схожа. В 2015 и 2016 гг. пики ультрафиолетового излучения наблюдались в конце июня и начале июля, в 2017 г. в его изменении отмечался растянутый на все лето максимум значений со значительным разбросом величин. УФ-индекс оказывает влияние на земные и водные экосистемы. От него зависит величина прироста биомассы, фотосинтез, изменение во взаимодействии между видами, а также развитие фитопланктона [7]. Анализируемая альгофлора водоема отобрана из поверхностного слоя водоема, особенно подверженного воздействию солнечной радиации. Это подтверждает средняя и высокая связь рассматриваемого показателя как с численностью, так и с биомассой альгофлоры во все периоды наблюдений.

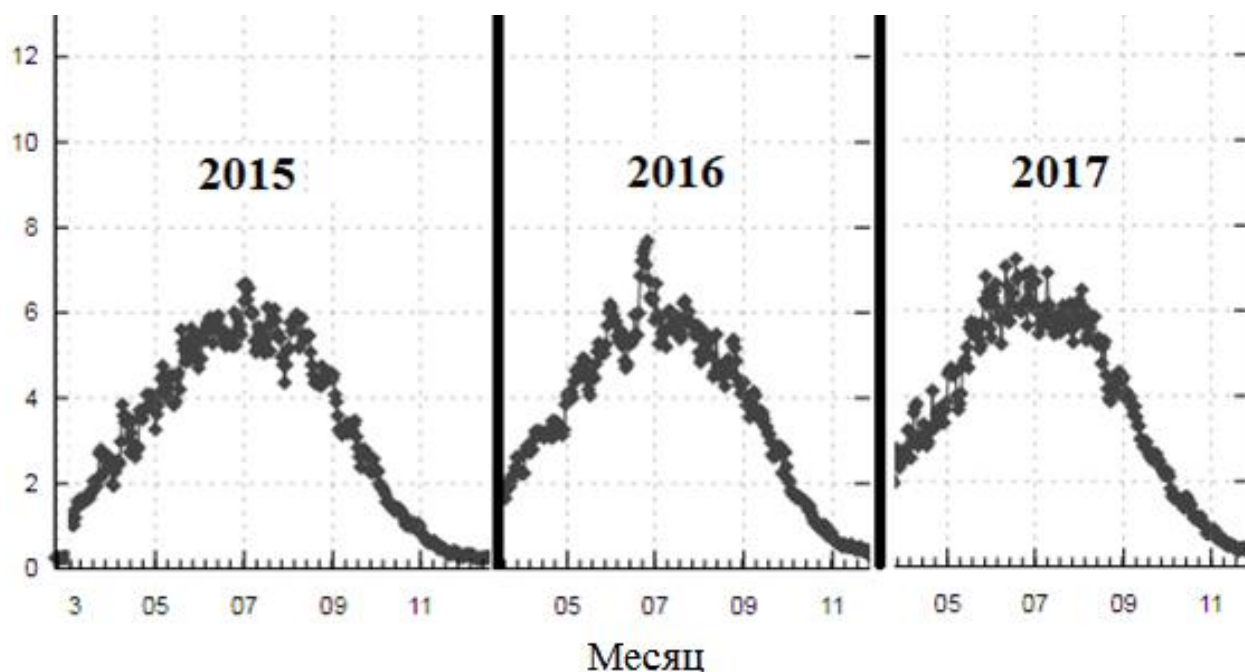


Рис. 5. Величина УФ-индекса в Калининграде в 2015-2017 гг. (по материалам [8])

С ростом температуры воды интенсивность потребления кислорода населяющими ее организмами возрастает, а фотосинтетическая аэрация становится главным источником поступления кислорода в толщу воды [9]. Воды пруда Пелавского в 2017 г. были лучше прогреты во все сезоны (рис. 6), с мая по август температура воды не опускалась ниже 20 °С. В другие годы температура переходила двадцатиградусную отметку только в июне. Наиболее плавный ход, без резких пиков, фиксировался в 2016 г. Широко известно положительное влияние температуры на рост численности фитопланктона. В водах пруда отмечалось возрастание численности фитопланктона за счет постепенного усиления роли в нем мелкоклеточных форм (в частности, цианопрокариот) во все рассматриваемые периоды.

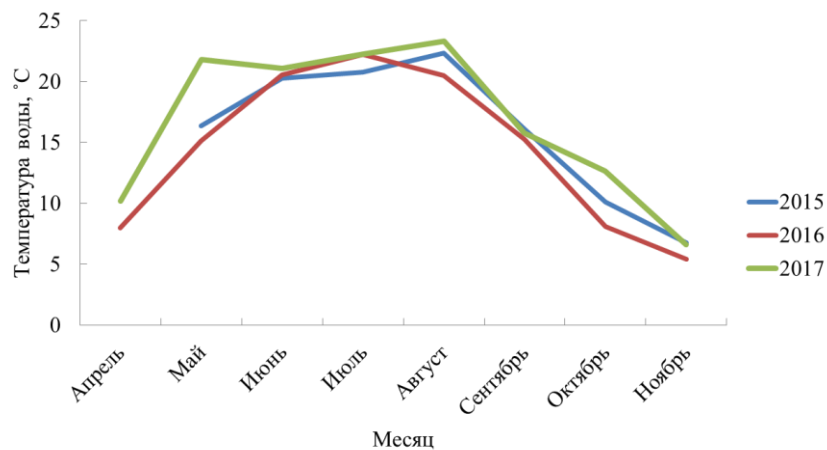


Рис. 6. Динамика температуры воды в 2015-2017 гг.

Формированию описанного распределения фитопланктона способствовало высокое содержание биогенных элементов в воде, в частности, азота аммонийного (рис. 7). Его концентрации многократно превышали допустимые в 2015 и 2016 гг., что создавало благоприятные условия для развития определенных отделов фитопланктона и увеличению их численности и биомассы (рис. 8). Особенно велика роль азота аммонийного в 2015 г, когда прослеживался высокий и очень высокий уровень связи (более 0,8) элемента с численностью и биомассой. В последующие годы корреляция была заметно ниже и характеризовалась как слабая и очень слабая. В 2017 г. азота аммонийного намного меньше, наблюдался только один высокий пик его содержания в августе на всех станциях, что возможно, стало ответной реакцией на подготовительные работы по открытию вейк-парка на пляже водоема, в результате чего покрытие пляжа изменилось с травянистого на песчаное.

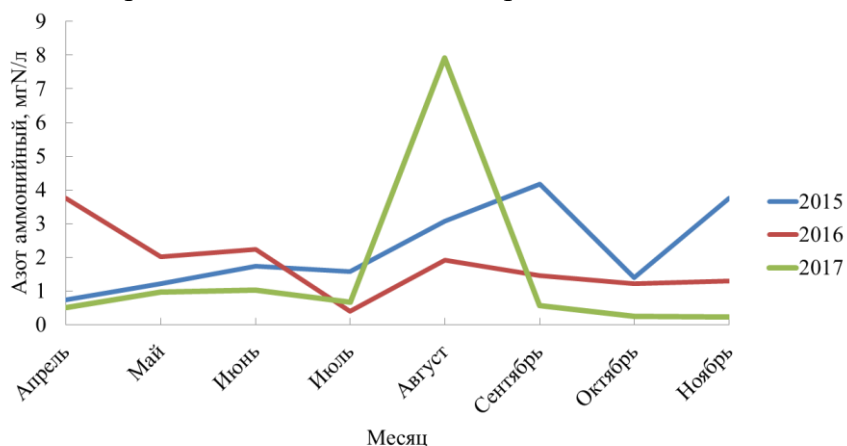


Рис. 7. Азот аммонийный (мгN/л) в 2015-2017 гг.

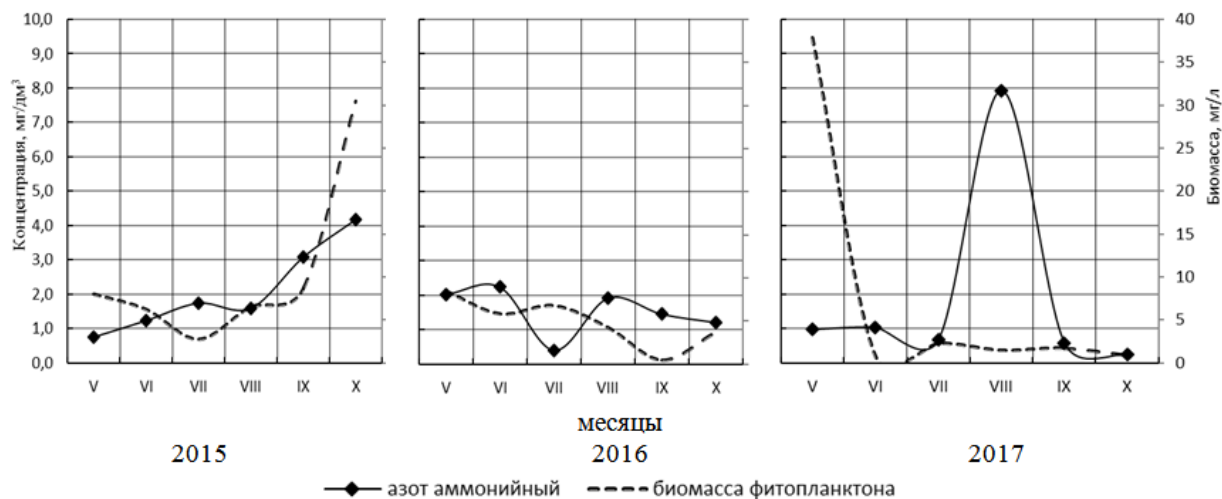


Рис.8. Динамика азот аммонийного(мгN/л) и биомассы фитопланктона в 2015-2017 гг.

Во время роста и при разложении зоопланктон и фитопланктон выделяют различные органические вещества, которые всплывают на поверхность и образуют тонкие биогенные плёнки, с чем, вероятно, связано увеличение содержания фосфора фосфатов. Ежегодно осенью наблюдался рост концентрации фосфатов до значений 0,15-0,20 мгР/л (рис. 9).

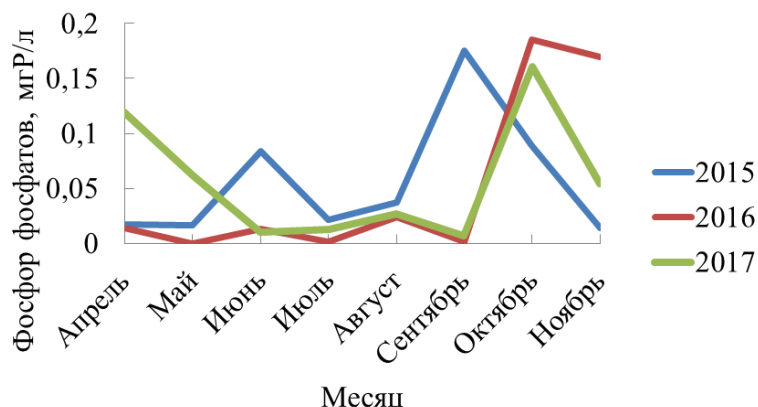


Рис. 9. Фосфор фосфатов(мгР/л) в 2015-2017 гг.

В этот же период наблюдалось увеличение численности и биомассы фитопланктона, что, вероятно, по-видимому, обусловлено снижением воздействия зоопланктона на фитопланктон из-за отмирания первого [10]. В 2015 г. положительная сила связи между изменениями содержания фосфора фосфатов и биомассы, численности фитопланктона была особенно заметна (коэффициент корреляции более 0,7). Подобно азоту аммонийному, в 2016-2017 гг. корреляция была слабая, что может свидетельствовать о возрастании роли другого фактора в увеличении численности и биомассы фитопланктона. Например, полученные данные по биомассе 2017 г. хорошо коррелировали с суммой атмосферных осадков, температурой воздуха и УФ-индексом, тогда как в 2016 г. связь характеризовалась только как умеренная, а с осадками – слабая.

Выводы

1. Фитопланктон пруда Пелавского в рассматриваемый промежуток представлен 160 таксонами водорослей, с преобладанием отдела Chlorophyta. Наблюдались межгодовые различия в распределении фитопланктона, отмечено выраженное снижение видового обилия альгофлоры с каждым годом. Среднее число видов снижалось от 62-61 видов в 2015-2016 гг. до 43 в 2017 г.

2. В 2015 г. численность и биомасса альгофлоры особенно хорошо коррелировали со всеми биогенными элементами, концентрация которых также возрастала к осени. В следующие годы эта связь прослеживалась слабее, что, вероятно, обусловлено усилением влияния другого фактора на развитие фитопланктона. Так, была отмечена умеренная и высокая сила связи по динамике показателей фитопланктона с осадками, температурой воздуха и УФ-индексом. Средние значения биомассы фитопланктона были схожи между собой в 2015 и 2017 гг., в основном благодаря аналогичным пикам развития водорослей в октябре 2015 г. и мае 2017 г. В 2016 г. таких резких изменений концентрации фитопланктона не наблюдалась, из-за чего средневегетационное значение биомассы было ниже. Среднее значение численности фитопланктона достигало своего максимума в 2015 г., а в последующие годы снизилось почти в пять раз. 2016-2017 гг. отличались близким ходом численности, с плавным увеличением в летний период и снижением к осени.

3. Формированию описанного состояния фитопланктона способствовали благоприятствовавшие его росту факторы окружающей среды. За все периоды наблюдения температура воды (с мая по октябрь) практически не опускалась ниже 10 °С. Ранний прогрев вод (температура воды в момент отбора проб в мае всегда была не ниже 15 °С) способствовал активному развитию фитопланктона в конце весны и начале лета. В тоже время увеличение УФ-индекса до 8, могло ингибировать рост водорослей, особенно более подверженного воздействию солнечной радиации фитопланктона поверхностных вод. Это могло стать причиной снижения показателей численности и биомассы летом 2016 и 2017 гг.

4. Динамика фитопланктона определяется многими процессами, такими как рост, естественная смертность, оседание, выедание зоопланктоном. Химические условия в пруду Пелавском также благотворно влияли на рост фитопланктона. Биогенные элементы, в частности азот и фосфор, являются необходимой составляющей для развития альгофлоры. Концентрации азота аммонийного на протяжении всего периода исследований были повышены. Увеличение содержания фосфора фосфатов всегда наблюдались в осенний период. Оба элемента хорошо коррелировали с фитопланктоном в 2015 г., в последующие годы связь ослабевала, что могло быть связано с усилением влияния других форм азота и фосфора или других абиотических, а также биотических факторов, например, зоопланктона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морфометрические характеристики пруда Пелавского (г. Калининград) / Н.А. Цупикова, Е.А. Лозицкая, А.В. Алдушин // Научный журнал «Известия КГТУ». 2018. № 49. – С. 55-66.
2. Карьерные водоемы как лимнистические системы / С.А. Хомич // Электрон. дан. Режим доступа URL: https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/52008/1/khomich_vestnik_BGU_n1_1986.pdf (дата обращения: 14.09.2021).
3. Р 52.24.353-2012 Рекомендации отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096368>
4. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. – Москва: Наука, 1975. – 240 с.
5. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. – Ленинград: Гидрометеоз-дат, 1983. – 318 с.
6. Динамика развития фитопланктона пруда Пелавского (г. Калининград) в вегетационные сезоны 2015-2016 гг/ Бугранова О.С., Цупикова Н.А., Лозицкая Е.А.// V Балтийский морской форум. Всероссийская научная конференция. Труды. 2017. – С. 237-242.
7. Чубарова, Наталья Евгеньевна, Ультрафиолетовая радиация у земной поверхности .. автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. – Москва, 2007. – 49 с.
8. Weather Online // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.pogodaonline.ru/weather/maps/city?LANG=ru&WMO=26702&ART=UVINDEX&CONT=ru-u&R=0&LEVEL=150®ION=0006&LAND=RS&NOREGION=1&MOD=&TMX=&TMN=&SON=&PRE=&MONAT=&OFFS=&SORT> (дата обращения: 17.09.2021).
9. Девяткин В.Г., Метелева Н.Ю. О роли фитопланктона в формировании кислородного режима водоема в связи с климатическими вариациями//ВОДА: ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ. – №12. – С. 68-74.
10. Крючкова Н.М. Трофические взаимоотношения зоо- и фитопланктона. – М.: Наука, 1989. – 124 с.

ENVIRONMENTAL OF PHYTOPLANKTON IN THE PELAVSKY POND (KALININGRAD) DURING GROWING SEASON IN 2015–2016

¹Sevostianova Ekaterina Aleksandrovna, PhD student

²Tsoupikova Nadezhda Aleksandrovna, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of Ichthyology and Ecology Department

³Suetina Olesya Sergeevna, Main engineer of the Department of Ichthyology and Ecology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,

e-mail: ¹Lozitskaya.EA@yandex.ru; ²tsoupikova@klgtu.ru; ³olesya.bugranova@klgtu.ru

The paper analyzes abiotic environmental factors, presumably having an impact on the development of phytoplankton in the Pelavsky pond in 2015-2017. The value of the UV index, water temperature, ammo-

nium nitrogen and phosphorus phosphates, interannual and seasonal dynamics of phytoplankton are considered. To establish relationships between the parameters under consideration, the correlation coefficient was calculated with all the indicated indicators, as well as the air temperature and precipitation.

УДК 639.2.053.7

СЕВЕРНЫЙ ВОЛОСОЗУБ *TRICHODON TRICHODON* (TRICHODONTIDAE) – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ ПРИБРЕЖНОГО РЫБОЛОВСТВА В ПРИКАМЧАТСКИХ ВОДАХ ОХОТСКОГО МОРЯ

Токранов Алексей Михайлович, д-р биол. наук, старший научный сотрудник

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия, tok_50@mail.ru

*На основании обобщения собранных в 1979–2002 гг. материалов и имеющихся литературных данных, приведены сведения о распределении, биологии и состоянии запасов одного из малоизученных на сегодняшний день в прикамчатских водах Охотского моря видов прибрежных рыб – северного волосозуба *Trichodon trichodon*, ресурсы которого в настоящее время совершенно не используются. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что северный волосозуб в прикамчатских водах Охотского моря является потенциальным объектом прибрежного рыболовства, ежегодная величина возможного вылова которого может достигать около 5 тыс. тонн.*

Прикамчатские воды Охотского моря характеризуются высокой биопродуктивностью, в связи с чем, являются районом широкомасштабного экспедиционного и прибрежного рыболовства. Однако, наряду с такими традиционными объектами промысла как лососи, сельдь, минтай, треска, навага и камбалы [1], по оценке специалистов рыбохозяйственных институтов, здесь достаточно велики ресурсы рыб прибрежного комплекса, которых можно отнести к категории нетрадиционных потенциальных объектов рыболовства. Один из них - северный или обыкновенный волосозуб *Trichodon trichodon*, запасы которого сегодня совершенно не используются. При рациональной эксплуатации ресурсов этого представителя ихтиофауны в перспективе он мог бы быть заметным дополнением к уже существующему набору промысловых объектов прикамчатских вод. С начала 1960-х годов Камчатским отделением ТИНРО (с 1992 г. – Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, а в настоящее время – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии - КамчатНИРО) на западнокамчатском шельфе практически ежегодно в летние месяцы выполняются учётные траловые съёмки в батиметрическом диапазоне 10-200 м. Анализ результатов 14 таких съёмок за 1979-2002 гг. (более 1300 донных тралений на участке от 51°15' до 57°20' с. ш., глубины 11-100 м), в семи из которых автор принимал непосредственное участие, дает возможность охарактеризовать пространственно-батиметрическое распределение и размерный состав северного волосозуба в шельфовых водах Западной Камчатки, а совместно с привлечением имеющихся литературных данных – получить представление о его биологии и оценить биомассу.

Северный волосозуб - широкобореальный тихоокеанский представитель ихтиофауны, который широко распространён в Северной Пацифике. У азиатского побережья он известен от берегов Хоккайдо до Берингова пролива, включая северо-восточную и восточную части Охотского моря, тихоокеанские воды Курильских, Командорских островов и Восточной Камчатки, а у американского - от зал. Аляска на юг до Центральной Калифорнии и у Алеутских островов [2-10]. В большинстве районов своего обитания (в том числе у берегов Камчатки) этот вид является обычным или даже многочисленным [6].

Хотя в 1979-2002 гг. северный волосозуб встречался по всей обследованной акватории от 51°15' до 57°20' с.ш., преобладающая доля его запаса (свыше 84% по биомассе) отмечена в южной части западнокамчатского шельфа (южнее 54°00' с.ш.) (рис. 1, табл. 1). В основном здесь же зарегистрированы и максимальные уловы этого вида – до 1482-1862 кг за часовое траление. Поскольку северный волосозуб способен в дневное время зарываться в песок, величина его уловов, по-видимому, даёт заниженное представление о фактической численности и биомассе данного представителя ихтиофауны в прикамчатских водах Охотского моря.

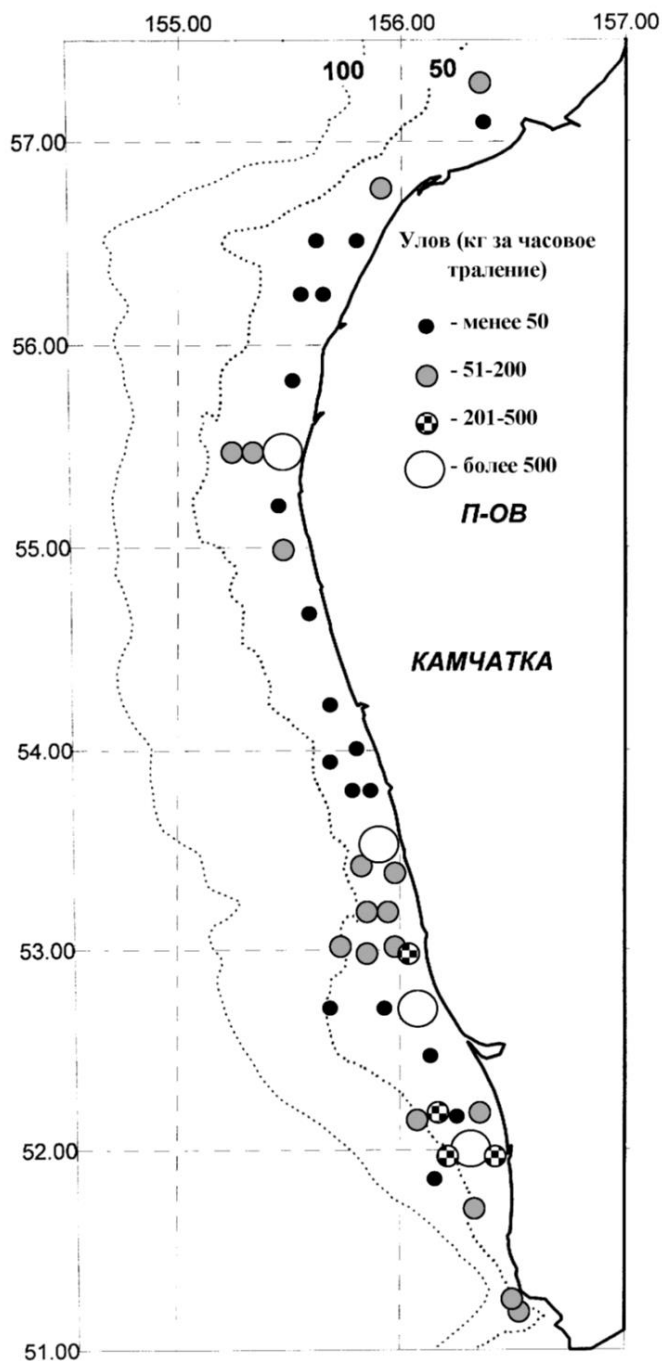


Рис. 1. Распределение северного волосозуба в прикамчатских водах Охотского моря в июне-августе 1979-2002 гг. Пунктирной линией отмечены изобаты 50 и 100 м.

Относительная величина уловов (в %) северного волосозуба на разных участках западнокамчатского шельфа (глубины 11–100 м) в прикамчатских водах Охотского моря (июнь-август, 1979-2002 гг.)

Показатель	Координаты участков, с. ш.						
	южнее 52°00'	52°00'– 53°00'	53°00'– 54°00'	54°00'– 55°00'	55°00'– 56°00'	56°00'– 57°00'	севернее 57°00'
Относительная величина уловов, %	32,6	38,0	13,8	1,0	10,6	1,6	2,4
Общее число тралений	165	228	177	219	279	126	120

По современным представлениям, северный волосозуб входит в состав элиторального ихтиоцены [5-7, 9], представители которого в течение всего года обитают главным образом в шельфовых водах. Поимки этого волосозуба в пределах его географического ареала достоверно известны в батиметрическом диапазоне 0-375 м [11], хотя в дальневосточных морях он в течение всего года обитает преимущественно на глубинах менее 150 м, не встречаясь глубже 250 м [5-7, 9, 10, 12]. Согласно нашим данным, в прикамчатских водах Охотского моря в июне-августе 1979-2002 гг. северный волосозуб держался главным образом в зоне прибрежного мелководья (до 30-50 м) на участках с песчаными и песчано-илистыми грунтами. За все годы наблюдений на глубине свыше 50 м здесь в эти месяцы зарегистрированы лишь два случая его поимки.

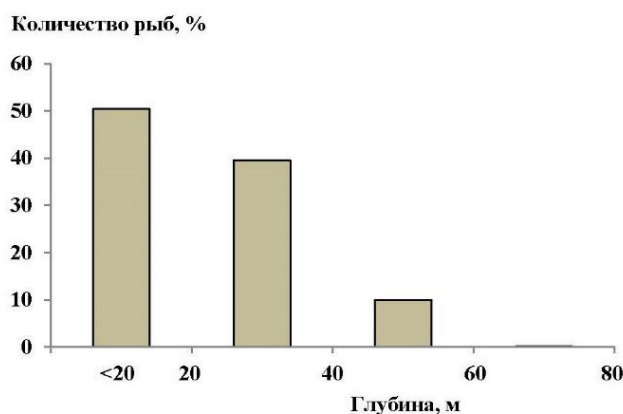


Рис. 2. Батиметрическое распределение северного волосозуба в прикамчатских водах Охотского моря в июне-августе 1979-2002 гг.

Согласно литературным данным, максимальные размеры северного волосозуба достигают 32 см, а масса тела - 230 г [10, 12, 13], но в уловах чаще всего встречаются особи длиной 16-22 см и массой 90-140 г [8, 14,15]. В период с 1979 по 2002 гг. в прикамчатских водах Охотского моря в траловых уловах во время выполнения учётных съёмки зарегистрированы рыбы размером от 12,5 до 26 (в среднем $18,5 \pm 0,2$ см) см с массой тела 24-180 г, однако доминировали особи длиной 14-18 см, доля которых составляла более 45% (рис. 3). Сопоставление размерного состава северного волосозуба из различных орудий лова (табл. 2) позволяет сделать вывод, что в летние месяцы в прибрежной зоне обитают как его взрослые особи, так и молодь размером от 6 до 26 см. Если в дрейфтерные сети попадают преимущественно крупные рыбы длиной от 20 до 26 см, доля которых в уловах составляет более 86%, то донным тралом с ячей в кутке 30 мм облавливаются и более мелкие особи, в связи с чем, размерный ряд имеет две хорошо выраженные вершины – 14-18 (40,3%) и 20-24 (37,9%) см. При наличии в кутке трала 10-миллиметровой вставки, доля крупных экземпляров северного волосозуба в уловах заметно сокращается, а их основу составляют более мелкие особи длиной 14-20 см (73,1%). И, наконец, мальковым тралом, используемым для учёта скатившейся в море молоди тихоокеанских лососей, вылавливается главным образом северный волосозуб длиной 10-14 см (65,2%), тогда как крупные рыбы (более 22 см) в уловах вообще не встречаются.

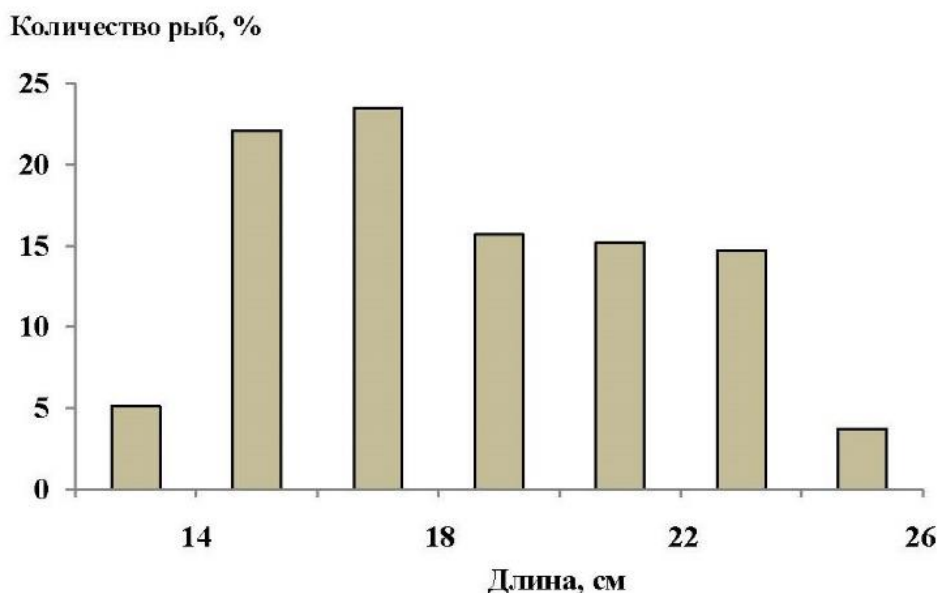


Рис. 3. Размерный состав северного воллосозуба в траловых уловах в июле-августе во время выполнения учётных съёмов в прикамчатских водах Охотского моря в ($n = 217$, $M = 18,5 \pm 0,2$ см)

Таблица 2

Размерный состав (%) северного воллосозуба в различных орудиях лова в прикамчатских водах Охотского моря

Орудие лова	Длина, см										N, экз.	M±m
	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24	25-26		
1						3,6	10,9	32,7	45,5	7,3	55	21,8±0,2
2				4,1	17,7	22,6	12,1	19,4	18,5	5,6	124	19,1±0,3
3				6,4	28,0	24,7	20,4	9,7	9,7	1,1	93	17,6±0,3
4	2,2	2,2	41,3	23,9	6,5	-	13,0	10,9			46	13,7±0,6

Примечание: 1 – дрейферные сети (по Миневой [14]), 2 - донный трал с ячейей в кутке размером 30 мм (наши данные, 1979 г.), 3 - донный трал со вставкой в кутке с ячейей размером 10 мм (по Степанюк [15] с нашими изменениями), 4 – мальковый трал (по Карпенко, Виноградской [13] с нашими изменениями)

В ряде предыдущих публикаций по биологии северного воллосозуба [13-15] указано, что его самки заметно крупнее самцов. Анализ имеющихся в нашем распоряжении материалов свидетельствует, что этому виду, очевидно, свойственен второй тип размерно-половых соотношений по Д.Ф. Замахаеву [16], у представителей которого самцы мельче самок, созревают в более раннем возрасте (что ведёт к заметному увеличению их доли в нерестовой части популяции) и отличаются меньшей продолжительностью жизни. Среди крупных особей северного воллосозуба относительное количество самок резко увеличивается, достигая 100% у рыб длиной свыше 22 см (рис. 4).

Имеющиеся на сегодняшний день сведения о размножении северного воллосозуба довольно ограничены. Как известно [10], половозрелым этот вид становится на третьем году жизни. Согласно литературным данным, его нерест происходит в зимний период в зоне прибрежного мелководья (глубины менее 10 м) на каменистых участках дна [17], где самки откладывают на водоросли до 1000 крупных икринок в виде кладок различной формы. Развитие появившихся из икры личинок первоначально протекает в пелагиали, позднее они опускаются в придонные горизонты [18, 19].

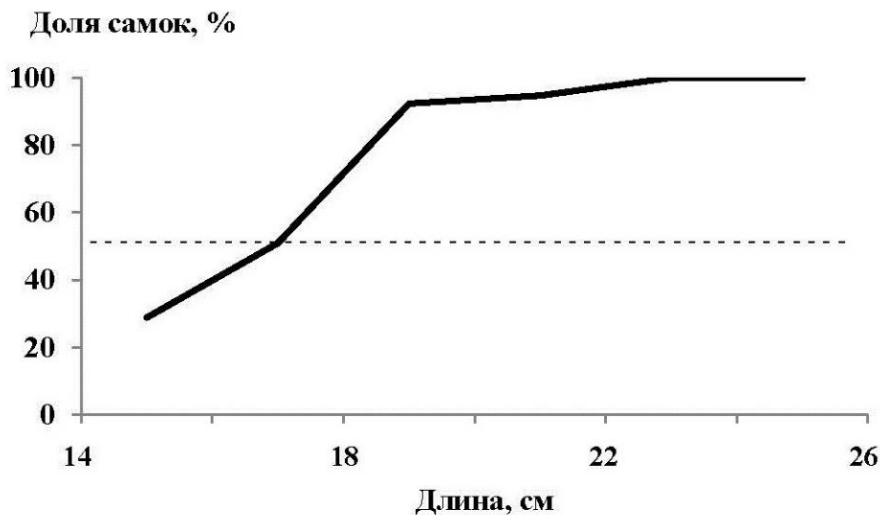


Рис. 4. Относительная доля самок (%) северного волосозуба в прикамчатских водах Охотского моря ($n = 148$)

Основными объектами питания северному волосозубу в различных районах его обитания служат ракообразные (главным образом, мизиды, эвфаузииды, гиперииды и мелкие креветки), а также личинки и молодь различных рыб, среди которых, как правило, доминируют мойва *Mallotus villosus catervarius* и дальневосточная песчанка *Ammodytes hexapterus* [10, 13, 20-23]. В период нагула в летние месяцы в питании северного волосозуба отмечается два пика активности: первый (максимальный) — в полночь, второй — в полдень. В ночные часы он потребляет преимущественно эвфаузиид, в дневные — личинок и молодь мойвы, песчанки и других рыб [23].

Согласно оценкам, выполненным по результатам донных учётных траловых съёмок, биомасса северного волосозуба в прикамчатских водах Охотского моря в различные годы варьировала от 1 до 15,5 тыс. тонн [24, 25]. Однако, поскольку учётные съёмки проводили в светлое время суток, когда северный волосозуб способен зарываться в песок, большинство полученных оценок, по-видимому, существенно занижены, так как, по данным специалистов ТИПРО-центра, только хищные рыбы здесь ежегодно потребляют около 14 тыс. тонн этого волосозуба [23]. В связи с чем, наиболее показательными, на наш взгляд, являются результаты учётной траловой съёмки 2012 г., согласно которым биомасса северного волосозуба в прикамчатских водах Охотского моря в настоящее время составляет около 15,5 тыс. тонн [25]. Причём свыше 96% её приходится на участок южнее 54° с.ш. Исходя из коэффициента изъятия в 30%, величина возможного вылова северного волосозуба в прибрежной зоне Западной Камчатки может достигать около 5 тыс. тонн [26]. Однако, несмотря на такие запасы и образование довольно плотных скоплений с уловами до 2 тонн за часовое траление, сегодня ресурсы этого вида в прикамчатских водах Охотского моря совершенно не используются, хотя в 1970-1980-х годах его вместе с мойвой и песчанкой под названием «рыбная мелочь» нередко продавали в магазинах Петропавловска-Камчатского. Промысел северного волосозуба целесообразно вести совместно с выловом донных рыб в прибрежной зоне снюрреводами, а поскольку он относится к категории пищевых рыб, его улов может реализовываться как в свежем виде, так и использоваться для копчения, изготовления консервов и различных кулинарных изделий [10]. Другой вид волосозубов — японский *Arctoscopus japonicus*, в Японии и Южной Корее является традиционным объектом местного промысла, имеющим пищевое значение [8], ежегодный вылов которого в начале 2000-х годов составлял более 8 тыс. тонн [27].

Заключение

Анализ результатов учётных донных траловых съёмок позволяет сделать вывод, что, хотя северный волосозуб в прикамчатских водах Охотского моря встречается повсеместно, преобладающая доля его запаса (по многолетним данным — свыше 84% по биомассе) концентрируется в южной части западнокамчатского шельфа (южнее 54°00' с.ш.). Здесь же в основном зарегистрированы и максимальные уловы этого вида — до 1,5-2 тонн за часовое траление. Поскольку северный волосозуб способен зарываться в песок, величина его уловов, по-видимому, даёт заниженное представление о фактической

численности данного представителя ихтиофауны в прикамчатских водах Охотского моря. В июне-августе северный волосозуб держится главным образом в зоне прибрежного мелководья на глубинах до 50 м (за все годы наблюдений глубже в эти месяцы зарегистрированы лишь два случая его поимки) на участках с песчаными и песчано-илистыми грунтами.

В период с 1979 по 2002 гг. в прикамчатских водах Охотского моря в траловых уловах во время выполнения учётных траловых съёмок зарегистрированы рыбы размером от 12,5 до 26 (в среднем $18,5 \pm 0,2$ см) см с массой тела 24-180 г, однако доминировали особи длиной 14-18 см, доля которых составляла более 45%. Сопоставление размерного состава северного волосозуба из различных орудий лова позволяет сделать вывод, что в летние месяцы в прибрежной зоне обитают как его взрослые особи, так и молодь размером от 6 до 26 см. У этого вида самки крупнее самцов, которые созревают в более раннем возрасте (что ведёт к заметному увеличению их доли в нерестовой части популяции) и отличаются меньшей продолжительностью жизни. Среди крупных особей северного волосозуба относительное количество самок резко увеличивается, достигая 100% у рыб длиной свыше 22 см. Половозрелым этот вид становится на третьем году жизни. Его нерест происходит в зимний период в зоне прибрежного мелководья (глубины менее 10 м) на каменистых участках дна, где самки откладывают на водоросли до 1000 крупных икринок в виде кладок различной формы. Развитие появившихся из икры личинок первоначально протекает в пелагиали, позднее они опускаются в придонные горизонты. Основными объектами питания северному волосозубу в прикамчатских водах Охотского моря служат ракообразные (главным образом, мизиды, эвфаузииды, гиперииды и мелкие креветки), а также личинки и молодь различных рыб, среди которых, как правило, доминируют мойва и дальневосточная песчанка. Причём, в ночные часы он потребляет преимущественно эвфаузиид, в дневные – личинок и молодь мойвы, песчанки и других рыб.

Поскольку северный волосозуб в дневное время способен зарываться в песок, полученные во время выполнения учётных донных траловых съёмок оценки его биомассы, по-видимому, существенно занижены. Исходя из расчётной величины ежегодного потребления на западнокамчатском шельфе этого вида хищными рыбами в 14 тыс. тонн, наиболее показательными выглядят результаты учётной траловой съёмки 2012 г., согласно которым биомасса северного волосозуба в прикамчатских водах Охотского моря в настоящее время составляет около 15,5 тыс. тонн. Её преобладающая часть (свыше 80-90% в различные годы) приходится на участок южнее 54° с.ш. Хотя величина возможного вылова северного волосозуба в прикамчатских водах Охотского моря может достигать около 5 тыс. тонн, сегодня ресурсы этого вида здесь совершенно не используются. Промысел северного волосозуба целесообразно вести совместно с выловом донных рыб в прибрежной зоне снорреводами, а его улов реализовывать как в свежем виде, так и использовать для копчения, изготовления консервов и различных кулинарных изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов Н.П. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. - М.: Изд-во ВНИРО, 2011. – 244 с.
2. Линдберг Г.У., Красюкова З.В. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. - Л.: Наука, 1969. - Ч.3. - 480 с.
3. Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. - Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. - 217 с.
4. Борец Л.А. Аннотированный список рыб дальневосточных морей. - Владивосток: ТИНРО-Центр, 2000. – 192 с.
5. Федоров В.В. Видовой состав, распределение и глубины обитания видов рыбообразных и рыб северных Курильских островов // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских о-вов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992-1998 гг. - М., 2000. - С. 7-41.
6. Шейко Б.А., Федоров В.В. Класс Cephalaspidomorphi – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые рыбы. Класс Holocerphali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные рыбы // Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий. - Петропавловск-Камчатский, 2000. – Гл. 1. - С.7-69.

7. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря / В.В. Федоров, И.А. Черешнев, М.В. Назаркин и др. – Владивосток: Дальнаука, 2003. - 204 с.
8. Фадеев Н.С. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. - Владивосток: ТИНРО-центр, 2005. - 336 с.
9. Тупоногов В.Н., Кодолов Л.С. Полевой определитель промысловых и массовых видов рыб дальневосточных морей России. – Владивосток: Русский Остров, 2014. – 336 с.: ил.
10. Тупоногов В.Н., Снытко В.А. Атлас промысловых видов рыб дальневосточных морей России. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2014. – 206 с.
11. Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Thorsteinson L.K. Fishes of Alaska. - Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 2002. - XXXVII+1037 p.+40 Pl.
12. Прибрежные рыбы северной части Охотского моря / И.А. Черешнев, В.В. Волобуев, И.Е. Хованский и др. – Владивосток: Дальнаука, 2001. - 197 с.
13. Карпенко В.И., Виноградская А.В. Характеристика некоторых морфо-биологических показателей обыкновенного волосозуба (*Trichodon trichodon*) в Охотском море в 2014 г. // Вестник КамчатГТУ. – 2017. – № 42. – С. 62-70.
14. Минева Т.А. Некоторые данные по биологии волосозуба обыкновенного // Известия ТИНРО. – 1955. - Т.43. - С.195-198.
15. Размерно-возрастная характеристика волосозуба обыкновенного из прибрежных вод Камчатки/ М.В. Степанюк // Третья региональная конференция по актуальным проблемам морской биологии, экологии и биотехнологии студентов, аспирантов и молодых ученых: Тезисы докладов. - Владивосток, 2000. - С.84-85.
16. О типах размерно-половых соотношений у рыб/ Д.Ф. Замахаяев // Труды Московского института рыбной промышленности и хозяйства. - 1959. - Вып.10. - С.183-209.
17. Clemens W.A., Wilby G.V. Fishes of the Pacific coast of Canada // Fisheries Researches Board of Canada. - 1961. - Bull. 68. - 443 p.
18. Stroud R.K., Fiscus C.H., Kajimura H. Spawn and larvae of the Pacific sandfish, *Trichodon trichodon* // Fishery Bulletin. - 1981. - Vol. 78. - № 4. - P. 959–964.
19. Григорьев С.С. Ранние стадии рыб северо-востока России (прибрежные морские воды и внутренние водоёмы): Атлас-определитель. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 331 с.
20. Отношение «хищник-жертва» между волосозубом *Trichodon trichodon* (Tilesius) и мойвой *Mallotus villosus socialis* (Pallas) в заливах тихоокеанского побережья Камчатки/ Т.В.Максименкова, С.Г. Коростелев // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. - 2004. – Вып.7. – С.215-217.
21. Чучукало В.И., Ефимкин А.Я., Лобко В.В. Питание некоторых планктоядных рыб в Охотском море в летний период // Биология моря. – 1995. – Т. 21. - №2. – С. 132-136.
22. Кузнецова Н.А. Питание некоторых планктоядных рыб в Охотском море в летний период // Известия ТИНРО. – 1997. – Т. 122. – С. 255-275.
23. Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения нектона и нектобентоса в дальневосточных морях. - Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. - 484 с.
24. Состав, распределение и состояние запасов донных рыб у Западной Камчатки в 2000 г./ А.В.Четвергов, М.В. Архандеев, Е.Н. Ильинский // Труды КФ ТИГ ДВО РАН. - Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. Книжное изд-во, 2003. - Вып. IV. - С.227-256.
25. Современное состояние запасов, многолетняя динамика распределения и размерной структуры массовых промысловых видов рыб на шельфе западного побережья Камчатки в летний период/ Д.А.Терентьев, Е.А. Михалютин, А.А. Матвеев // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. - 2013. - Вып. 30. - С.5-27.
26. Нетрадиционные потенциальные объекты прибрежного рыболовства прикамчатских вод Охотского моря/ А.М. Токранов // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: Материалы V Международной научно-технической конференции: в 2 ч. - Владивосток, 2018. - Ч.1. - С. 9-13.
27. Котляр А.Н. Японский волосозуб - *Arctoscopus japonicus* (Steindachner, 1881) // Промысловые рыбы России. В двух томах (под ред. О.Ф. Гриценко, А.Н. Котляра и Б.Н. Котенева). - М.: Изд-во ВНИРО, 2006. – Т. 2. - С. 804-805.

PACIFIC SANDFISH *TRICHODON TRICHODON* (TRICHODONTIDAE) – POTENTIAL OBJECT OF COASTAL FISHERY IN THE NEAR KAMCHATKA WATERS OF SEA OF OKHOTSK

Tokranov Alexey Mikhailovich, Doctor of Biological Sciences, Senior science

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, tok_50@mail.ru

Based on materials of 1979-2002 and literature data, information on the spatial-bathymetric distribution, biology and state of stock abundance of Pacific sandfish - one from little study of coastal species of fishes in the near Kamchatka waters of Sea of Okhotsk is presented. Resources of this fish today don't used in general. Obtained results are allowed to make conclusion that Pacific sandfish is potential object of coastal fishery in the near Kamchatka waters of Sea of Okhotsk. Annual size of possible fishery of this species may to arrive about 5 thousand tons.

УДК 504.054

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА ВИШТЫНЕЦКОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРОФИЧЕСКОГО ИНДЕСА КАРЛСОНА

Цветкова Надежда Николаевна, канд. геогр. наук, доцент кафедры ихтиологии и экологии
Кривопускова Екатерина Владимировна, ведущий инженер кафедры ихтиологии и экологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: katekrivopuskova@gmail.com

В рамках исследования изменений, происходящих в озере Виштынецком, была проведена оценка трофического статуса прибрежной акватории с использованием индекса Карлсона, рассчитанного по концентрациям общего фосфора и хлорофилла «а». Полученные данные позволили выявить повышенный уровень трофности прибрежной части водоема в летний период. Сравнение полученных данных позволило отметить, что наиболее подходящим для расчета индекса трофии Карлсона для озера Виштынецкого будет использование данных о концентрации хлорофилла «а».

Оценка трофического статуса водоема или водотока это важный этап в исследованиях водных экосистем. Согласно Наууману (1929) [1], трофический статус водоема рассматривается как биологическая реакция водной экосистемы на поступление органических и биогенных веществ в нее. Поэтому для полноценной характеристики изменений в трофическом уровне водной экосистемы необходима обширная информация об абиотических и биотических условиях в ней, знание зависимостей между гидрохимическими, гидробиологическими и ихтиологическими параметрами, а также информация об источниках и уровне антропогенной нагрузки на озеро.

В настоящее время оценка трофического уровня водных систем проводится с использованием сразу нескольких критериев, таких как концентрация питательных веществ, качественные и количественные показатели гидробиологических сообществ, морфометрические показатели озера и его кислородный режим. В тоже время совместное использование этих критериев и индексов на базе них зачастую дают противоречивые значения, что затрудняет дать полноценную оценку трофического статуса водной экосистемы. Использование полноценных многопараметровых индексов в свою очередь требует больших объемов данных, которые достаточно трудно собрать в достаточном количестве, особенно для удаленных водоемов.

В ситуации, когда необходимо быстро и достоверно оценить трофический статус в настоящее время в зарубежной литературе наибольшую эффективность и применимость для большого количества водных экосистем показал индекс Карлсона (1977) [2]. Карлсон предложил использовать логарифмическую зависимость между трофическим статусом водоема и такими параметрами как прозрачность воды, измеряемая с помощью диска Секки, концентрация хлорофилла «а» и концентрация общего фосфора. Каждая зависимость может рассматриваться отдельно, но чем больше параметров используется, тем точнее дается оценка.

Расчет индекса Карлсона производится по следующим формулам [2]:

$$TSI (CHL) = 9.81 \ln (CHL) + 30.6$$

$$TSI (TP) = 14.42 \ln (TP) + 4.15$$

Индекс Карлсона, как видно из формул, рекомендуется к использованию как простейший метод расчета и объяснения концепции трофического состояния. В то же время широкое использование данного индекса и расширение параметров для экологического мониторинга привело к пониманию, что индексы, рассчитанные по хлорофиллу «а» и общему фосфору более показательны и позволяют оценивать трофность не только водной экосистемы в целом, но и отдельных ее участков, в особенности прибрежных зон, которые в первую очередь подвергаются антропогенной нагрузке.

Озеро Виштынецкое располагается на юго-востоке Калининградской области на территории природного парка «Виштынецкий». Это самый большой пресноводный водоем на территории региона. Его площадь составляет 18 млн. га, а максимальная глубина по разным источникам колеблется от 52 до 54 м [3, 4]. Водосборный бассейн озера имеет площадь 281,9 м² и находится на территории трех государств [5].

На территории области озеро Виштынецкое имеет особый статус, кроме того, что по его акватории проходит российско-литовская граница, это единственный водоем сигового типа, где обитает два представителя рода сиговых: сиг обыкновенный и европейская ряпушка [6].

В последние десятилетия отмечается возрастание рекреационной привлекательности прибрежной полосы озера для организованного и неорганизованного туризма, что в свою очередь отражается на уровне антропогенной нагрузки, и может сказаться на общем трофическом статусе водоема [7, 8]. В настоящее время трофический статус озера оценивается как олиготрофный с чертами мезотрофности [4], но в последние несколько лет, по нашим наблюдениям, отмечаются незначительные сдвиги в уровне трофии в особенности в прибрежной части акватории.

Прибрежные зоны озера наиболее сильно подвергаются антропогенной нагрузке. Именно на этих участках, в первую очередь, отмечаются первые признаки в изменении трофического уровня всего водоема, тогда как на глубоководных участках процессы эвтрофикации замедлены. В то же время, естественные процессы, связанные с увеличением трофического уровня в прибрежной части более обратимы по сравнению с пелагиалью. Поэтому оценка трофического статуса прибрежной части акватории становится первоочередной задачей при экологическом мониторинге водных экосистем.

Главной целью данного исследования является провести оценку трофического уровня прибрежной части озера Виштынецкого с использованием индекса трофности Карлсона с использованием концентраций хлорофилла «а» и общего фосфора.

Пробы отбирались на 11 стандартных станциях в прибрежной части водоема (рисунок 1) на глубине от 1,5 до 2,0 м. Исследования основывались на данных собранных в летний период 2016-2019 гг. в рамках комплексного экологического мониторинга, проведенного кафедрой «Ихтиологии и экологии» ФГБОУ ВО «КГТУ». Сетка станций формировалась с учетом гидролого-морфологических особенностей озера, а также уровней рекреационной освоенности, как основного источника поступления «дополнительной» органики и биогенных элементов.



Рис. 1. Озеро Виштынецкое

Станции можно сгруппировать между собой в следующем образом:

- южные (ст. 18а, ст. 18, ст. 17 и ст. 20) – станции на данном участке озера отличаются низкой антропогенной нагрузкой, низким уровнем развитием высшей водной растительности. Здесь происходит основной приток вод с водосборного бассейна через реку Черница;
- центральные (ст. 42, ст. 46 и ст. 68) – станции с наиболее сильной и постоянной антропогенной нагрузкой;
- утиный залив (ст. 5) – обширный мелководный участок с повышенным уровнем трофности (мезотрофный) [4, 7, 9] по сравнению с остальными участками, высокий процент зарастаемости акватории и прибрежных частей;
- северные (ст. 6, ст. 21 и ст. 11) – станции с нарастающей антропогенной нагрузкой за счет развития инфраструктуры и рекреационных объектов, здесь находится единственный сток из озера (исток реки Писсы).

Анализ отобранных проб по гидрохимическим параметрам производился по стандартным методикам [10] в лабораторных условиях. Концентрация хлорофилла «а» определялась спектрофотометрическим методом с использованием 90% раствора ацетона [11].

Главным гидрохимическим параметром при оценке трофического статуса водоема является концентрация общего фосфора. Каждое изменение количества поступающего фосфора в озеро может привести к значительным изменениям в экосистеме. Так, снижение объемов поступления фосфора закономерно снижает биомассу фитопланктона, что в свою очередь влияет на структурные показатели остальных гидробиологических и ихтиологических сообществ.

На основании полученных данных о концентрациях общего фосфора в прибрежных водах озера Виштынецкого можно сделать вывод, что в летний период в последние несколько лет его концентрация достаточно высока, что косвенно подтверждается обильным цветением водорослей по всей прибрежной акватории. Рассчитанный индекс Карлсона с использованием этих данных достаточно высок (62) и свидетельствует об избыточном уровне трофии в летний сезон.

Однако несмотря на то, что значение индекса свидетельствует об эвтрофном состоянии в летний период рассматриваемого участка озера, результаты исследований прибрежной части в другие сезоны показали, что общий фосфор активно включается в круговорот и накопленная за счет его потребления биомасса фито- и бактериопланктона почти полностью преобразуется на более высоких уровнях пищевой цепи. Но также отмечается постепенное накапливание избыточных биомасс в виде отмершей органики в донных отложениях.

Наиболее высокие показатели индекса Карлсона были отмечены в 2018 году (84,8), наименьший был отмечен в 2017 году (52,3). Необходимо отметить, что температурный режим в летний период в 2018 и 2017 годов различался (2017 год был теплее по сравнению 2018), что также оказывало свое влияние на использование неорганических форм фосфора фитопланктоном.

Более показательным и относительно соотносящимся с данными оценки трофического уровня по другим показателям [12, 13, 14, 15] были значения индекса Карлсона рассчитанные с использованием данных о концентрации хлорофилла «а». Концентрацию водорослей можно оценить косвенно, определив хлорофилл «а». Существует закономерная тенденция, чем больше хлорофилла, тем больше фитопланктона и выше трофическое состояние озера. Так, Хосмани [16] полагает, что измерение хлорофилла «а» может быть использовано в качестве основного показателя для классификации трофического состояния озера и процессах, протекающих в нем.

Для озера Виштынецкого именно концентрация хлорофилла «а» была наиболее показательна при оценке его трофического состояния в предыдущие исследования, при этом значительное увеличение биомассы фитопланктона отмечается не только по данным лабораторных исследований, но и на основании натурных наблюдений. В течении всего летнего сезона начиная с 2014 года наблюдается «цветение» водорослей, в объемах нехарактерных для предшествующих периодов.

Среднее значение индекса Карлсона, рассчитанного по концентрации хлорофилла «а» (40,7) в рассматриваемый период, оценивает прибрежные воды озера Виштынецкого как мезотрофные. В некоторые года (2018 и 2019) этот показатель незначительно ниже и свидетельствует о переходном состоянии. Низкие показатели индекса закономерно соответствуют высоким концентрациям соединений фосфора, который по ряду причин, в основном из-за особенностей температурного режима, еще в полной мере не использовался на формирование биомассы фитопланктона.

В целом при благоприятных условиях и при отсутствии погодных аномалий формирования абиотических факторов концентрации хлорофилла «а» отмечаемые в прибрежных водах озера позволяют оценивать их трофический статус по индексу Карлсона как мезотрофный.

Мониторинг трофического состояния является важной частью оценки и управления озерными экосистемами. Поскольку концентрация фосфора является ограничивающим параметром для роста водорослей [16, 17], его значение обычно используется при оценке трофического статуса водоемов. Однако, не всегда полученные значения являются достоверными, как и в нашем случае. На формирование биомассы водорослей также влияют температурные условия, которые могут значительно ограничивать возможности использования фосфора на рост и тем самым завышая значения индексов трофности рассчитанных только по одному показателю, что было отмечено и в нашем исследовании. Поэтому для оценки трофического статуса озера Виштынецкого с учетом происходящих изменений в пределах его водосборного бассейна и прибрежной полосе наиболее подходящим является использование индекса Карлсона рассчитанного по концентрации хлорофилла «а».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Naumann E. The Scope of chief problems of regional limnology / *Int.ReviewGes.Hydrobiol.* 21, 1929. – 423 p.
2. Carlson R.E. A trophic state index for lakes / *Limnology and Oceanography.* 22(2), 1977. – p. 361-369.
3. Виштынецкое озеро: природа, история, экология / В.В. Орленок, Г.М. Барина, П.П. Кучерявый, Г.Л. Уляшев – Калининград: КГУ, 2001. – 212 с.
4. Кривопускова Е.В., Соколов А.В. Источники антропогенной нагрузки на озеро Виштынецкое в пределах его водосборного - IV Балтийский морской форум. Международная научная конференция "Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов" -Калининград, 24-25 мая 2015 г. Калининград: КГТУ, 2016. – С. 195-198.
5. Берникова Т.С. Физико-географическая и гидрологическая характеристика // Озеро Виштынецкое. – Калининград: Изд-во «ИП Мишуткина», 2008. – С. 20-40.
6. Кривопускова Е.В., Цветкова Н.Н. Предварительная оценка критической фосфорной нагрузки на озеро Виштынецкое (Калининградская область) // *Известия КГТУ.* – Калининград, 2017. – № 45. – С. 83–92.

7. Тылик К.В., А.В. Соколов Рыбы озера Виштынецкого // Озеро Виштынецкое. – Калининград: Изд-во «ИП Мишуткина», 2008. – С. 72-85.
8. Берникова Т.А. Многолетние изменения содержания органических веществ в воде как показатель трофического уровня озера Виштынецкого / Т. А. Берникова, Н. Н. Нагорнова, Н. А. Цупикова // Известия Калининградского государственного технического университета – Калининград: ФГБОУ ВО КГТУ, 2013. - № 28. - С. 70-78.
9. Кривопускова Е.В. Влияние рекреационной нагрузки на экологическое состояние российской прибрежной части акватории озера Виштынецкого в летний период // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. (20–22 марта 2018). – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2018. – С. 50–54.
10. Справочник гидрохимика: рыбное хозяйство / под ред. В. В. Сапожникова. - Москва: Агропромиздат, 1991. – 224 с.
11. ГОСТ 17.1.4.02-90 «Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла «а»».
12. Оценка экологического состояния озера Виштынецкого (Калининградская область) по гидрохимическим показателям/ Е.В. Кривопускова , Т.А. Берникова , Т.С. Агаркова // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: Материалы V Балтийского морского форума, Всерос. науч. конф. Труды. - Калининград: ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет». - 2017. - С. 192-197.
13. Масюткина Е.А. Оценка экологического состояния оз. Виштынецкого с применением различных гидробиологических индексов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. - Калининград: БФУ им. Канта, 2014. – Вып. 7 – С. 66-76.
14. Видовой состав зоопланктона озера Виштынецкого в летний сезон/ Е.В. Кривопускова, М.Н. Шибаева // "Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов" IV Балтийский морской форум. Всероссийская международная конференция. Труды. Т.3 - Калининград: ФГБОУ ВО "Калининградский государственный технический университет". – 2018. – С. 226-232.
15. Семенова А.С. Разработка региональной классификации для оценки качества воды водоемов и водотоков Калининградской области с использованием показателей зоопланктона // Вода: химия и экология, 2012. – № 6. – С. 61-69.
16. Hosmani S.P. Trophic State Index in Conservation of lake Ecosystems // Advances in Plant Sciences, 23(II), 2010/ - p. 593-596.
17. Россолимо Л.Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. АН СССР, Ин-т географии. - М.: Наука, 1977. - 144 с.

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE LAKE VISHTYNETSKOE USING THE CARLSON'S TROPHIC STATE INDEX

Tsvetkova Nadezhda Nikolaevna, PhD in Geography, Associate Professor of the Department of Ichthyology and Ecology
Krivopuskova Ekaterina Vladimirovna, leading engineer of the department "Ichthyology and ecology"

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Russia, e-mail: katekrivopuskova@gmail.com

As part of the study of ecosystems changes occurring in the Lake Vishtynetskoe, the assessment of the trophic status of the coastal water area was carried out with using the Carlson index, which was calculated, by using the data of the concentrations of total phosphorus and chlorophyll "a". The data obtained made it possible to reveal the increased level of trophy in summer. Comparison of the obtained data made it possible to note that the most suitable for calculating the Carlson trophy index for Lake Vishtynetskoe would be the use of data on the concentration of chlorophyll "a".

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕЩА В Р. ПРОМЫСЛОВОЙ БАССЕЙНА КУРСШКОГО ЗАЛИВА

¹Шибает Сергей Вадимович, д-р биол. наук, профессор кафедры ихтиологии и экологии

²Новожилов Олег Анатольевич, канд. биол. наук, доцент кафедры ихтиологии и экологии

³Федотова Татьяна Сергеевна, ведущий инженер кафедры ихтиологии и экологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹shibaev@klgtu.ru; ²oleg.novozhilov@klgtu.ru; ³tatiana.agarkova@klgtu.ru

Изучение воспроизводства рыб и нереста – одна из важнейших прикладных задач ихтиологии. Изучая нерест есть возможность установить промысловое пополнение, численность нерестового стада и ряд других параметров. До настоящего времени исследования нерестилиц в р. Промысловой не проводились. Целью работы являлось установление численности икры леща, отложенной в р. Промысловой в нерестовый период 2018 года. Согласно исследованиям количество икры на нерестилицах составило 238,9 млн шт., что составляет 13–14 тонн биомассы нерестового стада в реке.

Введение

Куршский залив Балтийского моря является важным рыбохозяйственным водоемом, высокая биологическая продуктивность которого в немалой степени зависит от эффективности естественного воспроизводства рыб. Нерест фитофильных рыб происходит как в прибрежной зоне залива, так и в многочисленных реках бассейна, куда рыба заходит в весенний период и где нагуливается молодь. В связи с тем, что устья рек подвержены естественному заилению, что, как считается, создает препятствия для нерестовых миграций рыб. В период до 1990 г. регулярно выделялись государственные средства для рыбохозяйственной мелиорации. Однако, реальный биологический эффект мелиоративных работ никогда не оценивался, что создало проблемы с обоснованием необходимости их проведения в условиях рыночной экологии.

В 2016 г. Калининградским государственным техническим университетом были начаты исследования воспроизводительной способности рек бассейна Куршского залива на примере реки Промысловой.

Река Промысловая, впадающая в залив с восточного берега в районе п. Причалы (рис.1). Нерестилища расположены на расстоянии около 10 км от залива в озеровидном расширении. В силу естественных процессов, связанных с переносом взвешенных веществ с площади водосборного бассейна, река подвержена постоянному заилению, особенно в устье, что приводит к снижению глубины и затруднению миграции производителей рыб на нерест, а также, вероятно, влияет и на скат молоди [1]. Ситуацию усугубляет нарушение естественного гидрологического режима, поскольку река является приемником вод насосных станций, откачивающих воду с полейдерных земель.

Исследования предшествующих лет были направлены на оценку количества и видовой состав производителей, заходящий в реку в весенний период с использованием комплекса орудий лова – ставных и плавных разноячейных сетей и гидроакустического комплекса NetCor, позволяющего сканировать поперечное сечение реки и регистрировать всех мигрирующих рыб. В целом установлено, что в реку для нереста заходят преимущественно лещ, густера, плотва в количестве, изменяющемся в пределах 26 тыс. экземпляров [1,2].

Воспроизводство леща в реке, в соответствии с биологией, осуществляется на затопленной водной растительности и их корнях. В наших исследованиях нами была поставлена задача, оценить площадь пригодной для нереста растительности и определить количество икры на нерестилицах.

Материал и методика

Материалом для настоящей работы послужили результаты маршрутного обследования реки Промысловой и пробы икры, взятые на нерестилищах с 28 апреля по 2 мая 2018 года. Схема расположения станций мониторинга отбора проб и маршрутного обследования представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб и маршрут съемки (обозначения по тексту)

Во время маршрутного обследования определялись виды растений, на которых отмечена икра, их доля в общем фитоценозе бровки поймы и определялась протяженность таких участков с использованием системы GPS.

Икру отбирали вручную, поднимая полностью куст с корнями находящимися в воде, определяли площадь, на которой отмечена икра. Проба собиралась изъятием части субстрата, от поверхности до нижней границы отложенной икры, измеряя ширину вырезанной зоны. Субстрат с икрой фиксировали 4% раствором формалина.

В лабораторных условиях икру, находящуюся на субстрате, подсчитывали, с учетом икры, которая оказалась в емкости и не была прикреплена к субстрату.

Всего было взято три пробы, характеристики которых приведены ниже (табл. 1), на схеме отбора про станции отмечены звездочкой.

Таблица 1

Количество икры в р. Промысловой

Станция	Ширина зоны отбора проб, см	Количество икры, шт	Количество икринок на м.п.
1	0,06	828	13800
2	0,12	4 405	36708
3	0,15	11 816	78773

Параллельно со сбором икры осуществлялись контрольные обловы разноячейными орудиями лова для определения видового состава рыб на нерестилищах и определения стадии зрелости.

Результаты

Контрольные обловы, проводимые в период наблюдений, показали наличие в водоеме стандартной для данного типа водоемов ихтиофауны представленной плотвой, густерой, лещом, окунем, щукой [1]. В начале обследования, с 28 по 30 апреля, икра на растениях и их корнях не обнаруживалась, подводная часть субстрата была заилена. Такие виды как плотва, щука, окунь находились на стадии восстановления (стадии VI, VI-II по шкале зрелости), лещ находился на IV стадии. Нерест леща началась 1 мая, с этого дня в уловах преобладали текущие самки, а 2 мая большая часть самок была отнерестившаяся. Полученные результаты позволяют нам утверждать, что икра, обнаруженная на растениях, 2 мая была икрой леща.

Маршрутное обследование показало, что на водотоке имеется транзитная зона, где икра не обнаруживалась. На рис. 1 транзитная зона обозначена линией с длинной штриховкой, нерестилища - сплошной линией. Длина транзитной зоны составила 3540 м (участок реки номер 8), длина обследованной зоны нерестилищ - 3950 метров (участок реки номера 1-7).

На нерестилищах икра леща находится на корнях осоки и тростника, причем икра обнаруживается от поверхности до глубины 25-30 см (рис. 2). Субстрат в процессе нереста был очищен от ила. На более глубоких участках икра отсутствовала. На корнях ольхи, стеблях и листьях кубышки желтой и других водных и околоводных растениях икра отсутствовала.



Рис. 2. Икра на корнях осоки.

Тростник и осока в реке растут локальными купинами, что приводит к увеличению длины нерестилищ (рис. 3). Коэффициент извилистости составил 1,4.



Рис. 3. Извилистость нерестилища.

Маршрутное обследование на протяжении 7500 метров километров выявило участки с различной долей растений, используемых в качестве нерестилища и различным количеством икры на нерестилище (рис. 1, табл. 2). Номера участков даны по рис. 1.

Таблица 2

Характеристика участков нерестилищ

№ участка	Длина, м	% длины левого берега используемого для нереста	% длины правого берега используемого для нереста	Наличие икры
1	386	90	85	+
2	280	80	60	+
3	655	70	80	+
4	325	60	50	+
5	828	40	50	+
6	485	30	40	+
7	971	5	5	+
8	3540	5	5	-

Общая тенденция, наблюдаемая на нерестилище - увеличение количества икры по мере движения к верховьям. Восьмой участок является транзитной зоной, и в период обследования кладок икры там не обнаружено. В таблице 3 приведен расчет общего количества икры на нерестилище с учетом площади доступного для нереста субстрата и количества икры на погонный метр.

Таблица 3

Расчет количество икры на нерестилище

№ участка	Длина участка	Нерестилище, % от общей длины участка по левому берегу	Нерестилище, % от общей длины участка по правому берегу	Икры на м.п.	Количество икры, левый берег	Количество икры, правый берег
1	415	90	85	78773	29421840	27787293
2	280	80	60	78773	17645227	13233920
3	655	70	80	35240	16830771	19235167
4	325	60	50	35240	7158125	5965104
5	828	40	50	35240	12157800	15197250
6	485	30	40	13248	2007900	2677200
7	971	5	5	13248	669990	669990
ВСЕГО	3959				170 657 577	
С учетом извилистости нерестилища						238 920 607

С учетом коэффициента извилистости нерестилищ, принятого равным 1,4, итоговое количество икры составляет 238,9 млн. шт. Полученное количество икры позволяет нам оценить нерестовую часть популяции. При средней плодовитости леща равной 50 тыс. шт [3,4] и соотношением полов 1:1 нерестовая часть популяции на обследованном участке нерестилищ составляет 9,5 тыс. экземпляров.

Маршрут обследования составил 50% от общей протяженности пригодной для нереста реки (потенциальные нерестилища на рис. 1 обозначены линией с короткой штриховкой). Таким образом, только с учетом площади необследованной части реки Промысловой минимальная численность леща составляет около 19 тыс. шт. При средней массе леща на нерестилищах 700 г. [2], биомасса нерестовой части популяции в реке может быть оценена на уровне 13-14 тонн. Полученные данные хорошо соотносятся с величиной захода производителей, полученной в ходе проведения гидроакустической съемки, результаты которой приведены [1].

В работе не учтены потенциальные нерестилища, расположенные на реке Бичева (приток, впадающий в р. Промысловую выше п. Причалы), рыба в которую попадает также через реку Промысловую. С учетом потенциально доступной для нереста протяженности реки Бичева (длиной около 5,5 км) можно предположить, что общая численность леща, заходящего на нерест через устье реки Промысловая может быть удвоена.

Заключение

Таким образом, реку Промысловую можно охарактеризовать как типичную нерестовую реку, относящуюся к бассейну Куршского залива, в которой воспроизводится лещ. С учетом остальных рек впадающих в залив - Скирвит, Разлив, Товарная, Матросовка, Немонин, Дейма, Зеленоградка можно утверждать, что реки играют важную роль в воспроизводстве леща Куршского залива.

Принимая минимальное значение биомассы нерестовой части популяции в реке равным 13 тоннам, можно оценить биомассу рыб приходящих на нерест в реки величиной более 90 тонн. Указанная величина является минимальной, поскольку протяженность вышеуказанных рек гораздо больше чем реки Промысловая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка воспроизводительной способности и возможного эффекта рыбохозяйственной мелиорации на примере реки Промысловой бассейна Куршского залива / С.В. Шибает, А. В.Соколов, А.В. Алдушин и др. // Известия КГТУ, 2019. – № 55. – С. 146-161.

2. К оценке экономической эффективности рыбохозяйственной мелиорации на примере рек бассейна Куршского залива / С. В. Шибает, Г.Г. Серпунин //Актуальные проблемы и перспективы развития экономики, управления и финансов. Материалы III национальной Научно-практической конференции. Город Калининград, Российская Федерация. 2018.

3. Шибает, С. В. Формализация методики оценки промыслового возврата при искусственном воспроизводстве водных биоресурсов. Вопросы рыболовства, 19. – 2018. – № 2. – С. 247-264.

4. Яржомбек, А.А. (2019) Справочные материалы по плодовитости промысловых рыб. Москва. Издательство ВНИРО // Электрон. дан. Режим доступа URL: http://vniro.ru/files/publish/jarombek_plodovitost_ryb.pdf.

THE FIRST RESULTS OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF BREAM REPRODUCTION IN THE PROMYSLOVAYA RIVER OF THE CURONIAN LAGOON BASIN

¹Shibaev Sergey Vadimovich, PhD in Biology, professor

²Novozhilov Oleg Anatolievich, PhD in Biology, assistant professor

³Fedotova Tatyana Sergeeva, lead engineer

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,

e-mail: ¹shibaev@klgtu.ru; ²oleg.novozhilov@klgtu.ru; ³tatiana.agarkova@klgtu.ru

The study of fish reproduction and spawning is one of the most important applied problems of ichthyology. Studying spawning, it is possible to establish the commercial recruitment, the number of spawning stock and a number of other parameters. So far, research on spawning grounds in the Promyslovaya River has not been carried out. The aim of the work was to establish the abundance of bream eggs deposited in the Promyslovaya river during the spawning period of 2018. According to the research, the number of eggs in the spawning grounds was 238.9 million, which is 13–14 tons of biomass of the spawning stock in the river.