

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

**XII NATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
"AQUATIC BIORESOURCES, AQUACULTURE
AND ECOLOGY OF WATER RESERVOIRS"**

**СОДЕРЖАНИЕ
CONTENTS**

**СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВОДОЕМОВ,
АКВАКУЛЬТУРА, ИХТИОПАТОЛОГИЯ И ГИДРОБИОЛОГИЯ»**

**SECTION "BIOLOGICAL RESOURCES OF THE WATER RESERVOIRS,
AQUACULTURE, ICHTHYOPATHOLOGY AND HYDROBIOLOGY"**

<i>Авдеева, Е. В., Новожилов, О. А., Трофимова, А. В.</i> Микрофлора корюшки <i>Osmerus eperlanus</i> (Linnaeus, 1758) в некоторых водоёмах Калининградской области за длительный период времени (2014–2024 годы)	3
<i>Архипов, А. Г., Пак, Р. А., Симонова, Т. А., Петренко, С. Г.</i> Оценка численности массовых видов рыб на ранних стадиях их развития в водах Северной и Южной частей Марокко	12
<i>Асеева, Н. Л., Измятинский, Д. В.</i> Состав и обилие рыб в гавани Тихая пристань (залив Ольги, Японское море)	21
<i>Бешенцев, В. Д., Кондратенко, С. В.</i> Гидрохимическая оценка устьевой части реки Преголи для возможного её использования в целях аквакультуры	28
<i>Борисов, Р. Р., Кряхова, Н. В., Зелененко, В. В.</i> Десятиногие ракообразные-интродуценты как новый ресурс для аквакультуры России	35
<i>Новожилов, О. А., Гулина, Т. С.</i> Распространение и биология инвазивного вида бычка-кругляка <i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814) в пределах Калининградской области	46
<i>Гулюгин, С. Ю., Попов, С. В., Скуратов, Н. А.</i> Исследование биологического состояния и возможности промысла бычка-кругляка <i>Neogobius melanostomus</i> в калининградской зоне Балтийского моря в летний период 2023 г.	55
<i>Зуенко, Ю. И., Черноиванова, Л. А.</i> Динамика сроков массового нереста наваги <i>Eleginus gracilis</i> в Амурском заливе Японского моря в условиях потепления климата	65
<i>Исакова, Э. Н., Белых, О. А.</i> Перспективы развития рыбозаводческого хозяйства по разведению форели на оз. Гусином в Бурятии	77
<i>Клец, Н. Н., Родимова, З. Н., Жарикова, В. Ю., Горячев, Д. В., Зингис, И. В., Назаров, А. С., Никитенко, А. И.</i> Биологические показатели и запас рыб семейства карповые (Cyprinidae) водохранилищ канала имени Москвы	82
<i>Климова, Т. Н., Вдодович, И. В., Забродин, Д. А., Петрова, Т. Н.</i> Ихтиопланктон Черного моря у Крымского полуострова в период осеннего межсезонья в 2016–2023 гг.	89
<i>Кузнецова, Н. А., Шебанова, М. А.</i> Питание массовых видов лососей (горбуши, кеты и нерки) и состояние зоопланктона крупной фракции в глубоководной части Берингова моря: сравнительный анализ по результатам осенней съемки, сентябрь–октябрь 2023 г.	98
<i>Моисеева, А. И., Авдеева, Е. В.</i> Бактериопланктон некоторых водоемов Калининградской области (озеро Виштынецкое, озеро Чайка) в летний сезон 2022–2023 гг.	109
<i>Недоступ, А. А., Ражев, А. О., Кондрашов, Л. А., Суконнов, Д. В.</i> Экспериментальные исследования карпа (<i>Cyprinus carpio</i> L.) в установке замкнутого водоснабжения	117

<i>Пискунович, Д. И., Шаповалова, Л. А.</i> Актуализация норм выхода кормовой рыбной продукции, выпускаемой на Северном рыбохозяйственном бассейне с применением пресово-сушильных установок и установок прямой сушки.....	124
<i>Рачек, Е. И.</i> Рыбоводные и производственные показатели товарных особей и фертильных самок реципрокных гибридов между калугой и стерлядью.....	133
<i>Родин, М. А., Кузнецова, М. В., Немова, Н. Н.</i> Влияние дополнительного освещения на биохимические и молекулярно-генетические показатели роста радужной форели (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walb.) в условиях аквакультуры южного региона РФ	140
<i>Колесникова, А. Д., Судник, С. А.</i> Сравнительный анализ особенностей биологии антарктического криля <i>Euphausia superba</i> Dana, 1850 (Euphausiacea: Euphausiidae) из двух районов Антарктического сектора Атлантики летом 2020 года	145
<i>Токранов, А. М.</i> Влияние вредоносного «цветения» водорослей осенью 2020 г. на структуру сообщества рыб прибрежной зоны Авачинского залива (Юго-Восточная Камчатка) ...	153
<i>Кравец, П. П., Тюкина, О. С., Приймак, П. Г., Деркач, С. Р.</i> Хозяйственно значимые показатели поселений мидий Мурманского побережья.....	160
<i>Ширяева, Н. С.</i> О биологии <i>Pontogammarus robustoides</i> из озера Виштынецкого в апреле 2019 года.....	166
<i>Ouassa K, Hmamou M., Ennaciri Y., Hasnaoui M.</i> Monitoring of survival rates of two strains of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	172

СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

SECTION "ECOLOGY AND RATIONAL ENVIRONMENTAL MANAGEMENT"

<i>Дикий, Д. И., Двоеглазова, Н. В.</i> Вариации уровня на устьевом участке реки Преголи в суточном масштабе (по данным инструментальных измерений) как индикатор стабильности гидрологических условий	177
<i>Домнин, Д. А., Есюкова, Е. Е., Лобчук, О. И.</i> Установка для отбора проб воды большого объёма в экспедиционных условиях для оценки содержания взвешенных частиц в природных водоёмах	183
<i>Закиров, Р. Б., Килесо, А. В.</i> Морфометрические характеристики протоков Новая и Старая Преголя и их особенности с точки зрения возможного расположения зон аккумуляции осадочного материала	188
<i>Краснобородько, О. Ю., Чернышков, П. П.</i> Современные информационные технологии в научном обеспечении российского рыболовства в южных частях Атлантического и Тихого океанов.....	192
<i>Кривоускова, Е. В., Новожилов, О. А., Бартахова, Д. К.</i> Оценка экологического состояния реки Неман по базовому показателю антропогенной нагрузки (ПАН ₆) в 2022–2023 г.....	200
<i>Кривоускова, Е. В., Новожилов, О. А., Кирюхина, А. А.</i> Особенности питания европейской ряпушки озера Виштынецкого в изменяющихся условиях	208
<i>Меньшенин, А. С., Новожилов, О. А., Ляхов, А. В.</i> Мониторинг высшей водной растительности Куршского залива с использованием данных ДЗЗ	215
<i>Моисеенко, В. В., Цупкина, Н. А., Попов, А. А., Севостьянов, Н. В.</i> Экологическое состояние водоемов системы Голубых озер по результатам гидрохимических исследований в 2023 г.	219

**СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВОДОЕМОВ,
АКВАКУЛЬТУРА, ИХТИОПАТОЛОГИЯ И ГИДРОБИОЛОГИЯ»**

**SECTION "BIOLOGICAL RESOURCES OF THE WATER RESERVOIRS,
AQUACULTURE, ICHTHYOPATHOLOGY AND HYDROBIOLOGY"**

УДК 621.039(06)

**МИКРОФЛОРА КОРЮШКИ *OSMERUS EPERLANUS* (LINNAEUS, 1758)
В НЕКОТОРЫХ ВОДОЁМАХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
ЗА ДЛИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД ВРЕМЕНИ (2014–2024 ГОДЫ)**

¹Авдеева Елена Витальевна, канд. биол. наук, профессор,
профессор кафедры водные биоресурсы и аквакультуры

²Новожилов Олег Анатольевич, канд. биол. наук, доцент,
директор Института рыболовства и аквакультуры

³Трофимова Анастасия Валерьевна, магистр

^{1,2,3}Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия, e-mail: elena.avdeeva@klgtu.ru

Изучена микрофлора европейской корюшки в реках Неман, Матросовка, Дейма. Материалом для исследования послужили 185 экземпляров корюшки. Бактериологический посев осуществляли по общепринятой в ихтиопатологии методике. Определяли бактерий по совокупности культуральных, морфологических и физиолого-биохимических признаков. В микробиоценозе корюшки были обнаружены сапрофитные бактерии, бактерии группы кишечной палочки, условно-патогенные бактерии (аэромонады и псевдомонады). Установлено, что аэромонады могут при возникновении стрессовых условий вызвать у рыб бактериальные инфекции.

Европейская корюшка-важная промысловая рыба в бассейне Балтийского и Белого морей. В пределах Калининградской области корюшка живет в Балтийском море, а на нерест, через транзитную систему Куршского и Вислинского [1] залива, движется в реки. Нерестовые водоёмы, в которых ведется промысел, это-реки Дейма, Неман и Матросовка. Изучение микрофлоры корюшки актуально и может свидетельствовать о санитарном состоянии водоёма, о присутствии тех или иных родов бактерий, которые составляют микробиоценоз водоёма в зависимости от тех внешних факторов, которые на него влияют и служит частью мониторинга состояния водных биологических ресурсов.

Материалом для исследования послужили 185 экземпляров европейской корюшки, выловленной с 2022 по 2024 гг. Из них 74 экземпляра из реки Неман, 54 экземпляра из реки Дейма, 57 экземпляров из реки Матросовка. Объём исследованного материала представлен в Таблица 1 [2, 3].

Таблица 1

Материал исследований за 2014-2024 гг [2, 3]

Год	Реки		
	Неман	Дейма	Матросовка
2014-2015	30 экз.	-	-
2016	24 экз.	-	23 экз.
2018	20 экз.	-	-
2019	-	54	19 экз.
2022-2024	-	-	15 экз.

Бактериологический посев осуществляли по общепринятой в ихтиопатологии методике. Патогенность бактерий определяли по протеолитическому разжижению желатина [4]. Определяли бактерий по совокупности культуральных, морфологических и физиолого-биохимических признаков с помощью определителя Берджи [5, 6].

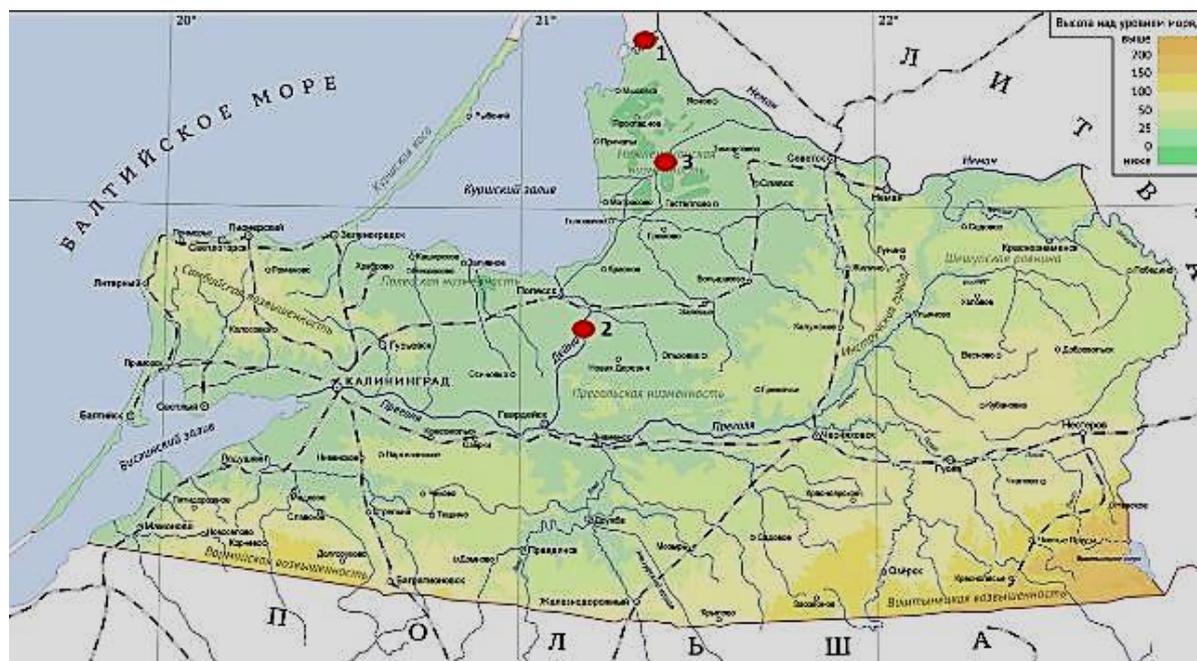


Рис. 1. Места отбора проб, где 1- Неман, 2- Дейма, 3 – Матросовка

Река Неман – одна из крупнейших рек Балтийского побережья, судоходна. Формируется на территории республики Беларусь (западный отрог Минской возвышенности), проходит через территории Литвы и Калининградской области и впадает в Куршский залив Балтийского моря. Длина реки в пределах Калининградской области составляет 107 км из общей длины реки 937 км. Площадь водосбора с территории области составляет около 4,2 тыс. км², или 4% от общей площади 98,2 тыс. км². В устьевой части реки Неман речной сток в средний по водности год составляет 19,7 км³, из них формирующийся на территории области около 0,6 км³. Питание Немана смешанное с преобладанием снегового [7].

Дейма - типичная равнинная река, протекает на территории Гвардейского и Полесского районов Калининградской области. Глубина колеблется в пределах 2,0 – 3,0 м. Скорость течения в устьевой части составляет около 0,1 м/сек. Истоком служит река Преголя у г. Гвардейска, а устьем является Куршский залив у г. Полесска. Дно реки местами илистое и глинистое. На всем протяжении долина Деймы имеет типичный трапециевидный профиль. Большая часть долины занята поймой. Надпойменные террасы выражены нечетко [8].

Река Матросовка – протекает в Калининградской области в Российской Федерации. Служит левым рукавом реки Неман. Находится в 48 км от устья Немана и в 7,5 километрах ниже по течению города Советска. В приустьевой части (ниже г. Советска) в 48 км от устья Немана на запад отделяется рукав – р. Матросовка, впадающая в Куршский залив. Матросовка соединяется Немонинским и Приморским (в 7-8 км от устья) каналами в двух местах с р. Немонинкой – Немонином, а через него Полесским каналом – с р. Деймой (рукавом р. Преголи). Устье у посёлка Матросово Полесского района, где река впадает в Куршский залив Балтийского моря. С Приморским каналом Матросовка соединена рекой Деймой, у поселка Заповедное от Матросовки отделяется рукав – река Товарная (Тава). Длина Матросовки составляет 40 км, ширина 60–70 метров, глубина 1,5-3 метра. Матросовка протекает по местности, уровень земли которой находится ниже уровня моря, в связи с этим часть реки укреплена дамбами [9].

В период с 2014 по 2016 гг в реках Неман (2014–2015 гг, 2016 г) и Матросовка (2016 г) у корюшки присутствовали аэромонады *Aeromonas caviae*, бациллы *Bacillus alvei*, *Bacillus brevis*, *Bacillus circulans*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus sphaericus*, энтеробактеры *Enterobacter asburiae*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter agglomerans*, эшерихии *Escherichia coli*, микрококки *Micrococcus agilis*, *Micrococcus kristinae*, *Micrococcus roseus*, псевдомонады *Pseudomonas alcaligenes*, *Pseudomonas cepacia*, *Pseudomonas diminuta*,

Pseudomonas putida, *Pseudomonas putrefaciens*, *Pseudomonas stutzeri*, стрептококки *Streptococcus bovis*, *Streptococcus canis*, *Streptococcus parvulus* [2].

В период с 2014 по 2018 гг. в реках Неман (2014–2015 гг., 2016 г., 2018 г.) и Матросовка (2016 г., 2019 г., 2022–2024 г.) у корюшки присутствовали аэромонады *Aeromonas caviae*, *Aeromonas eucrenophila*, *Aeromonas veronii*, микрококки *Micrococcus agilis*, бациллы *Bacillus circulans*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus brevis*, псевдомонады *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas cepacia*, цитробактеры *Citrobacter freundii*, энтеробактеры *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter asburiae*, *Enterobacter cloacae*, эшерихии *Escherichia coli*, энтеробактеры *Enterobacter intermedius*, микрококки *Micrococcus kristinae*, *Micrococcus roseus*, бациллы *Bacillus sphaericus*, *Bacillus alvei*, энтеробактеры *Enterobacter agglomerans*, стрептококки *Streptococcus parvulus*, псевдомонады *Pseudomonas alcaligenes*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas stutzeri*, *Pseudomonas putrefaciens*, стрептококки *Streptococcus bovis*, *Streptococcus canis*. (таблица 2).

Таблица 2

Видовой состав бактериофлоры корюшки в водоемах Калининградской области

Водоем	Неман				Матросовка			Дейма	
	2014	2015	2016	2018	2016	2019	2024	2022	2023
Условно-патогенные бактерии	10	10	10	12	10	12	6	7	5
р. Aeromonas	1	1	1	3	1	3	1	5	2
<i>Aeromonas caviae</i>	+	+	+	+	+	+		+	+
<i>Aeromonas eucrenophila</i>				+		+			
<i>Aeromonas veronii</i>				+		+		+	+
<i>Aeromonas sobria</i>							+	+	
<i>Aeromonas media</i>								+	
<i>Aeromonas schubertii</i>								+	
р. Pseudomonas	6	6	6	6	6	6		1	1
<i>Pseudomonas putrefaciens</i>				+		+			
<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	+	+	+	+	+	+			
<i>Pseudomonas cepacia</i>	+	+	+	+	+	+			
<i>Pseudomonas diminuta</i>	+	+	+	+	+	+			
<i>Pseudomonas putida</i>	+	+	+	+	+	+			
<i>Pseudomonas putrefaciens</i>	+	+	+		+				
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	+	+	+	+	+	+			
<i>Pseudomonas mallei</i>									+
<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i>								+	
р. Streptococcus	3	3	3	3	3	3	5		2
<i>Streptococcus bovis</i>	+	+	+	+	+	+			
<i>Streptococcus canis</i>	+	+	+	+	+	+			
<i>Streptococcus parvulus</i>				+		+			
<i>Streptococcus parvulus</i>	+	+	+		+				
<i>Streptococcus agalactiae</i>							+		
<i>Streptococcus canis</i>							+		
<i>Streptococcus equi</i>							+		+
<i>Streptococcus ferus</i>							+		
<i>Streptococcus iniae</i>							+		+
р. Hafnia								1	
<i>Hafnia alvei</i>								+	
Сапрофитные бактерии	7	7	7	9	7	10	8	1	11
р. Bacillus	4	4	4	7	4	7	5	1	11
<i>Bacillus alvei</i>	+	+	+	+	+	+			+

Водоем	Неман				Матросовка			Дейма	
	2014	2015	2016	2018	2016	2019	2024	2022	2023
<i>Bacillus brevis</i>	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Bacillus circulans</i>				+		+	+		
<i>Bacillus coagulans</i>				+		+	+	+	+
<i>Bacillus firmus</i>				+		+			+
<i>Bacillus megaterium</i>	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Bacillus sphaericus</i>	+	+	+	+	+	+			+
<i>Bacillus polymyxa</i>							+		+
<i>Bacillus badius</i>									+
<i>Bacillus macerans</i>									+
<i>Bacillus pulvifaciens</i>									+
<i>Bacillus stearothermophilus</i>									+
р. Micrococcus	3	3	3	2	3	3	2		
<i>Micrococcus agilis</i>	+	+	+		+	+	+		
<i>Micrococcus kristinae</i>	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Micrococcus roseus</i>	+	+	+	+	+	+			
р. Anaerobis							1		
<i>Anaerobis cocci</i>							+		
Бактерии группы кишечной палочки	4	4	4	7	4	7	1		2
р. Enterobacter	3	3	3	5	3	5	1		2
<i>Enterobacter aerogenes</i>	+	+	+	+	+	+			
<i>Enterobacter agglomerans</i>	+	+	+	+	+	+			
<i>Enterobacter asburiae</i>	+	+	+	+	+	+			
<i>Enterobacter cloacae</i>				+		+			
<i>Enterobacter intermedius</i>				+		+	+		
<i>Enterobacter agglomerans</i>									+
<i>Enterobacter nimipressuaralis</i>									+
р. Escherichia	1	1	1	1	1	1			
<i>Escherichia coli</i>	+	+	+	+	+	+			
р. Citrobacter				1		1			
<i>Citrobacter freundii</i>				+		+			

Из условно-патогенных бактерий у корюшки в Немане, Дейме и Матросовке в 2014–2018 гг. присутствовало 19 видов: *Aeromonas caviae*, *Aeromonas eucrenophila*, *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas media*, *Aeromonas sobria*, *Aeromonas veronii*, *Pseudomonas alcaligenes*, *Pseudomonas cepacia*, *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas facillis*, *Pseudomonas mendocina*, *Pseudomonas putrefaciens*, *Pseudomonas stutzeri*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus canis*, *Streptococcus equinis*, *Streptococcus parvulus*. Преобладали псевдомонады. В Немане, Дейме и Матросовке 2020 г разнообразие уменьшилось, это связано с поступлением хозяйственно-бытовых сточных вод, нами обнаружены 4 вида бактерий: *Aeromonas sobria*, *Aeromonas media*, *Aeromonas veronii*, *Pseudomonas putida*. Преобладали аэромонады. В Дейме в 2022 г. разнообразие увеличилось, нами обнаружены 6 видов: *Aeromonas caviae*, *Aeromonas media*, *Aeromonas schubertii*, *Aeromonas sobria*, *Aeromonas veronii*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes*. Преобладали аэромонады. В Дейме в 2023 г. разнообразие уменьшилось, нами обнаружены 5 видов: *Aeromonas caviae*, *Aeromonas veronii*, *Pseudomonas mallei*, *Streptococcus equi*, *Streptococcus iniae*. Преобладали аэромонады и стрептококки. В Матросовке в 2024 г. разнообразие увеличилось, нами обнаружены 6 видов: *Aeromonas sobria*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus canis*, *Streptococcus equi*, *Streptococcus ferus*, *Streptococcus iniae*. Преобладали стрептококки. Наиболее разнообразна бактериофлора корюшки в Немане, Дейме и Матросовке в 2014–2019 гг. (Рис. 2.).

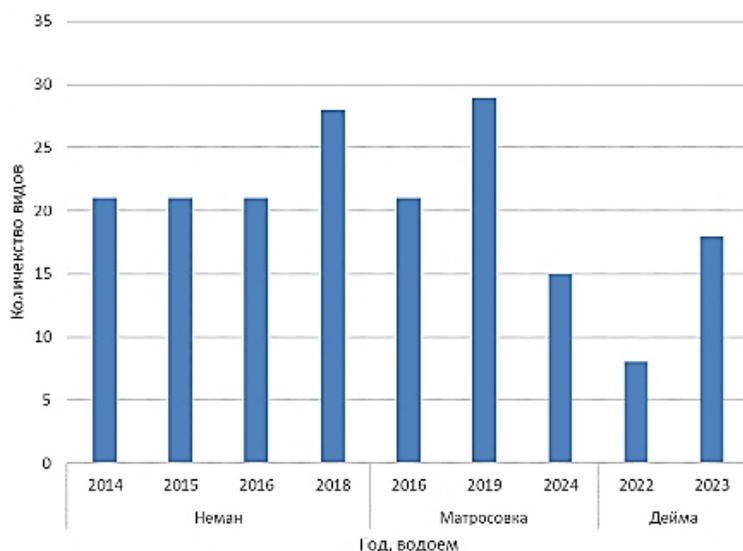


Рис. 2. Видовое разнообразие бактериофлоры корюшки водоемов Калининградской области

Из сапрофитных бактерий у корюшки в Немане, Дейме и Матросовке в 2014-2019 гг присутствовало 10 видов: *Bacillus alvei*, *Bacillus brevis*, *Bacillus circulans*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus sphaericus*, *Micrococcus agilis*, *Micrococcus kristinae*, *Micrococcus roseus*. Отсутствовали бациллы *Bacillus badius*, *Bacillus cereus*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus pulvifaciens*, *Bacillus stearothermophilus*. Преобладали бациллы. В Немане, Дейме и Матросовке в 2014-2019 гг разнообразие уменьшилось, присутствовало 5 видов бацилл: *Bacillus alvei*, *Bacillus cereus*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus megaterium*. Отсутствовали бациллы *Bacillus badius*, *Bacillus brevis*, *Bacillus circulans*, *Bacillus macerans*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus pulvifaciens*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus stearothermophilus* и микрококки *Micrococcus agilis*, *Micrococcus kristinae*, *Micrococcus roseus*. В Дейме в 2022 г нами обнаружены бациллы *Bacillus coagulans*. Отсутствовали бациллы *Bacillus alvei*, *Bacillus badius*, *Bacillus brevis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus circulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus macerans*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus pulvifaciens*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus stearothermophilus* и микрококки *Micrococcus agilis*, *Micrococcus kristinae*, *Micrococcus roseus*. В Дейме в 2023 г нами обнаружены 11 видов бацилл: *Bacillus alvei*, *Bacillus badius*, *Bacillus brevis*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus macerans*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus pulvifaciens*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus stearothermophilus*. Отсутствовали бациллы *Bacillus cereus*, *Bacillus coagulans* и микрококки *Micrococcus agilis*, *Micrococcus kristinae*, *Micrococcus roseus*. В Матросовке в 2024 году нами обнаружены 7 видов: *Bacillus brevis*, *Bacillus circulans*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus polymyxa*, *Micrococcus agilis*, *Micrococcus kristinae*. Отсутствовали бациллы *Bacillus alvei*, *Bacillus badius*, *Bacillus cereus*, *Bacillus firmus*, *Bacillus macerans*, *Bacillus pulvifaciens*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus stearothermophilus* и микрококки *Micrococcus roseus*. Преобладали бациллы. Наиболее разнообразна бактериофлора корюшки в Немане, Дейме и Матросовке в 2014–2019 гг. и в Дейме в 2023 г. (Рис. 3.).

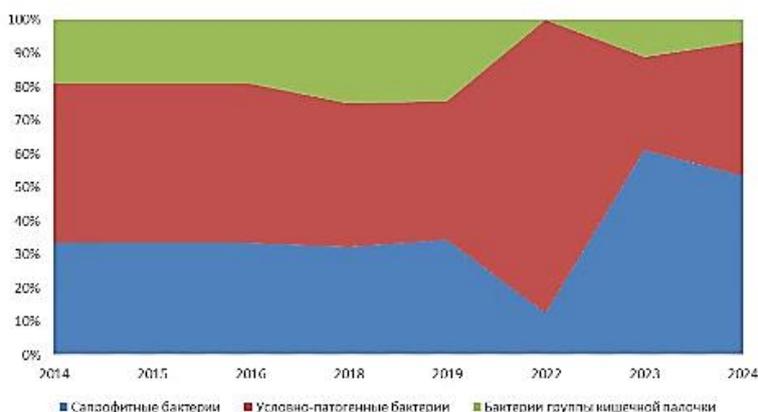


Рис. 3. Соотношение групп бактерий корюшки рек Калининградской области

Из бактерий группы кишечной палочки у корюшки в Немане, Дейме и Матросовке в 2014-2019 гг. присутствовало 7 видов: *Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter agglomerans*, *Enterobacter asburiae*, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter intermedius*, *Escherichia coli*. Отсутствовали энтеробактеры *Enterobacter nimipressuralis*. Преобладали энтеробактеры. В Немане, Дейме и Матросовке в 2014-2019 гг разнообразие уменьшилось, присутствовали эшерехии *Escherichia coli*, энтеробактеры и цитробактеры отсутствовали. В Дейме в 2022 г цитробактеры, энтеробактеры и эшерихии отсутствовали. В Дейме в 2023 г нами обнаружены 2 вида энтеробактеров: *Enterobacter agglomerans*, *Enterobacter nimipressuralis*. Отсутствовали цитробактеры *Citrobacter freundii*, энтеробактеры *Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter asburiae*, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter intermedius* и эшерихии *Escherichia coli*. В Матросовке в 2024 году нами обнаружены энтеробактеры *Enterobacter nimipressuralis*. Отсутствовали цитробактеры *Citrobacter freundii*, энтеробактеры *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter agglomerans*, *Enterobacter asburiae*, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter intermedius*, *Enterobacter nimipressuralis* и эшерихии *Escherichia coli*. Наиболее разнообразна бактериофлора корюшки в Немане, Дейме и Матросовке в 2014 – 2019 гг. (Рис. 3.).

В 2019 г в реках Неман, Дейма и Матросовка у корюшки присутствовали аэромонады *Aeromonas caviae*, *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas media*, *Aeromonas sobria*, *Aeromonas veronii*, бациллы *Bacillus alvei*, *Bacillus brevis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus circulans*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus megaterium*, энтеробактеры *Enterobacter agglomerans*, псевдомонады *Pseudomonas facillis*, *Pseudomonas mendocina*, *Pseudomonas putida*, стрептококки *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus equinis* (Рис. 4.).

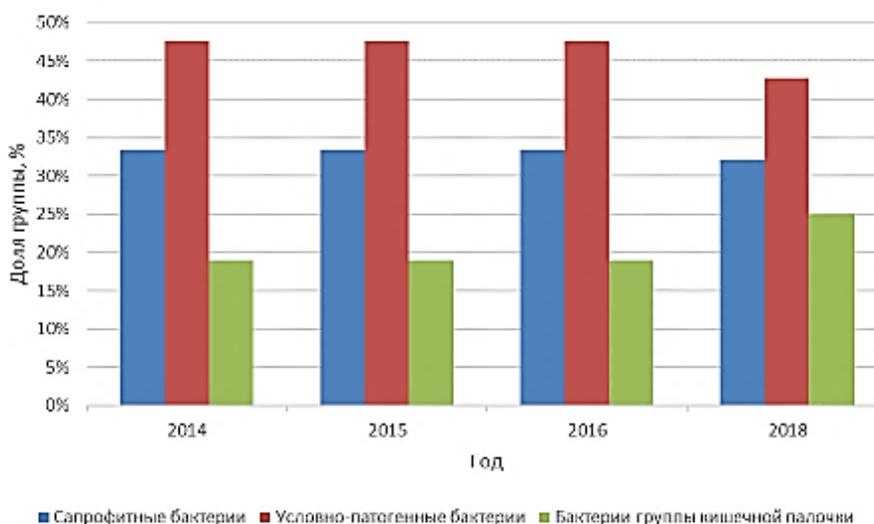


Рис. 4. Соотношение групп бактерий корюшки реки Неман

В реках Неман, Дейма и Матросовка у корюшки присутствовали аэромонады *Aeromonas media*, *Aeromonas sobria*, *Aeromonas veronii*, бациллы *Bacillus alvei*, *Bacillus cereus*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus megaterium*, псевдомонады *Pseudomonas putida*.

В 2022 г (осенью-зимой) в реке Дейма у корюшки присутствовали аэромонады *Aeromonas caviae*, *Aeromonas media*, *Aeromonas schubertii*, *Aeromonas sobria*, *Aeromonas veronii*, бациллы *Bacillus coagulans*, псевдомонады *Pseudomonas pseudoalcaligenes*.

В 2023 г (зимой-весной) в реке Дейма у корюшки присутствовали аэромонады *Aeromonas caviae*, *Aeromonas veronii*, бациллы *Bacillus brevis*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus pulvifaciens*, *Bacillus stearothermophilus*, энтеробактеры *Enterobacter nimipressuralis*, стрептококки *Streptococcus equi*, *Streptococcus iniae*.

В 2023 г в реке Дейма у корюшки нами встречены аэромонады (*Aeromonas veronii*), бациллы (8 видов), энтеробактеры (*Enterobacter agglomerans*, *Enterobacter nimipressuralis*), псевдомонады (*Pseudomonas mallei*) (Рис. 5.).

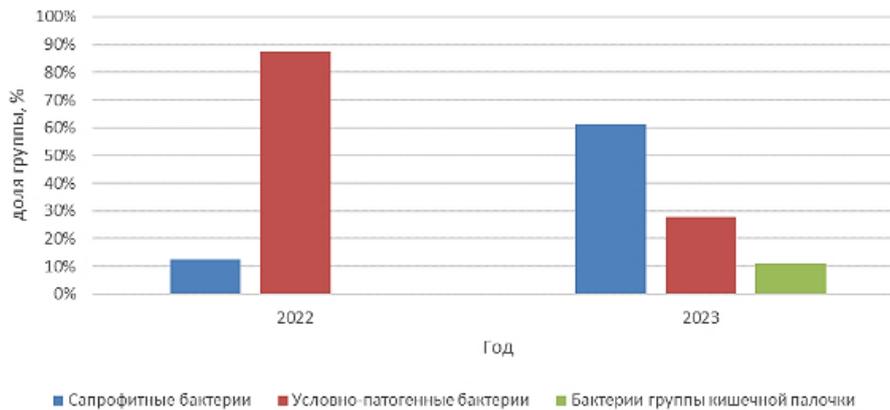


Рис. 5. Соотношение групп бактерий корюшки реки Дейма

В 2024 г в реке Матросовка у корюшки присутствовали аэромонады *Aeromonas sobria*, бациллы *Bacillus brevis*, *Bacillus circulans*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus megaterium*, энтеробактеры *Enterobacter nimipressuralis*, микрококки *Micrococcus agilis*, *Micrococcus kristinae*, стрептококки *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus canis*, *Streptococcus equi*, *Streptococcus ferus*, *Streptococcus iniae* (рисунок 6).

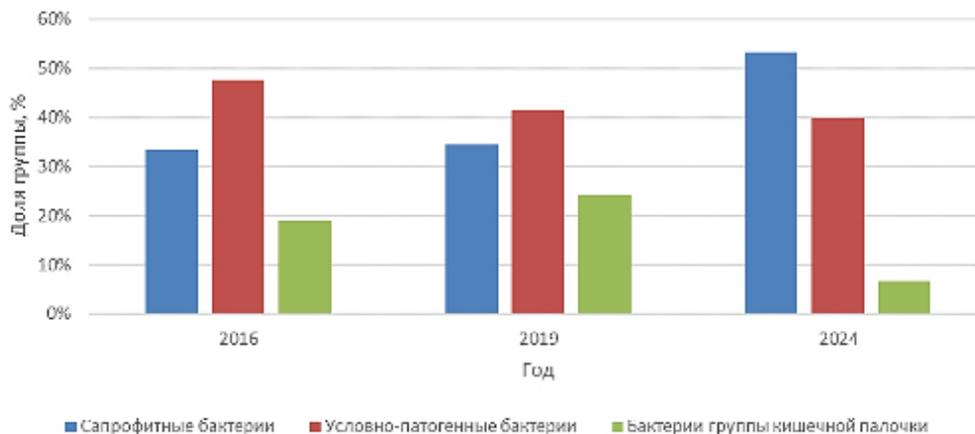


Рис. 6. Соотношение групп бактерий корюшки реки Матросовка

Ежегодно в период 2014-2019 гг в реках Неман, Дейма и Матросовка в микрофлоре корюшки присутствовали *Aeromonas caviae*, *Aeromonas eucrenophila*, *Acinetobacter baumannii*, *Aeromonas veronii*, *Bacillus alvei*, *Bacillus brevis*, *Bacillus circulans*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus sphaericus*, *Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter asburiae*, *Enterobacter agglomerans*, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter intermedius*, *Escherichia coli*, *Micrococcus agilis*, *Micrococcus kristinae*, *Micrococcus roseus*, *Pseudomonas alcaligenes*, *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas cepacia*, *Pseudomonas putrefaciens*, *Pseudomonas stutzeri*, *Streptococcus bovis*, *Streptococcus parvulus*, *Streptococcus canis*.

В 2020 г присутствовали *Aeromonas veronii*, *Bacillus firmus*, *Bacillus megaterium*.

Виды бактерий в микрофлоре корюшки не присутствующие ежегодно: в 2014-2016 отсутствовали *Bacillus alvei*, *Bacillus sphaericus*. В 2019 г отсутствовали: *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas media*, *Aeromonas sobria*, *Bacillus alvei*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas facillis*, *Pseudomonas mendocina*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus equinus*.

В 2020 г отсутствовали: *Aeromonas media*, *Aeromonas sobria*, *Bacillus alvei*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus cereus*. В 2022 г у корюшки отсутствовали аэромонады *Aeromonas caviae*, *Aeromonas media*, *Aeromonas schubertii*, *Aeromonas sobria*, *Aeromonas veronii*, бациллы *Bacillus coagulans*, псевдомонады *Pseudomonas pseudoalcaligenes* [2].

В 2023 г у корюшки одинаково отсутствовали *Aeromonas veronii*, *Bacillus brevis*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus stearothermophilus*, *Enterobacter nimipressuralis*.

В 2024 г у корюшки отсутствовали *Aeromonas sobria*, *Anaerobis cocci*, *Bacillus brevis*, *Bacillus circulans*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus megaterium*, *Enterobacter nimipressuralis*, *Micrococcus agilis*, *Micrococcus kristinae*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus canis*, *Streptococcus equi*, *Streptococcus ferus*, *Streptococcus iniae*. Все остальные виды бактерий обсеменяли корюшку незначительно.

В 2023 году условно-патогенные бактерии корюшки были представлены 4 видами бактерий: *Aeromonas caviae*, *Aeromonas veronii*, *Streptococcus equi*, *Streptococcus iniae*. В микрофлоре корюшки аэромонады и стрептококки присутствовали практически в равных количествах

В 2023 году нами были высеяны условно-патогенные бактерии: были представлены аэромонадами и псевдомонадами. Доминировали аэромонады (60%), псевдомонады составили (40%)

В 2024 году условно-патогенные бактерии были представлены 6 видами бактерий: *Aeromonas sobria*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus canis*, *Streptococcus equi*, *Streptococcus ferus*, *Streptococcus iniae* Наибольшее видовое разнообразие было представлено у стрептококков. *Streptococcus iniae* (28%), *Aeromonas sobria* (21%), *Streptococcus ferus* (18%), *Streptococcus canis* (17%), *Streptococcus equi* (10%), *Streptococcus canis* (17%). Аэромонады обсеменяли рыбу незначительно.

В микробиоценозе корюшки преобладали аэромонады, на втором месте расположились стрептококки, незначительное обсеменение пришлось на псевдомонад и гафний.

Сапрофитные бактерии с 2014 по 2024 годах представлены бациллами и микрококками. С 2014 по 2019 год из бацилл присутствовали *Bacillus alvei*, *Bacillus brevis*, *Bacillus circulans*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus sphaericus*. В 2020 году (в Немане, Дейме, Матросовке) присутствовали *Bacillus alvei*, *Bacillus cereus*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus megaterium*. В 2022 году (в Дейме) присутствовали только *Bacillus coagulans*. В 2023 году (в Дейме) отсутствовали *Bacillus cereus*, *Bacillus circulans*. В 2024 году (в Матросовке) присутствовали *Bacillus brevis*, *Bacillus circulans*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus polymyxa*. Микрококки присутствовали только с 2014 по 2019 год. В 2024 году (в Матросовка) присутствовали *Micrococcus agilis*, *Micrococcus kristinae*.

Бактерии группы кишечной палочки с 2014 по 2024 гг представлены цитробактерами, энтеробактерами и эшерихиями. *Citrobacter freundii* присутствовал с 2014 по 2019 год. Из энтеробактеров в 2019 году отсутствовали *Enterobacter nimipressuralis*. В 2020 году (в Немане, Дейме и Матросовке) и в 2022 году (в Дейме) энтеробактеры отсутствовали. В 2023 году (в Дейме) присутствовали *Enterobacter agglomerans* и *Enterobacter nimipressuralis*. В 2024 году (в Матросовке) присутствовали *Enterobacter nimipressuaralis*. *Эшерихии Escherichia coli* присутствовали только с 2014 по 2020 год.

Условно-патогенные бактерии в период с 2014 по 2024 годах представлены аэромонадами, псевдомонадами и стрептококками. С 2014 по 2019 годы в реках Неман, Дейма и Матросовка отсутствовали *Aeromonas schubertii*. В 2023 году (в Дейма) присутствовали *Aeromonas caviae* и *Aeromonas veronii*, в 2024 г (в Матросовке) *Aeromonas sobria*. Из псевдомонады в 2020 году (в Немане, Дейме и Матросовке) присутствовали *Pseudomonas putida*, в 2022 году (в Дейме) *Pseudomonas pseudoalcaligenes*, в 2023 году (в Дейме) *Pseudomonas mallei*, в 2024 году псевдомонады отсутствовали. Из стрептококков с 2014 по 2019 годы отсутствовали *Streptococcus equi*, *Streptococcus ferus*, *Streptococcus iniae*. В 2020 году (в Немане, Дейме и Матросовке) и 2022 году (в Дейме) стрептококки отсутствовали. В 2023 году присутствовали только *Streptococcus equi* и *Streptococcus iniae*. В 2024 году (в Матросовке) присутствовали *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus canis*, *Streptococcus equi*, *Streptococcus ferus*, *Streptococcus iniae*.

Бактерии *Aeromonas media*, *Aeromonas schubertii*, *Hafnia alvei* были патогенны по протеолитической активности, следовательно, они при возникновении стрессовых условий могут вызвать у рыб бактериальные инфекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурбах, А. С. Промысел корюшки в транзитной системе река Неман-Куршский залив в условиях изменяющихся гидрометеорологических факторов / А. С. Бурбах, С. В. Шибяев // Современные методы оценки и рационального использования водных биологических ресурсов : Тезисы международной научно-практической конференции, Москва, 20–24 ноября 2023 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2023. – С. 36-39. – EDN OECISO.

2. Микрофлора и паразитофауна европейской корюшки *Osmerus eperlanus eperlanus* (Linnaeus, 1758) и сетка *Osmerus eperlanus eperlanus m.spirinchus* (Linnaeus, 1758) водоемов бассейна Куршского залива (Балтийское море) / Е.В. Авдеева, Е.Б. Евдокимова, Е.В. Мажуга // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства. – 2019. – Материалы нац. науч.-техн. конф., г. Владивосток, 22–23 мая 2019. – Владивосток, 2019. – С. 49-56.

3. Авдеева Е.В., Мажуга Е.В., Новожилов О.А. Обсеменённость корюшки (*Osmerus eperlanus*) бактериями различных таксономических групп. // Научный журнал «Известия КГТУ». – 2020. – №57. – С. 11-18.

4. Практикум по ихтиопатологии / Н.А. Головина, Е.В. Авдеева, Е.Б. Евдокимова и др. – М.: МОРКНИГА, 2016. – 471 с.

5. Определитель бактерий Берджи. Т. 1. (Под ред. Дж. Хоулта). – М.: Мир, 1997. – 432 с.

6. Определитель бактерий Берджи Т. 2. (Под ред. Дж. Хоулта). – М.: Мир, 1997. – 368 с.

7. Приложение 2 к Схеме комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Неман и рек бассейна Балтийского моря (российская часть в Калининградской области), утвержденной приказом Невско-Ладожского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов от «09 » декабря 2014 г. № 171. Сводная записка. // Электрон. дан. Режим доступа URL: https://www.nord-west-water.ru/upload/information_system_18/1/2/4/item_12405/property_value_5068.pdf (дата обращения 08.02.2024).

8. Река Дейма в Калининградской области. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://day-off39.ru/otdykh-v-kaliningrade-i-oblasti/oblast/8120-dejma> (дата обращения 30.01.2024).

9. Все реки. Матросовка. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://vsereki.ru/atlanticheskij-ocean/bassejn-baltijskogo-morya/matrosovka> (дата обращения 08.02.2024).

MICROFLORA OF SMELT *OSMERUS EPERLANUS* (LINNAEUS, 1758) IN SOME WATER BODIES OF THE KALININGRAD REGION OVER A LONG PERIOD OF TIME (2014–2024)

¹Avdeeva Elena Vitalievna, PhD in Biology, Professor,

Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

²Novozhilov Oleg Anatolyevich, PhD in Biology, Associate Professor,

Director of the Institute of Fisheries and Aquaculture

³Trofimova Anastasia Valerievna, Master

^{1,2,3}Kaliningrad State Technical University,

Kaliningrad, Russia, e-mail: elena.avdeeva@klgtu.ru

The microflora of the European smelt in the Neman, Matrosovka, and Deima rivers was studied. The material for the study was 185 smelt specimens. Bacteriological culture was carried out using the generally accepted ichthyopathology method. Bacteria were identified by a combination of cultural, morphological, and physiological-biochemical characteristics. Saprophytic bacteria, coliform bacteria, and opportunistic bacteria (aeromonads and pseudomonads) were found in the smelt microbiocenosis. Aeromonads can cause bacterial infections in fish under stressful conditions.

ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ НА РАННИХ СТАДИЯХ ИХ РАЗВИТИЯ В ВОДАХ СЕВЕРНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТЕЙ МАРОККО

¹Архипов Александр Геральдович, д-р биол. наук,
научный координатор и профессор кафедры

²Пак Регина Анатольевна, старший инженер

³Симонова Татьяна Александровна, старший инженер

⁴Петренко Светлана Геннадьевна, студент кафедры ВБА, техник

^{1,4}Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия

^{2,3,4}Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО»),
Калининград, Россия, e-mail: arkhipov@atlant.vniro.ru

Рассчитаны индексы численности и абсолютная численность икринок и личинок массовых видов рыб северной и южной частей Марокко. В рассматриваемых районах численность сельдевых значительно превышала численность ставридовых и скумбриевых на ранних стадиях онтогенеза. Для анализа динамики численности массовых видов ихтиопланктона в водах Марокко можно применять результаты расчёта численности икринок и личинок рыб обоими методами, на что указывают высокие коэффициенты корреляции между сравниваемыми параметрами.

Введение

Выявление закономерностей динамики численности рыбных скоплений – одна из основных задач экологии рыб [1]. Мониторинг динамики численности популяций является важной составляющей рациональной эксплуатации запасов рыб, базирующейся на прогнозировании численности будущих поколений с различной заблаговременностью. Основные параметры численности поколений рыб, как правило, закладываются в течение ранних периодов жизни – эмбриональном, личиночном и мальковом. Поэтому эффективное изучение динамики численности промысловых рыб, и, соответственно, решение проблем долгосрочного прогнозирования и оценки рыбных запасов невозможны без выяснения закономерностей выживания рыб в раннем онтогенезе.

Атлантический филиал ВНИРО (АтлантНИРО) многие годы проводит комплексные исследования водных биоресурсов (ВБА) в районе Центрально-Восточной Атлантики (ЦВА). Эти исследования включают и изучение ранних стадий развития массовых видов рыб. Практически ежегодно проводятся планктонные съёмки в Исключительной Экономической Зоне (ИЭЗ) Марокко, которая находится в северной части ЦВА. Воды атлантического побережья Марокко находятся под воздействием холодного Канарского течения, которое насыщено биогенами, что создаёт благоприятные условия для развития кормовой базы, нереста и нагула массовых рыб. Также благоприятное воздействие на развитие кормовой базы и образование скоплений рыб оказывает Канарский апвеллинг. Соответственно динамика численности ранних стадий развития рыб в значительной степени зависит от складывающихся в этих районах гидрологических условий [2-7].

В районе ЦВА по разным источникам обитает от 800 до 1000 видов рыб. Пелагические фазы развития (икринки, личинки, мальки) проходит более 170 видов [3-12]. Наиболее массовыми представителями ихтиоценоза ЦВА являются виды сем. Сельдевые – европейская сардина (*Sardina pilchardus*) и круглая сардинелла (*Sardinella aurita*), сем. Ставридовые - европейская (*Trachurus trachurus*) и западноафриканская (*Trachurus trecae*) ставриды, и сем. Скумбриевые – восточная скумбрия (*Scomber colias*). Вспышки численности некоторых других видов рыб, таких как плоская сардинелла (*Sardinella maderensis*), европейский анчоус (*Engraulis encrasicolus*), каранкс (*Caranx rhonchus*), пелагида (*Sarda sarda*), наблюдаются не каждый год и не на всей рассматриваемой акватории [3, 9].

Цель предлагаемой работы – разными методами рассчитать численность массовых видов рыб на ранних стадиях их развития в северной и южной частях Марокко и оценить возможность применения полученных результатов.

Материал и методика

Нами проанализированы ихтиопланктонные съёмки за 2003 – 2022 гг. в водах северной (32°-28° с.ш.) и южной (28°-21° с.ш.) частей Марокко. В северной части ИЭЗ Марокко ежегодно выполнялось 20-25 планктонных станций, в южной – 35-40 (рис. 1). Материал собирался планктоносборщиком «Бонго-20» с газом № 17-21 (шаг ячеек 333 - 417 мк). Вёлся ступенчато-косой лов на горизонтах 100, 50, 35, 25, 10 и 0 м по 1,5-3 мин. на каждом горизонте. Скорость судна при обловах составляла 2,0-3,0 узла [13-14]. Планктонные станции распределялись перпендикулярно к побережью над глубинами от 20 до 1000 м. Собранные пробы фиксировались 3-4% формальдегидом, и затем в лабораторных условиях обрабатывались под бинокулярными микроскопами МБС-9 и МБС-10 (увеличение 8 x 2, 8 x 4). В ходе обработки определялись качественный и количественный составы ихтиопланктона. Индексы численности икринок и личинок массовых видов рыб рассчитывали площадным методом [15]. Под индексом численности мы подразумеваем сумму икринок или личинок рыб определённого вида в слое воды 0-100 м в промысловых квадратах на акватории съёмки (численность икринок или личинок под м² интерполировалась на площадь промыслового квадрата размерами 20,0 x 18,7 морских миль или 20' долготных минут x 20' широтных минут). Количество выполненных станций равнялось количеству взятых для расчёта промысловых квадратов. Абсолютная численность ихтиопланктона определялась с помощью базы данных АтлантНИРО «Ихтиопланктон океанических районов» и корпоративной геоинформационной системы. Функционирует геоинформационная система АтлантНИРО на основе информационных web-технологий и частично – облачных вычислений (cloud computing). При расчётах применяется метод обратно взвешенных расстояний [16-18]. Следовательно абсолютная численность ихтиопланктона – это количество икринок или личинок массовых видов рыб в толще воды 0-100 м, рассчитанное с помощью интерполяции для всей исследуемой акватории (от побережья до изобаты 1000 м). За рассматриваемый период с 2003 по 2022 гг. было выполнено и проанализировано 25 ихтиопланктонных съёмок в северной и южной частях Марокко, проведённых в разные периоды года.

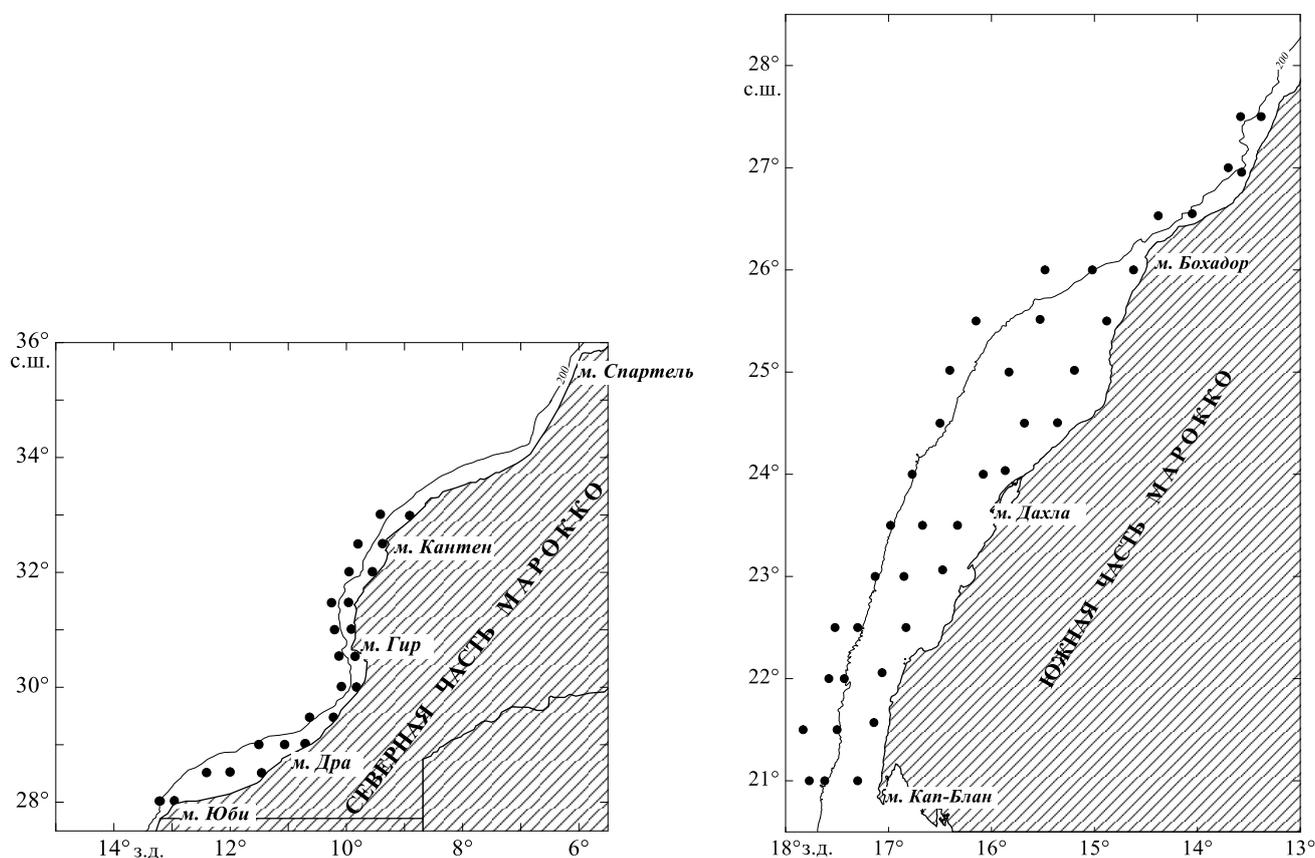


Рис. 1. Сетки станций в районах исследований

Результаты и обсуждение

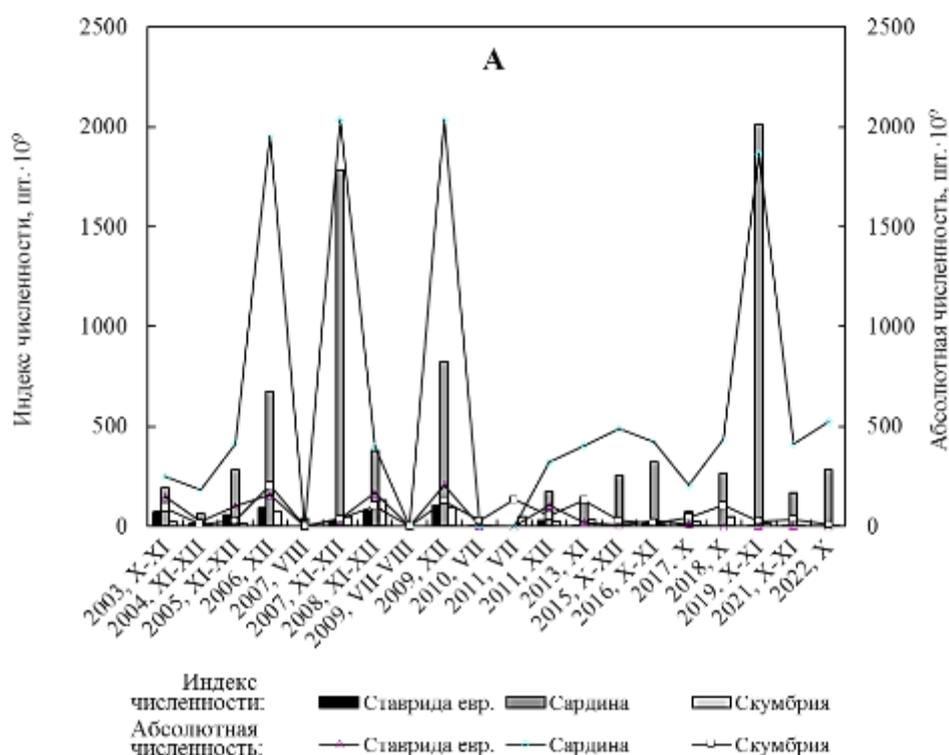
В водах северной и южной частей Марокко, в основном обитают представители субтропической и тропической ихтиофаун [3, 9]. В исследуемых нами районах были отмечены икринки и личинки более 100 видов рыб из почти 70 семейств [5-7, 19-20]. Мальки в пробах встречались редко. Из рассматриваемых в этой работе массовых видов рыб ЦВА европейская сардина, европейская ставрида и восточная скумбрия являются типичными представителями субтропической ихтиофауны, а круглая сардинелла и западноафриканская ставрида – типичные представители тропической ихтиофауны. Видовой состав ихтиопланктона в ИЭЗ Марокко в разные годы был примерно одинаков, но отмечались значительные количественные изменения массовых видов рыб на ранних стадиях онтогенеза по районам исследований и по сезонам года. Рассмотрим эти изменения.

Акватория северной части Марокко

В акватории северной части Марокко в значительных количествах отмечались икринки и личинки субтропических видов рыб, пик нереста у которых приходится на холодные периоды года. Икринки и личинки тропических видов встречались в меньших количествах и чаще в тёплые периоды года. Нами рассчитаны индексы численности и абсолютная численность икринок и личинок массовых субтропических и тропических видов рыб. На рисунках 2-3 отражены полученные результаты.

Можно отметить, что численность сельдевых на ранних стадиях онтогенеза значительно превышала численность ставридовых и скумбриевых (исключение – западноафриканская ставрида в 2010 г.). Колебания численности икринок и личинок ставридовых и скумбриевых варьировали примерно в одних пределах (рис. 2-3). Икринки и личинки европейской сардины в пробах были наиболее многочисленны. В холодные сезоны 2003-2009 гг. наблюдалась их повышенная численность, далее до 2013 г. отмечался спад, а затем – снова увеличение численности. Полученные закономерности позволяли анализировать интенсивность нереста и динамику численности массовых видов рыб в раннем онтогенезе.

Рассчитанные средние значения абсолютной численности массовых видов ихтиопланктона превышали средние значения индексов численности икринок и личинок рыб в 1,4-3,1 раза (табл. 1).



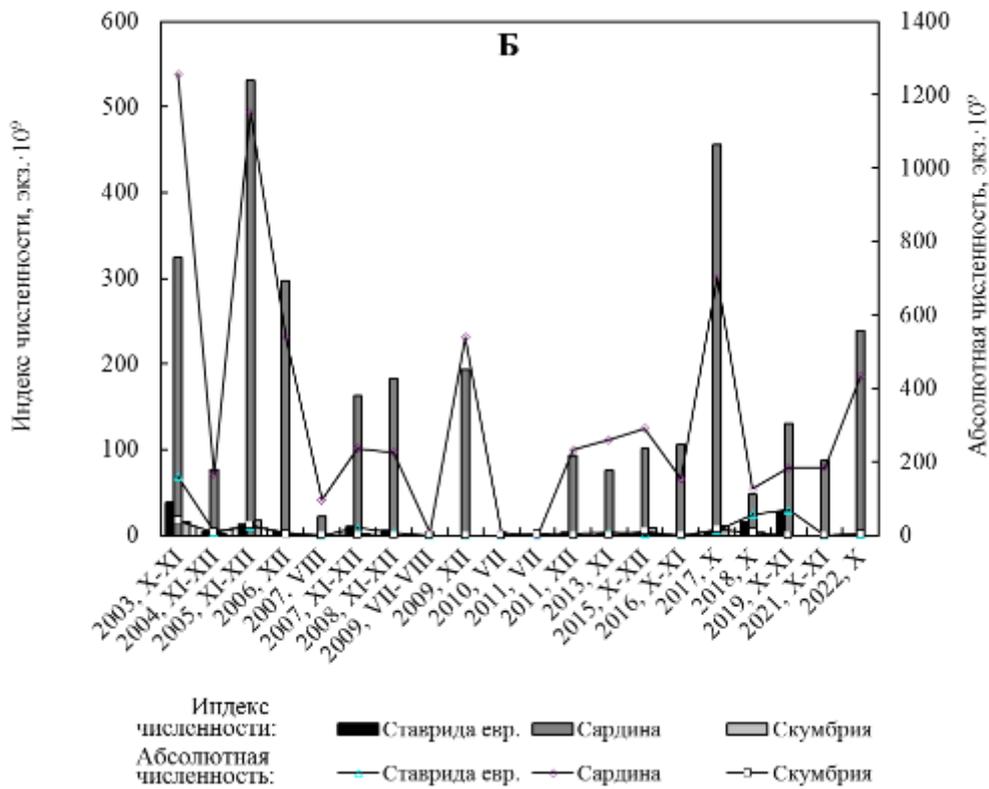
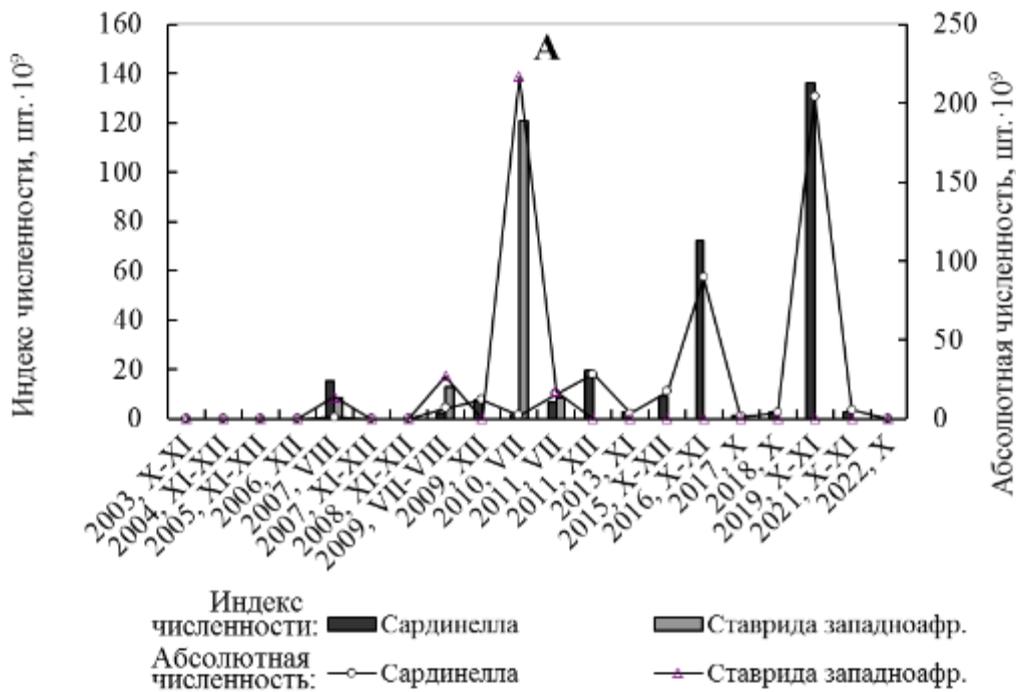


Рис. 2. Динамика численности икринок (А) и личинок (Б) массовых субтропических видов рыб в северной части Марокко в 2003-2022 гг.



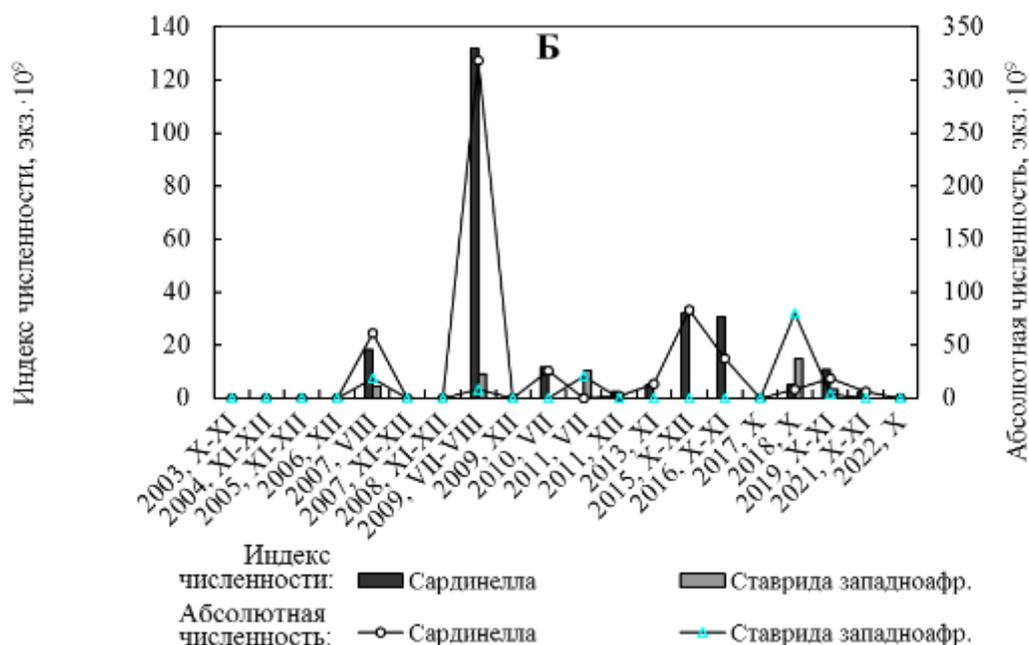


Рис. 3. Динамика численности икринок (А) и личинок (Б) массовых тропических видов рыб в северной части Марокко в 2003-2022 гг.

Таблица 1

Средние значения численности икринок (И) и личинок (Л) массовых видов рыб в северной части Марокко в 2003–2022 гг., экз. × 10⁹

Показатель	Европейская сардина		Круглая сардинелла		Европейская ставрида		Западноафриканская ставрида		Восточная скумбрия	
	И	Л	И	Л	И	Л	И	Л	И	Л
ИЧ	395,9	156,6	14,0	12,5	25,8	6,5	7,6	2,1	31,5	3,2
АЧ	617,9	339,5	19,6	28,7	51,2	19,3	13,8	6,6	60,7	5,9
АЧ/ИЧ	1,6	2,2	1,4	2,3	2,0	3,0	1,8	3,1	1,9	1,8
r (p < 0,01)	0,85	0,88	0,99	0,99	0,97	0,96	0,99	0,83	0,70	0,93

Примечание. Здесь и в табл. 2: ИЧ – индекс численности, АЧ – абсолютная численность, r – коэффициент корреляции, p – уровень значимости.

Как видно из таблицы 1, изменения средних значений индексов численности и абсолютной численности икринок и личинок массовых рыб в рассматриваемые годы в северной части Марокко были одинаковыми, на что указывают высокие коэффициенты корреляции и уровни значимости. Следовательно, для анализа динамики численности рассматриваемых видов ихтиопланктона в этом районе можно применять результаты обоих методов расчёта. Однако абсолютные значения рассчитаны для всей исследуемой акватории, а не для стандартных станций, поэтому они, на наш взгляд, точнее отражают динамику численности ихтиопланктона.

Акватория южной части Марокко

В южной части Марокко наблюдается увеличение численности массовых рыб на всех стадиях онтогенеза. Следует отметить, что шельф в этом районе, по сравнению с северной частью, более широкий, и это благоприятствует нересту и нагулу большего количества пелагических рыб. Здесь массово встречаются представители субтропической и тропической ихтиофауны. Рассматриваемые нами 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.

На рисунках 4-5 представлены результаты расчётов индексов численности и абсолютной численности массовых субтропических и тропических видов рыб на ранних стадиях их развития.

В южной части Марокко отмечена такая же закономерность в колебаниях численности икринок и личинок массовых видов рыб, как и для северной части. А именно – численность сельдевых значительно превышала численность ставридовых и скумбриевых на ранних стадиях онтогенеза. Икринки и личинки европейской сардины, европейской ставриды и восточной скумбрии чаще отмечались в холодные сезоны года, а икринки и личинки круглой сардинеллы и западноафриканской ставриды – в тёплые. Колебания численности европейской сардины на ранних стадиях развития в акватории южного Марокко были близки к таковым северной части. Отмечалась повышенная численность икринок и личинок этого вида в холодные периоды 2003-2004, 2008-2010 и 2013-2019 гг., как и для северной акватории (рис. 2-5).

Как и для северной части Марокко в южной части средние значения абсолютной численности превышали средние значения индексов численности массовых видов ихтиопланктона. Они были больше в 1,4-3,0 раза (табл. 2).

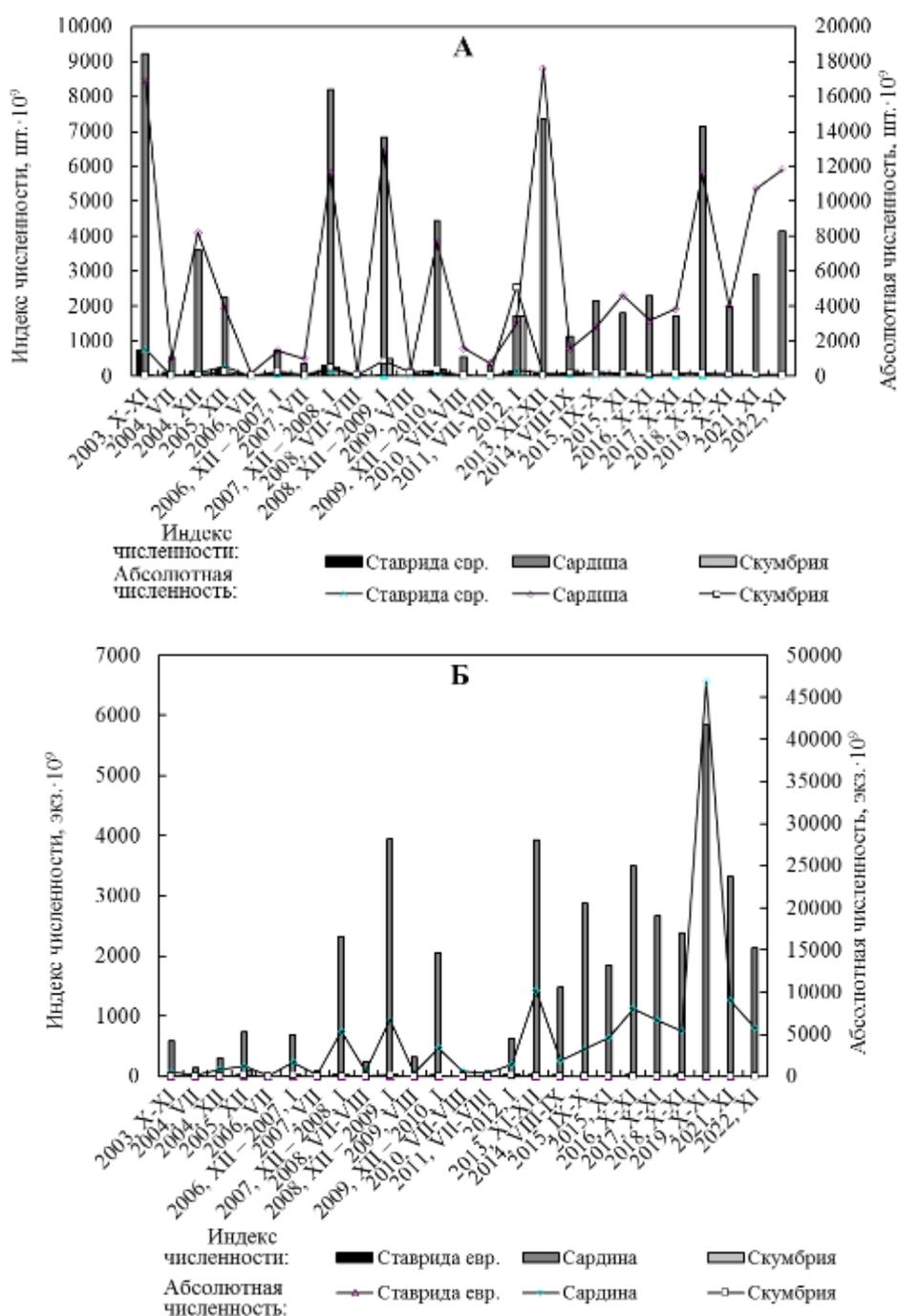


Рис. 4. Динамика численности икринок (А) и личинок (Б) массовых субтропических видов рыб в южной части Марокко в 2003-2022 гг.

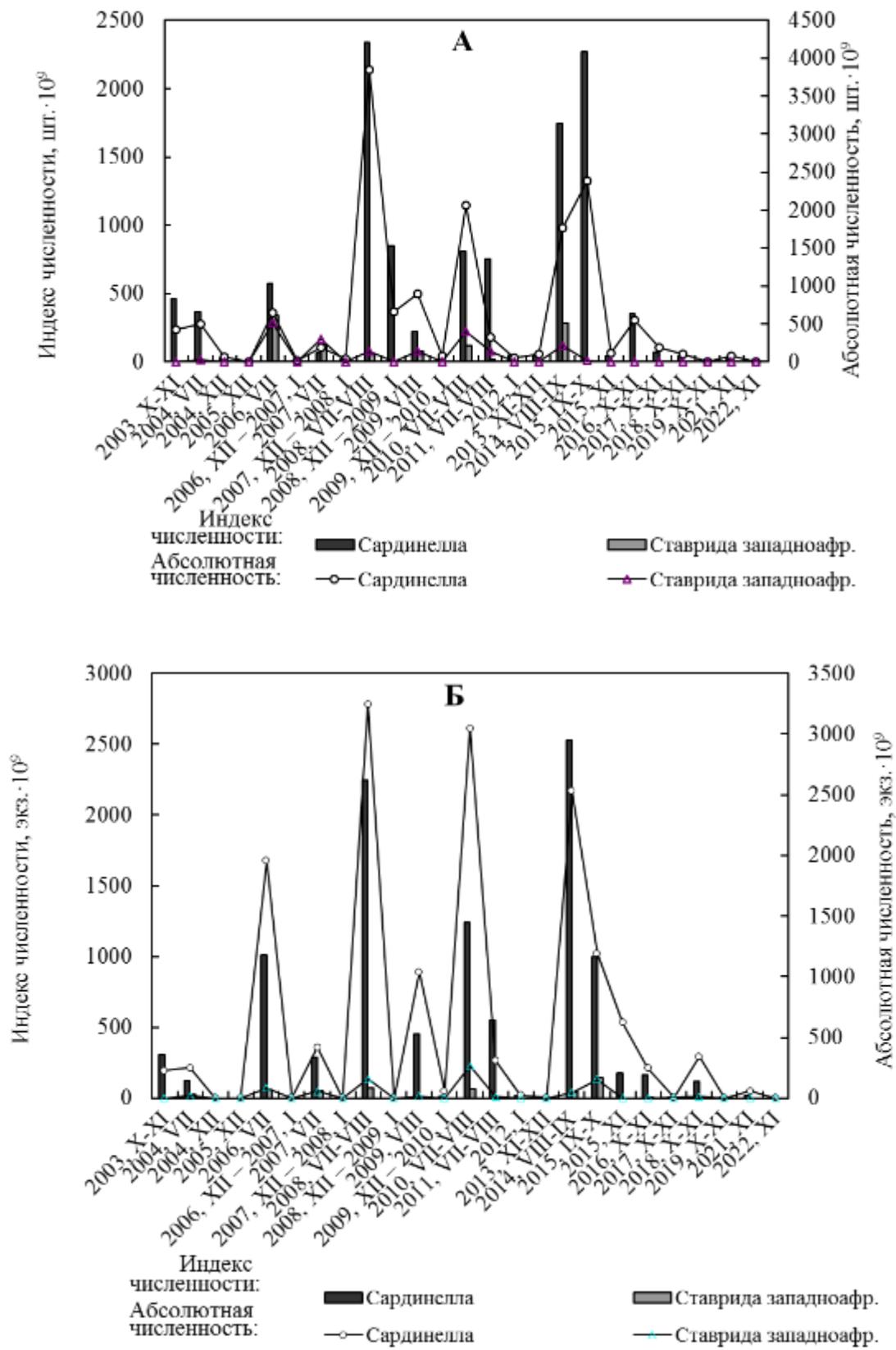


Рис. 5. Динамика численности икринок (А) и личинок (Б) массовых тропических видов рыб в южной части Марокко в 2003-2022 гг.

**Средние значения численности икринок (И) и личинок (Л) массовых видов рыб
в южной части Марокко в 2003–2022 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	2866,4	1690,7	446,6	410,8	83,6	12,5	41,8	19,2	143,1	11,6
АЧ	5685,9	5011,1	605,4	623,5	157,1	26,1	76,4	33,5	348,2	30,0
АЧ/ИЧ	2,0	3,0	1,4	1,5	1,9	2,1	1,8	1,7	2,4	2,6
r (p < 0.01)	0,94	0,78	0,91	0,91	0,97	0,81	0,78	0,72	0,99	0,83

Следует отметить, что изменения значений средних индексов численности и абсолютной численности икринок и личинок массовых рыб в анализируемые годы в акватории южной части Марокко были одинаковыми, на это указывают рассчитанные высокие коэффициенты корреляции и уровни значимости (табл. 2). Поэтому для анализа динамики численности массовых видов ихтиопланктона в этом районе можно применять результаты обоих методов расчёта. Но т.к. абсолютные значения рассчитаны для всей исследуемой акватории, а не для стандартных станций, то они, на наш взгляд, более точно отражают динамику численности икринок и личинок массовых видов рыб.

Заключение

Проведённые нами исследования показали, что изменения численности икринок и личинок рассматриваемых видов рыб по годам происходили не одинаково. В рассматриваемых районах численность сельдевых значительно превышала численность ставридовых и скумбриевых на ранних стадиях онтогенеза. Икринки и личинки европейской сардины, европейской ставриды и восточной скумбрии чаще отмечались в холодные сезоны года, а икринки и личинки круглой сардинеллы и западноафриканской ставриды – в тёплые. Колебания численности европейской сардины на ранних стадиях развития в северной и южной частях Марокко были близки. Для других массовых видов рыб в раннем онтогенезе явной связи в колебаниях численности по исследуемым районам не выявлено.

Для анализа динамики численности массовых видов ихтиопланктона в северном и южном районах Марокко можно применять результаты расчёта индексов численности и абсолютной численности икринок и личинок рыб, на что указывают высокие коэффициенты корреляции и уровни значимости между сравниваемыми параметрами. Однако абсолютные значения рассчитываются для всей исследуемой акватории, а не для стандартных станций, поэтому они, на наш взгляд, точнее отражают динамику численности ихтиопланктона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов / М.: Пищевая промышленность. 1974. 447 с.
2. Седлецкая В.А. Ихтиопланктон Атлантического океана у северо-западных берегов Африки // Вопросы ихтиологии. 1983. Т. 23, № 5. С. 862-865.
3. Берников Р.Г., Доманевский Л.Н., Кудерский С.К., Яковлев В.Н. Центральнo-Восточная Атлантика // Промыслово-океанологические исследования в Атлантическом океане и южной части Тихого океана. Калининград. Изд.: АтлантНИРО. 2002. Т. 1. С. 146-195.
4. Архипов А.Г. Динамика численности и особенности распределения ихтиопланктонных сообществ северной части Центральнo-Восточной Атлантики и морей Средиземноморского бассейна / Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2006. 232 с.
5. Архипов А.Г. Сезонная и межгодовая изменчивость ихтиопланктона у побережья Марокканской Сахары // Вопросы ихтиологии. 2009. Т. 49. № 2. С. 225-232.
6. Архипов А.Г. Сезонная и межгодовая изменчивость ихтиопланктона у побережья Северного Марокко // Вопросы ихтиологии. 2011. Т. 51, № 1, С. 105-112.

7. 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.
8. Калинина Э.М. Ихтиопланктон района Канарского течения. Киев: Наукова думка. 1981. 116 с.
9. Доманевский Л.Н. Рыбы и рыболовство в неритической зоне Центрально-Восточной Атлантики // Калининград: Тр. АтлантНИРО. 1998. 195 с.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Методические указания по сбору проб зоо- и ихтиопланктона планктоносорщиком «Бонго» и их обработке // Калининград. АтлантНИРО. 1983. 36 с.
14. Smith P. E., Richardson S. L. Standard Techniques for pelagic fish egg and larvae surveys. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Techn. Paper № 175, Rome, 1977. 95 p.
15. Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях // М.: Пищевая промышленность. 1968. 289 с.
16. Станек У.Р. Microsoft SQL Server 2005. Справочник администратора / У. Р. Станек. – Москва: Русская Редакция, 2008. – 544 с.
17. Коломейко Ф. В. Географические информационные системы на основе программного обеспечения с открытым исходным кодом (open source) и базы данных в научных исследованиях водных биоресурсов / Ф. В. Коломейко // Труды науч. Конф. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоёмов». КГТУ. – Калининград, 2013. – С. 69-72.
18. 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.
19. 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.
20. 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.

ASSESSMENT OF THE NUMBER OF MASSIVE FISH SPECIES AT THE EARLY STAGES OF THEIR DEVELOPMENT IN THE WATERS OF THE NORTHERN AND SOUTHERN PARTS OF MOROCCO

¹Arkhipov Aleksandr GERAL'DOVICH, doctor of biological sciences,
scientific coordinator, professor of the department

²Pak Regina Anatol'EVNA, senior engineer

³Simonova Tatiana Aleksandrovna, senior engineer

⁴Petrenko Svetlana Gennad'EVNA, technician

^{1,4}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

^{2,3,4}Atlantic branch Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Kaliningrad, Russia

The indices of abundance and absolute abundance of eggs and larvae of mass fish species in the northern and southern parts of Morocco were calculated. In the areas under consideration, the abundance of herring significantly exceeded the abundance of horse mackerel and mackerel at the early stages of ontogenesis. The results of calculating the abundance of fish eggs and larvae by both methods can be used to analyze the dynamics of the abundance of mass ichthyoplankton species in the waters of Morocco, as indicated by the high correlation coefficients between the compared parameters.

СОСТАВ И ОБИЛИЕ РЫБ В ГАВАНИ ТИХАЯ ПРИСТАНЬ (ЗАЛИВ ОЛЬГИ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

¹Асеева Надежда Леонидовна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических ресурсов дальневосточных и арктических морей

²Измятинский Денис Владимирович, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических ресурсов дальневосточных и арктических морей

^{1,2}Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ТИНРО»), Владивосток, Россия,
e-mail: ¹nadezhda.aseeva@tinro.vniro.ru, ²denis.izmiatinskii@tinro.vniro.ru

Использование в качестве орудий лова ставных сетей и удебных снастей обеспечило учёт половозрелых особей и молоди массовых видов, анализ распределения и величины уловов которых позволил оценить запасы рыб в гавани. Получены данные по распределению и биологии 19 видов рыб, формирующих основу ихтиоцены. Проанализирована остальная часть ихтиоцены, состоящая из неотмеченных нами видов. Суммарная биомасса рыб в гавани составила 5,3 т/км², а их суммарная численность – 18,4 тыс. т. Доминировали по численности краснопёрка и сельдь, а по биомассе – лобан, краснопёрка и пиленгас.

Ихтиофауна залива Ольга изучается с 30-х годов XX века, когда на его берегу было организовано отделение ТИРХ (одно из предыдущих названий ТИНРО). Одной из самых рыбопродуктивных частей залива является гавань Тихая Пристань, куда впадает река Ольга. К настоящему времени описан видовой состав ихтиофауны гавани, включающий в себя почти 50 видов круглоротых и рыб [1; 2; 3; 4]. Но в упомянутых работах обилие рыб рассчитывалось по уловам малькового закидного невода [3; 4], который в основном применяется для вылова особей маленьких размеров. Однако функциональную основу ихтиоцены и, соответственно, основу запаса рыб в водоёме формируют половозрелые особи, представленные гораздо более значительной массой тела. Уловы ставными сетями и удебными снастями обеспечивают вылов крупных экземпляров рыб, а анализ величины их уловов и параметров тела позволяет более точно оценивать запасы учитываемых видов.

Цель работы – оценить численность и биомассу рыб на км² и описать структуру доминирования ихтиоцены гавани Тихая Пристань.

Материал и методика

В основу работы положены материалы полевых исследований, проведённых в гавани Тихая Пристань в июне 2024 г. Отлов рыбы осуществлялся ставными сетями, установленными на глубине 1,5-2,5 м (длина порядков – 100-170 м, высота – 1,8-2,0 м, ячея – 35-50 мм); сачком из газа с диаметром входного отверстия 40 см; и проводилось анкетирование рыбаков-любителей на предмет результатов их уловов, используемых средств лова и времени, затраченного на лов.

Оценки обилия рыб определялись площадным методом, в основу которого положен принцип о том, что запас гидробионтов в водоёме во столько же раз больше величины их уловов, во сколько площадь водоёма больше площади облова [5]. Для расчёта численности и биомассы рыб на единицу площади по уловам сетей использовалась формула из работы Ким и Измятинского [6]:

$$C = \frac{1000000}{l} \times \frac{c}{24 \times 60 / p}, \quad (1)$$

где C – численность (шт.) или биомасса (кг) вида в расчёте на 1 км², c – улов вида (шт. или кг) за сутки лова, 1000000 – количество квадратных метров в одном квадратном километре, l – площадь облова (м²), принимаемая равной количеству метров сети, умноженному на 1 м², 24 – количество часов в сутках, 60 – количество минут в одном часе, p – период времени, в течение которого состав рыб на участке облова предположительно не изменится (нами принимаются 10 минут).

По уловам удочкой обилие рыб рассчитывалось с помощью этой же формулы (1) с принятием допущения, что улов одной удочкой соответствует улову определённого количества метров сети. Неопубликованные экспериментальные данные показали, что величина улова удочкой соответствует величине улова участка сети длиной 33,3 м за такое же время.

Для оценки обилия рыб по уловам сачка принималось, что 1 захват сачком соответствует облову участком сети длиной в 1 метр, так как среднестатистический захват сачком с прилагаемыми нами усилиями облавливают как раз такое расстояние. 1 метр облова сачком, в качестве допущения, условно приравнивается нами к 1 квадратному метру, поскольку площадь облова сетью берётся в квадратных метрах. Общая площадь облова сачком определялась как сумма обловленных им квадратных метров. Кроме того, в связи с тем, что диаметр сачка равен 40 см, а облавливаются им глубины до 1 м, при сопоставлении улова сачка с уловом участка сети соответствующей протяжённости улов сачка следует умножить на 2, так как на глубинах около 1 м высота облова сетью будет примерно в 2 раза больше, чем высота облова сачком. Добавляя в формулу (1) площадь облова сачком (вместо площади облова участком сети) и величину улова в шт. и кг, рассчитываем численность и биомассу рыб на 1 км² по данным улова сачком.

Результаты и обсуждение

По нашим данным в гавани Тихая Пристань зарегистрировано 20 видов рыб из 12 семейств (табл. 1). Наибольшим числом видов были представлены семейства морских окуней *Sebastidae* и камбаловых *Pleuronectidae* – по 3 вида. На остальные семейства приходилось по 1-2 вида. В разных орудиях лова отмечено 19 видов рыб и ещё 1 вид – японский анчоус *Engraulis japonicus* обнаружен в желудках снежного керчака *Myoxocephalus brandtii*.

Облов был наиболее результативным при использовании ставных сетей. Так, из пойманных нами особей разных видов 69,3% добыто ставными сетями, 29,6% – удочкой и только 1,1% – сачком. Доминирующие виды в уловах разных орудий лова также различались. В уловах сетей в численном отношении преобладали мелкочешуйная краснопёрка *Pseudaspius brandtii* (37,0% общего числа особей) и тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii* (34,9%). В учебных уловах краснопёрка абсолютно доминировала, составив 87,8% от всех выловленных особей. А в уловах сачком самым массовым видом был бурый морской петушок *Alectrias alectrolophus*, на долю которого пришлось 66,7% выловленных этим орудием лова особей рыб.

Таблица 1

Оценки численности и биомассы рыб в гавани Тихая Пристань в июне 2024 г.

Семейство, вид	Штук/км ²	Шт. %	Кг/км ²	Кг %	Средний вес, г
I. CLUPEIDAE					
1. <i>Clupea pallasii</i>	2945	16,0	453,799	8,6	154
2. <i>Konosirus punctatus</i>	513	2,8	115,808	2,2	226
II. CYPRINIDAE					
3. <i>Pseudaspius brandtii</i>	7263	39,6	1214,458	23,1	167
III. SALMONIDAE					
4. <i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	163	0,9	147,304	2,8	901
5. <i>Salvelinus leucomaenis</i>	82	0,4	220,711	4,2	2702
IV. GADIDAE					
6. <i>Eleginus gracilis</i>	416	2,3	22,940	0,4	55
V. BELONIDAE					
7. <i>Strongylura anastomella</i>	139	0,8	58,472	1,1	421
VI. SEBASTIDAE					
8. <i>Sebastes schlegelii</i>	209	1,1	30,864	0,6	148
9. <i>S. taczanowskii</i>	209	1,1	11,261	0,2	54
10. <i>S. trivittatus</i>	209	1,1	9,176	0,2	44
VII. HEXAGRAMMIDAE					

Семейство, вид	Штук/км ²	Шт. %	Кг/км ²	Кг %	Средний вес, г
11. <i>Hexagrammos stelleri</i>	694	3,8	22,222	0,4	32
VIII. COTTIDAE					
12. <i>Myoxocephalus brandtii</i>	417	2,3	137,083	2,6	329
13. <i>M. polyacanthocephalus</i>	209	1,1	35,869	0,7	172
IX. MUGILIDAE					
14. <i>Mugil cephalus</i>	1340	7,3	1691,830	32,2	1263
15. <i>Planiliza haematocheilus</i>	416	2,3	756,404	14,4	1819
X. STICHAEIDAE					
16. <i>Alectrias alectrolophus</i>	1389	7,6	0,472	+	0,3
XI. PLEURONECTEIDAE					
17. <i>Liopsetta pinnifasciata</i>	1528	8,3	252,222	4,8	165
18. <i>Platichthys stellatus</i>	143	0,8	69,974	1,3	489
19. <i>Pseudopleuronectes obscurus</i>	82	0,4	5,310	0,1	65
Всего	18363	100,0	5256,181	100,0	286

Согласно выполненным оценкам обилия, суммарная биомасса рыб на единицу площади в гавани Тихая Пристань составила 5,3 т/км², а их суммарная численность – 18,4 тыс. экз. По оценённой численности среди всех представителей ихтиофауны гавани в июне 2024 г. доминировали краснопёрка (39,6% суммарной численности рыб) и тихоокеанская сельдь (16,0%). К субдоминантным по численности в гавани можно было отнести полосатую камбалу *Liopsetta pinnifasciata* (8,3%), бурого петушка (7,6%) и лобана *Mugil cephalus* (7,3%). Вклад каждого из остальных видов в общую численность ихтиофауны гавани не превысил 3,0%.

Благодаря данным, полученным предыдущими исследователями [3], можно сравнить выявленное нами численное соотношение видов с их численным соотношением в другие месяцы. Так, по данным уловов закидного невода, соотношение видов в июне 2024 г. было наиболее сходным с их соотношением в июле-сентябре 2012-2013 гг., когда по численности над всеми остальными также преобладала мелкочешуйная краснопёрка. Но в тот период в гавани не отмечалось уловов тихоокеанской сельди, и в августе 2013 г. первое место по численности занимала не краснопёрка, а молодь пиленгаса *Planiliza haematocheilus*.

В мае 2012 г. численное соотношение видов в гавани кардинально отличалось от описанного нами. Из упомянутых видов только полосатая камбала по численности была на третьем месте (14,5%). На втором месте по численности в майских уловах закидного невода находилась молодь мраморного керчака *Myoxocephalus stelleri* (19,9%). А преобладала в численном отношении южная широколобка *Megalocottus taeniopterus* (48,0%). Самая массовая летом краснопёрка в мае была представлена минимальным количеством (0,7%), а постоянно встречающиеся кефалевые Mugilidae отсутствовали совсем. Последнее однозначно связано с массовым сосредоточением краснопёрки и пиленгаса в это время в реках, где у них идут нерестовые процессы. В частности, у пиленгаса некоторые из попадавшихся в июньских уловах производителей были отнерестившимися. А лобан ещё не подошёл в гавань с юга, так как температура воды недостаточно прогрелась. В отличие от рассмотренных трёх видов, полосатая камбала является постоянным резидентом гавани, что и объясняет её высокое обилие здесь в течение всего года. Для данного вида широколобки гавань, очевидно, является одним из самых южных районов массового распространения. По крайней мере, в заливе Петра Великого и бухте Киевка она почти не встречается [7; 8].

Поскольку рассматриваемые виды характеризуются разной массой тела, структура доминирования ихтиоцены гавани по численности отличается от таковой по биомассе. Согласно нашим данным, по биомассе в гавани доминировали 3 вида: лобан (32,2% суммарной ихтиомассы), мелкочешуйная краснопёрка (23,1%) и пиленгас (14,4%). Субдоминантными по биомассе являлись тихоокеанская сельдь (8,6%), полосатая камбала и кунджа *Salvelinus leucomaenis* (4,2%).

Ряд видов со средней массой тела более 100 г – горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*, снежный *Myoxocephalus brandtii* и многоиглый *M. polyacanthocephalus* керчаки, пятнистый коносир *Konosirus punctatus*, звёздчатая камбала *Platichthys stellatus*, сарган *Strongylura anastomella* и восточный окунь *Sebastes schlegelii* вносили в ихтиоцен по численности и биомассе близкий вклад. Большинство этих видов обычны для гавани, но сарган за последние примерно 50 лет отмечен нами в гавани впервые [2; 3], хотя в бухтах Киевка и Мелководная он встречался [8].

Остальные зарегистрированные в июне 2024 г. виды с небольшой массой тела (средний вес особей менее 60 г), в численности ихтиоценоза гавани имели более существенную долю, чем в его ихтиомассе. Это касается дальневосточной наваги *Eleginus gracilis*, пятнистого терпуга *Hexagrammos stelleri*, восточного *Sebastes taczanowskii* и трёхполосого *S. trivittatus* окуней и тёмной камбалы *Pseudopleuronectes obscurus*. Гавань Тихая Пристань является относительно географически закрытым и мелководным районом акватории, что предпочтительно для распространения молоди перечисленных видов, а их более крупные особи, очевидно, придерживаются более мористых частей. Кроме того, в зимний период, когда в гавани формируется лёд, здесь увеличивается численность наваги, в том числе присутствуют её крупные особи.

Следует отметить, что наша съёмка не захватила всех постоянно присутствующих в гавани рыб. Хотя во время наших исследований из тихоокеанских лососей была отмечена только горбуша, известно о ежегодных заходах в гавань также симы *Oncorhynchus masou* и кеты *O. keta*. В весенний период на удочку и в сети попадают морская малоротая *Hypomesus japonicus*, японская малоротая *H. nipponensis* и зубастая *Osmerus dentex* корюшки. Постоянными обитателями гавани является и ряд других видов, к которым относятся тихоокеанская минога *Lethenteron camtschaticum*, рыба-лапша *Salangichthys microdon*, японская трёхиглая *Gasterosteus nipponicus* и девятииглая китайская *Pungitius sinensis* колюшки, глазчатый *Opisthocentrus ocellatus* и опоясанный *O. zonope* опистоцентры, фolidапс Дыбовского *Pholidapus dybowskii*, широкорот красивый *Neozoarces pulcher*, расписной *Pholis picta*, чешуеголовый *Pholis nebulosa* и длиннорюхий *Rhodymenichthys dolichogaster* маслоуки, японский колючий *Acanthogobius lactipes*, дальневосточный кольчатый *Gymnogobius urotaenia*, сахалинский *G. opperiens*, щуковидный *Luciogobius guttatus*, короткопёрый трёхзубый *Tridentiger brevispinis* и усатый *Blepsias cirrhosus* бычки. Остальные указываемые для гавани виды, в настоящее время в гавани могут и отсутствовать, так как данная акватория для них является лишь частью района распределения.

Таким образом, постоянно в гавани Тихая Пристань обитают не 20 отмеченных нами видов, а не менее 42 видов из 17 семейств. Однако не обнаруженные в июне 2024 г. 22 вида, судя по всему, характеризуются относительно низкой биомассой, не способной сильно повлиять на величину оценок суммарной ихтиомассы, полученных нами.

Виды, вносящие существенную долю в биомассу и численность ихтиоценоза гавани, различаются по размерно-массовым характеристикам и биологии. К тому же особенности биологии массовых видов могут меняться со временем. Поэтому считаем уместным привести полученные нами данные по биологии видов, которые были наиболее массовыми в наших сборах.

Длина краснопёрки в уловах изменялась от 13 до 39 см, составляя в среднем 25,3 см (рис. 1). В размерном ряду краснопёрки можно выделить три модальные группы: самая мелкая по размерам – особи длиной 16-17 см, самая большая по объёму – особи длиной 26-29 см и самая крупная по размерам – особи длиной 34 см. Очевидно, в это время в гавани отмечалась краснопёрка, не участвующая в июньском нерестовом ходе, так как гонады пойманных особей не были готовы к нересту: большая их часть были первично или повторно недозрелыми на стадии II-III (47,1%). 35,3% гонад краснопёрки находились на III стадии зрелости и 17,6% – на III-IV стадии зрелости. Соотношение самок и самцов в скоплениях краснопёрки составило 52,9:47,1% соответственно. Полученный коэффициент аппроксимации между длиной по Смитту и промысловой длиной краснопёрки был равен 0,946, а между её длиной по Смитту и массой тела – 0,753 (табл. 2).

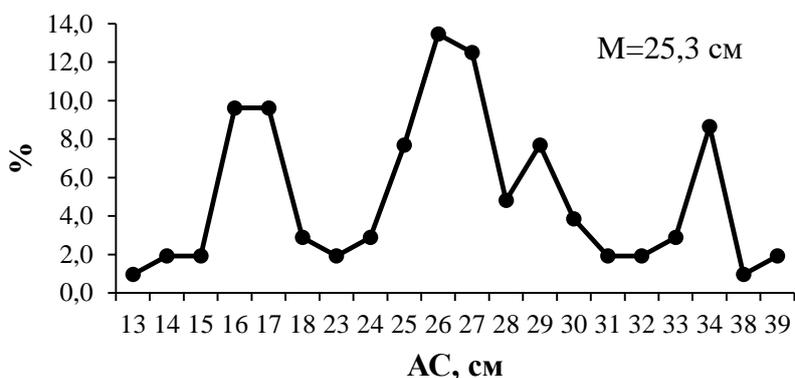


Рис. 1. Процентное соотношение особей разной длины мелкочешуйной краснопёрки в гавани Тихая Пристань в июне 2024 г.

Эмпирические зависимости между длиной по Смитту AC (см) и промысловой длиной AD (см), а также между длиной AC (см) и весом тела (г) проанализированных видов

Вид	Зависимость	Формула	R ²
<i>Tribolodon brandtii</i>	м/у длинами AC и AD	$y = 1,0778x - 4,0263$	0,946
	м/у длиной AC и массой тела	$y = 0,3175x^{1,9752}$	0,753
<i>Clupea pallasii</i>	м/у длинами AC и AD	$y = 0,8949x + 0,8171$	0,957
	м/у длиной AC и массой тела	$y = 0,028x^{2,6745}$	0,889
<i>Mugil cephalus</i>	м/у длинами AC и AD	$y = 0,9415x - 1,0965$	0,992
	м/у длиной AC и массой тела	$y = 0,028x^{2,771}$	0,806
<i>Liopsetta pinnifasciata</i>	м/у длинами AC и AD	$y = 0,845x - 0,4158$	0,976
	м/у длиной AC и массой тела	$y = 0,0034x^{3,3587}$	0,955

Судя по всему, нами отмечалась нерестовая тихоокеанская сельдь последнего хода. Длина её особей варьировала от 20 до 31 см, в среднем 25,1 см (рис. 2). Модальная группа производителей с длиной от 23 до 25 см была явно выражена. Их гонады в основном находились в текучем состоянии на V стадии зрелости (85,4% особей). 12,5% особей имели гонады на IV-V стадии, и у 2,1% особей гонады были на IV стадии зрелости. Соотношение самок и самцов в данном нерестовом стаде сельди составляло 52,1:47,9% в пользу самок.

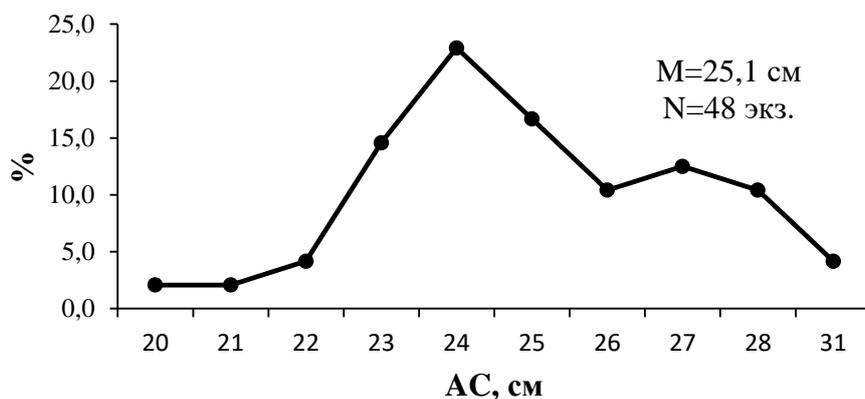


Рис. 2. Процентное соотношение особей разной длины тихоокеанской сельди в гавани Тихая Пристань в июне 2024 г.

В уловах сетей попадался лобан длиной от 39 до 56 см, при среднем значении 49,8 см (рис. 3), и массой от 700 до 1950 г, в среднем 1408 г. Несмотря на внушительные размеры тела, зрелость гонад всех вскрытых особей лобана была ювенильной и его желудки были почти пустыми.

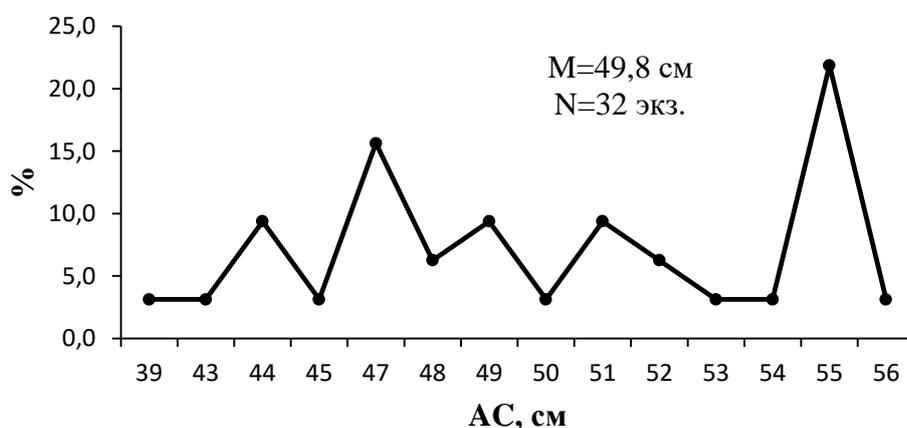


Рис. 3. Процентное соотношение особей разной длины лобана в гавани Тихая Пристань в июне 2024 г.

Длина полосатой камбалы варьировала от 22 до 33 см. Наибольшее количество её особей имели длину 25 см. Скопления полосатой камбалы в основном были представлены отнерестившимися особями с разной степенью восстановления гонад после нереста. Желудки полосатой камбалы были наполнены брюхоногими моллюсками литоринами. Масса желудков последовательно повышалась в зависимости от степени их наполнения. Степень накормленности полосатой камбалы в зависимости от показателей веса желудка и веса тела особей изменялась от 3,1 до 11,8%.

Длина снежного керчака в уловах изменялась от 26 до 34 см, при среднем значении 28 см. Все встреченные особи были неполовозрелыми, в основном на стадии зрелости гонад II-III (85,4%), остальные на стадии зрелости II. В скоплениях керчака по численности преобладали самцы – 78,2%. Желудки были наполненными, со степенью наполнения 3 и 4. Среди компонентов пищи абсолютно преобладали особи анчоуса.

Заключение

За всё время исследований в гавани Тихая Пристань отмечено почти 50 видов круглоротых и рыб из 22 семейств. Но часть из них, вероятно, являются временными обитателями гавани, поскольку перераспределяются между разными частями их зоны встречаемости. К постоянным резидентам бухты нами отнесены 42 вида из 17 семейств. Однако большая часть из отмеченных видов, очевидно, не характеризуется высоким уровнем запасов в гавани. Можно утверждать, что функциональную основу ихтиоценоза формируют 19 видов, учтённых нами.

Анализ особенностей их распределения, биологии и величины уловов позволил оценить запасы рыб в гавани. Суммарная биомасса рыб на единицу площади составила 5,3 т/км², а их суммарная численность – 18,4 тыс. экз. По результатам учётных съёмок в подзоне Приморье [9], для всей рыбохозяйственной акватории в среднем получены примерно такие же оценки ихтиомассы на единицу площади. То есть, в обследованной мелководной зоне рыбные запасы на единицу площади сопоставимы с таковыми в зоне промышленного лова.

Доминирующими видами в гавани среди рыб по численности были мелкочешуйная краснопёрка и тихоокеанская сельдь, а по биомассе – лобан, краснопёрка и пиленгас.

Обследованные виды рыб характеризовались разным биологическим состоянием. У краснопёрки в гавани встречались особи, в данный момент не участвующие в нересте; у полосатой камбалы – в основном отнерестившиеся особи. У тихоокеанской сельди, очевидно, наблюдался нерестовый ход наиболее мелкоразмерных производителей. Особи лобана были не созревающими и практически не питающимися. У снежного керчака в гавани встречались неполовозрелые особи с высокими индексами наполнения желудков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов, А.М. К ихтиофауне Японского моря // Исслед. морей СССР. – 1933. – Вып. 19. – С. 139-155.
2. Колпаков, Е.В. Милованкин, П.Г. Размерно-возрастной состав, рост и питание бурого морского петушка *Alectrias alectrolophus* (Pisces: Stichaeidae) из залива Ольга Японского моря // Вопр. ихтиол. – 2014. – Т. 54. – № 3. – С. 372-376.
3. Колпаков, Н.В. Эстуарные экосистемы северо-западной части Японского моря: структурно-функциональная организация и биоресурсы. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2018. – 428 с.
4. Милованкин, П.Г. Рыбы и декаподы эстуариев залива Ольги // Изв. ТИПРО. – 2018. – Т. 192. – С. 64-73.
5. Аксютин, З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. – М.: Пищ. пром-ть, 1968. – 289 с.
6. Ким, Л.Н. Измятинский, Д.В. Форма регистрации уловов закидного невода и ставных сетей и опыт оценки ресурсов рыб с помощью этих орудий лова // Изв. ТИПРО. – 2017. – Т. 189. – С. 204-218.
7. Измятинский, Д.В. Ихтиофауна верхней сублиторали залива Петра Великого (Японское море): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток: ТИПРО-центр, 2003. – 24 с.
8. Самуйлов, А.Е. Фауна рыб бухт Киевка и Мелководная и сопредельных участков северо-западной части Японского моря // Биология рыб и беспозвоночных северной части Тихого океана. Владивосток: ДВГУ, 1991. – С. 113-121.

9. Асеева, Н.Л. Кравченко, Д.Г. Измятинский, Д.В. Динамика биомассы промысловых рыб донно-придонного комплекса в подзоне Приморье в 2009-2020 гг. // Тр. ВНИРО. – 2022. – Т. 188. – С. 110-124.

THE COMPOSITION AND ABUNDANCE OF FISHES IN TIKHAYA PRISTAN HARBOR (OLGA BAY, JAPAN/ EAST SEA)

¹Aseeva Nadezhda Leonidovna, PhD in Biology, Leading researcher of the Laboratory of Biological Resources of the Far Eastern and Arctic Seas

²Izmyatinsky Denis Vladimirovich, PhD in Biology, Leading researcher of the Laboratory of Biological Resources of the Far Eastern and Arctic Seas

^{1,2}Pacific branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography ("TINRO"), Vladivostok, Russia, e-mail: ¹nadezhda.aseeva@tinro.vniro.ru,

²denis.izmiatinskii@tinro.vniro.ru

The use of fixed nets and fishing rods as fishing tools ensured the accounting of mature individuals and juveniles of mass species, the analysis of the distribution and value of catches of which made it possible to estimate fish stocks in the harbor. Data on the distribution and biology of 19 fish species forming the basis of the Ichthyocene were obtained. The rest of the Ichthyocene, consisting of species that we have not marked, has been analyzed. The total biomass of fish in the harbor was 5.3 tons/km², and their total number was 18.4 thousand tons. Pacific redfin and Pacific herring dominated in numbers, and Flathead grey mullet, Pacific redfin and So-iuy mullet dominated in biomass.

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТЬЕВОЙ ЧАСТИ РЕКИ ПРЕГОЛИ ДЛЯ ВОЗМОЖНОГО ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ

¹Бешенцев Виктор Дайнович, магистрант кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

²Кондратенко Сергей Валентинович, заместитель генерального директора
ООО «Полекс-Аква» по производству

^{1,2}Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия, e-mail: ve.be2016@gmail.com

²ООО «Полекс-Аква», Калининград, Россия, e-mail: svkondrat@rambler.ru

Исследованы условия выращивания такого перспективного объекта для садковой аквакультуры, как радужная форель породы "камлопс", в устье реки Преголя в Калининградской области.

Впервые в устье реки Преголя было проведено выращивание форели в условиях садковой линии ООО «Полекс-Аква», а также оценены гидрохимические условия воды.

Установлено, что в воде устья реки Преголи наблюдается превышение ПДК по ряду показателей (взвешенные вещества, нефтепродукты, ионы аммония, хлориды, марганец, медь). Несмотря на это, форель разных пород в весенне-осенний период быстро адаптировалась к воде реки Преголи, и повышенный отход наблюдался только в жаркие дни при нагонных ветрах. Порода радужной форели «камлопс» тоже в жаркое лето 2024 года хорошо перенесла периоды с высокой температурой воды, и повышенный отход был только в момент нагона «зелёной» воды из Калининградского залива.

Состояние аквакультуры в Калининградской области

В Калининградской области наблюдается рост объёмов производства в аквакультуре, что во многом связано с принятием Федерального закона «Об аквакультуре (рыбоводстве)» (148-ФЗ от 21 июня 2013 г.) и Закона Калининградской области «О рыболовстве, аквакультуре (рыбоводстве) и сохранении водных биологических ресурсов в Калининградской области» (от 23 октября 2014 г.). Данные законы стали основой для финансовой поддержки развития аквакультуры как на государственном, так и на региональном уровнях (Постановление Правительства Калининградской области от 19.09.2022 № 509 «Об установлении порядков предоставления государственной поддержки в сфере аквакультуры (рыбоводства), промышленного и прибрежного рыболовства», Приказ Агентства по рыболовству Калининградской области от 27.10.2022 № 59 «О реализации порядка предоставления грантов в форме субсидий юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям на реализацию проектов по выращиванию ценных и особо ценных видов рыб», Постановление Правительства Калининградской области от 21 декабря 2021 года № 841, подпрограмма «Развитие рыбохозяйственного комплекса» Государственной программы Калининградской области «Сельское хозяйство и рыболовство» [1].

Если настоящие темпы роста продукции в российской аквакультуре сохранятся, то предполагается к 2030 году достичь объёма производства рыбы 600 тыс. т [2].

В 2023 году рыбоводными хозяйствами региона произведено 187 тонн товарной рыбы и 64 тонны рыбопосадочного материала, что больше показателей 2022 года на 78 тонн и на 2 тонны, соответственно. Также впервые в истории российского рыбоводства в регионе начали выращивать угря. В результате реализации успешно разработанной биотехники к концу года было выращено 79 тонн товарного угря.

В нашем регионе продолжает стремительно развиваться искусственное воспроизводство. В 2022 году в рамках компенсационных мероприятий в Калининградский (Вислинский) залив было выпущено 430 тысяч штук молоди угря, и в Куршский залив 1,169 миллионов штук молоди сига. В 2023 году количество выпускаемых личинок сига увеличилось более чем на 1 миллион штук и составило 2,857 миллионов штук, а угря речного – более чем на 700 тысяч штук (1,163 миллионов штук молоди угря) [3].

Сегодня в России условная норма потребления рыбной продукции на человека составляет 21 кг в год, в Калининградской области эта цифра составляет примерно 35 кг, в Московской области около 17-18 кг на человека [4].

Несмотря на столь высокое потребление рыбы, в магазинах области наблюдается небольшое количество свежей рыбы. Чаще всего рыбодобытчики отправляют товар на переработку или продают замороженную продукцию за пределы региона, причиной этому является сложности в логистике свежей рыбы [5].

Также в условиях рыночной экономики законодательство Российской Федерации предусматривает свободное ценообразование путём установления розничных цен на рыбную продукцию торговыми сетями. Наценка торговых сетей на рыбу и рыбную продукцию составляет от 50 до 100 % [6].

Водные объекты для развития аквакультуры в Калининградской области

В Калининградской области интерес к искусственному выращиванию рыбы во многом вырос из-за высокого спроса на живую и охлаждённую рыбу со стороны большого наплыва в область туристов.

И постепенно растёт в области число хозяйств, которые или специализируются только на выращивании рыбы, или сочетают этот процесс с предоставлением услуг по рыбалке. Ряд хозяйств даже объединились в «Ассоциацию рыбоводов Калининградской области», которая совместно с Правительством Калининградской области подготовило и издало буклет «Водные объекты Калининградской области» [7].

В этом издании по каждому муниципальному образованию области приводится весь перечень водных объектов и их характеристики, так или иначе пригодных для выращивания рыбы.

ООО «Полекс-Аква», которое начало заниматься выращиванием молоди сига и радужной форели в 2022 году, планировало основную часть рыбопосадочного материала форели реализовывать в Северо-Западном федеральном округе. Но по известным причинам вынуждено было отказаться от этой идеи.

И поскольку рыбоводный комплекс находится на берегу р. Преголи, было принято решение попытаться дорастивать форель в реке в садковой линии. Для наглядности ниже представлен рисунок 1, на котором точка 1 – расположение рыбоводного комплекса ООО «Полекс-Аква», а точка 2 – расположение садковой линии ООО «Полекс-Аква».



Рис. 1. Место расположения рыбоводного комплекса и садковой линии ООО «Полекс-Аква»

Как известно, река Преголя – главная водная артерия Калининградской области, на протяжении столетий играла и продолжает играть огромную роль в жизни региона. Как и любые другие реки, на берегах которых сосредоточены города, промышленные районы, сельскохозяйственные

угодя, Преголя выполняет многие функции. Когда-то это были богатые рыболовные угодя, транспортная артерия и источник питьевой воды. По мере роста урбанизации, развития промышленности и сельского хозяйства, река приняла на себя функцию технического водоснабжения и одновременно – приемного водотока для многочисленных муниципальных и промышленных стоков, а также роль водоема, концентрирующего биогенную нагрузку с водосборного бассейна, покрывающего почти всю Калининградскую область [8].

Результаты гидрохимических анализов и гидробиологических наблюдений, проводившихся эпизодически в 1910–1911 гг., найденные в довоенных архивных источниках, свидетельствует о высочайшей степени антропогенного загрязнения, в том числе органическими веществами. В начале XX столетия «Прегель оказался настолько загрязнен, что на участке от Кенигсбергской целлюлозной фабрики до залива Фриш-Хафф (Вислинский) отсутствовали условия для жизни гидробионтов» (из заключения профессора Гюнтера от 3–7.10.1911 г.).

Восстановившись, по-видимому, за время войны (опубликованных данных не имеется), в 1950–1960-е гг. санитарное и экологическое состояние Преголи вновь катастрофически ухудшилось из-за бурного роста промышленного, сельскохозяйственного производства и роста населения. В 1984–1991-х гг. состояние Преголи оценивалось уже как критическое – на эти годы пришелся пик сельскохозяйственной и промышленной нагрузки.

Начиная с 1997 г. отмечено увеличение количественных характеристик и качественного разнообразия сообществ. Границы биоценозов с доминированием моллюсков-фильтраторов и укорененной водной растительностью неуклонно продвигались вниз по течению реки и уже в конце 1990-х достигли загрязненной промышленной зоны. Возросло биоразнообразие, появились виды-индикаторы, предпочитающие воды, умеренно загрязненные органическим веществом: крупные двустворки *Anodonta cygnea*, *Dreissena polymorpha*, крупные брюхоногие моллюски *Viviparus viviparus*, *Bithynia tentaculata*, *Planorbarius corneus*. В настоящее время, несмотря на остающийся значительным уровень загрязнения муниципальными стоками, биота реки в нижнем течении находится в наилучшем состоянии из когда-либо зафиксированных в научной печати, а экологическое состояние Преголи можно считать наилучшим за последние 100 лет [8].

Преголя является типичной равнинной рекой с умеренным течением и широкой поймой, что создаёт благоприятные условия для разведения различных видов рыб и других водных организмов.

В устье реки Преголи находится дельта, образованная двумя рукавами, что обеспечивает разнообразие биотопов и возможность выращивания различных видов рыб. Кроме того, в устье реки расположено множество озёр и болот, что способствует поддержанию биоразнообразия и созданию оптимальных условий для жизни водных организмов.

Таким образом, устье реки Преголи представляет собой уникальный и перспективный участок для ведения аквакультуры благодаря своему географическому расположению, разнообразию биотопов и наличию развитой прибрежной инфраструктуры.

Опыт ООО «Полекс-Аква» по выращиванию форели в Преголи в 2022-2024 гг.

Таким образом, с осени 2022 года в устье реки Преголи проводилось выращивание радужной форели разных пород в садковой линии ООО «Полекс-Аква».

Садковая линия состоит из садков каркасного типа. Каждый садок состоит из четырех секций, каждая из секций представлена дощатым настилом с прикрепленными к нему стальными бочками, а также отрезками резиноканальных труб в нижней части и леерными стойками для крепления ограждения и садка сверху (рисунок 2). Достоинствами такой конструкции являются дешевизна изготовления и простота в эксплуатации.



Рис. 2. Внешний вид садковой линии ООО «Полекс-Аква»

В 2022 и 2023 годах молодь форели высаживалась в садки и содержалась там до ноября-декабря в зависимости от погоды. Как уже упоминалось, породы форели были разными (импортная и отечественная). Кормление осуществлялось также по-разному, что определялось доступностью и ценой рыбных комбикормов.

И результаты выращивания форели до товарной навески (200-250 г) также были разными. Во многом они зависели от погодных условий каждого года.

Предварительные опасения о том, что форель не сможет хорошо себя чувствовать в воде Преголи, не оправдались. Рыба быстро адаптировалась к новым условиям, хорошо питалась и росла. Повышенный отход стал наблюдаться при высоких температурах воды в летнее время, когда и содержание кислорода в воде снижалось до критических значений. Проблема усугублялась ещё и тем, что в это время стала активно зарастать дель садков, что снижало прохождение свежей воды через садки. Максимальная гибель рыбы наблюдалась в периоды нагонных ветров, когда цветущая вода Калининградского залива поступала в устьевую зону Преголи.

В связи с этим в 2023 году было принято решение о проведении постоянных наблюдений за направлением ветра, температурой воды и концентрацией кислорода в районе садковой линии. Кроме того, ООО «Полекс-Эко» любезно предоставило результаты ежемесячных анализов воды Преголи в двух точках, которые находятся в непосредственной близости от садков.

В 2024 для эксперимента была закуплена форель «камлоопс», которая лучше переносит повышенные температуры воды, в садках она содержалась вместе с радужной.

Материал и методы исследования

Материалом для работы послужили данные, которые были собраны в период с 05.04.2024 по 28.08.2024, в точке №3 расположенной у садка №1 (ориентировочные координаты: 54°41'23" с.ш., 20°23'49" в.д.), а также результаты анализа воды у промплощадки ООО «Полекс-Эко», проведенных лабораторией федеральной службы по надзору в сфере природопользования филиала ФГБУ "Балтийско-Арктической техмордирекции" в точке №1, располагающейся в 2,0 км от устья р. Преголя (ориентировочные координаты: 54°41'30" с.ш., 20°24'8" в.д.) и в точке №2, располагающейся в 1,0 км от устья р. Преголя (ориентировочные координаты: 54°41'25" с.ш., 20°23'15" в.д.). Положение точек на карте представлено на рисунке 3.

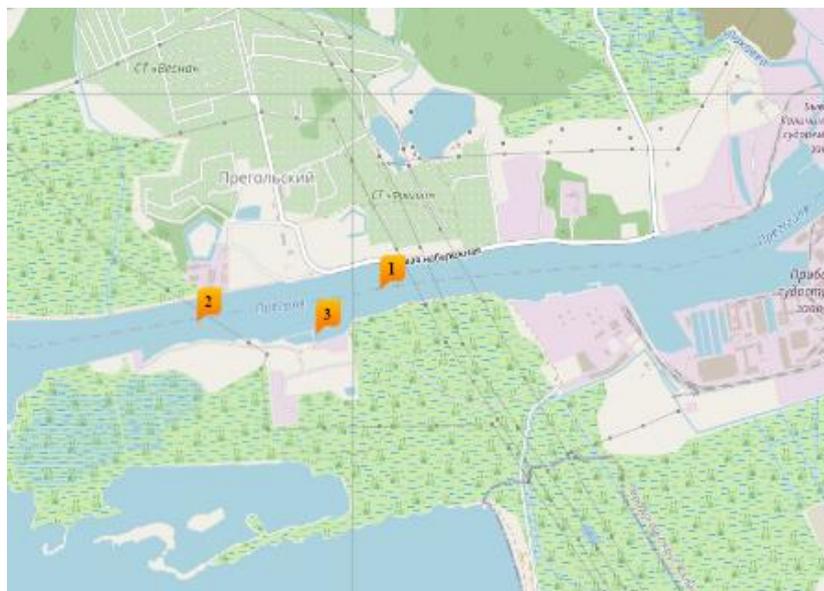


Рис. 3. Точки №1, №2, №3

Ежедневно в 12 часов дня на точке №3 (рядом с садком №1) производились замеры растворенного в воде кислорода, температуры и водородного показателя.

Растворенный кислород в воде Преголи измерялся портативным влагозащищенным оксиметром модели HI9142 на глубине 1 м.

Температура воды измерялась термометром также на глубине 1 метр.

Водородный показатель воды измерялся мультипараметровым фотометром HI83305-02.

Результаты исследований

Результаты исследований представлены в таблице 1.

В колонке 3 таблицы приведены средние значения гидрохимических показателей Преголи в двух точках, полученные из протоколов анализов аккредитованной лаборатории. В колонке 4 приведены средние значения наших показателей. В колонке 5 приводятся значения предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водных объектов рыбохозяйственного значения.

Таблица 1

Средние значения гидрохимических показателей в устье р. Преголи в 2024 г.

Показатели	Единицы измерения	Среднее значение в т. 1 и т. 2 (апрель-июль)	Среднее значение в т. 3 (июнь-июль)	ПДКрх*
Водородный показатель (рН)	ед. рН	8,1	7,3	-
Взвешенные вещества	мг/дм ³	5,97	-	0,25
Температура,	°С	14,8	22,5	-
Растворенный кислород	мгО ₂ /л	9,3	6,1	6,0
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,06	-	0,05
Ионы аммония	мг/дм ³	0,5	-	0,4
Нитрат-ион	мг/дм ³	3,6	-	40,0
Нитрит-ион	мг/ дм ³	0,06	-	0,08
Сульфаты (сульфат-ионы)	мг/дм ³	64,9	-	100,0
Хлориды	мг/дм ³	359,9	-	300,0
Общий фосфор	мг/дм ³	0,155	-	-
Марганец	мг/дм ³	0,05	-	0,01

Показатели	Единицы измерения	Среднее значение в т. 1 и т. 2 (апрель-июль)	Среднее значение в т. 3 (июнь-июль)	ПДКрх*
Железо (Fe) (общее)	мг/дм ³	0,1	-	0,1
Химическое потребление кислорода (ХПК)	мг/дм ³	27,9	-	-
Азот общий	мг/дм ³	2,011	-	-
Цинк (Zn)	мг/дм ³	0,009	-	0,010
Медь (Cu)	мг/дм ³	0,005	-	0,001
Массовая концентрация растворенных форм никеля	мг/дм ³	менее 0,005	-	0,010
Фенол	мг/дм ³	менее 0,0005	-	0,001
Формальдегид	мг/дм ³	менее 0,02	-	0,1

ПДКрх* – Приказ Минсельхоза РФ № 552 от 13 декабря 2016 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»

Сравнительный анализ наших данных с нормативами свидетельствует о том, что в исследуемой воде наблюдалось превышение ПДК следующих показателей: взвешенных веществ, нефтепродуктов, ионов аммония, хлоридов, марганца и меди. Причём, по аммонии и нефтепродуктам эти превышения были незначительными. Повышенное содержание данных веществ в устье реки Преголя можно объяснить использованием данной реки в нуждах судоходства, а также близостью антропогенных центров загрязнения, таких как различные предприятия промышленности и поселений людей.

Тем не менее состояние рыбы было нормальным на протяжении наблюдений, также наблюдался замедленный рост, это было вызвано неблагоприятным состоянием показателей температуры воды и растворенного в воде кислорода (рисунок 4), особенно в летний период наблюдений, следствием чего было уменьшение суточного рациона.

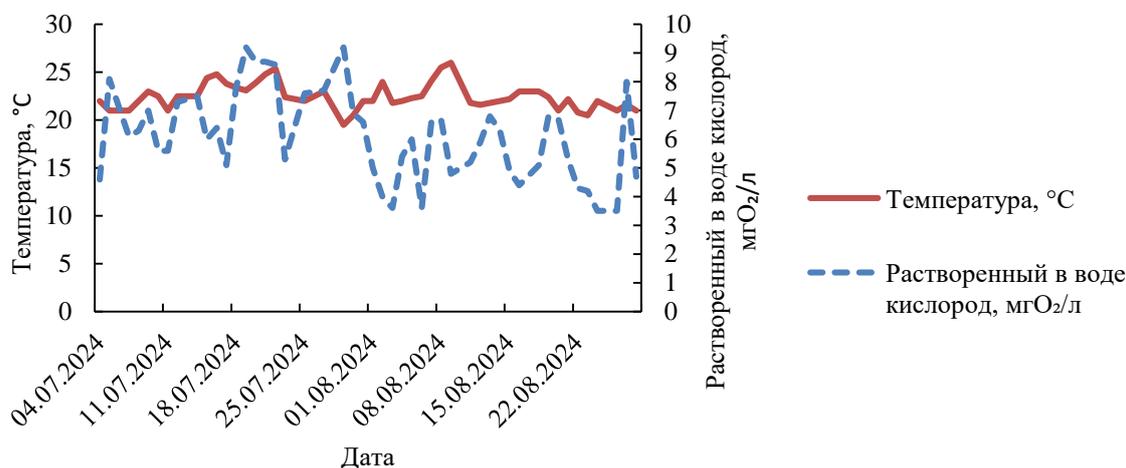


Рис. 4. Динамика растворенного в воде кислорода и температуры воды в период с 04.07.24 по 28.08.24

Данные результаты показывают, что разведение форели породы «камлоопс» в устье реки Преголя возможно, хотя условия выращивания и не являются полностью оптимальными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малова, М. Н. Рыбохозяйственный комплекс Калининградской области: настоящее и будущее / М. Н. Малова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2014. – № 7.1 (66.1). – С. 55-57. – URL: <https://moluch.ru/archive/66/11156/> (дата обращения: 14.09.2024).

2. Шестаков И.В. Выступление на конференции «Развитие аквакультуры в условиях единого экономического пространства. Вызовы и решения». 2023. <https://rutube.ru/video/cf8066ed27abc35f8dbc454fbed51541/>
3. Результаты деятельности рыбоводных предприятий по итогам 2023 года [Электронный ресурс] URL: https://ryba.gov39.ru/press-tsentr/novosti/?ELEMENT_ID=257847&ysclid=m128e862qw360169375 (дата обращения: 16.09.24)
4. Калининградцы едят рыбы в два раза больше, чем жители Центральной части России [Электронный ресурс] URL: <https://vesti-kaliningrad.ru/kaliningradcy-edyat-rybu-v-dva-raza-bolshechem-zhiteli-centralnoj-chasti-rossii/> (дата обращения: 16.09.24)
5. Эксперт объяснил, почему в калининградских магазинах мало местной рыбы [Электронный ресурс] URL: https://www.fishnet.ru/news/novosti_otrasli/ekspert-obyasnil-pochemu-v-kaliningradskih-magazinah-malo-mestnoy-rybu/ (дата обращения 16.09.24)
6. Калининградское агентство по рыболовству объяснило высокие цены на рыбу в регионе [Электронный ресурс] URL: <https://www.mk-kaliningrad.ru/economics/2024/09/12/kaliningradskoe-agentstvo-po-rybolovstvu-obyasnilo-vysokie-ceny-na-rybu-v-regione.html?ysclid=m12abc1rtw890154361> (дата обращения: 16.09.24)
7. Водные объекты Калининградской области. – Калининград – 2022. – 40 с.
8. Биологические сообщества реки Преголя (бассейн Вислинского залива, Балтийское море). – Е.Е. Ежова, ред. –Калининград: изд-во «Смартбукс», 2013 – 246 с.
9. Индустриальное рыбководство: В 2 ч. Ч. 1. Биологические основы и основные направления разведения рыбы индустриальными методами: Учебное пособие для студентов специальности 110901 «Водные биоресурсы и аквакультура» очной и заочной форм обучения / С.С. Григорьев, Н.А. Седова. - Петропавловск- Камчатский: КамчатГТУ, 2008. - 186 с.
10. HI9142 портативный влагозащищенный оксиметр [Электронный ресурс] URL: <https://www.hannarus.ru/catalog/oksimetry-hi9142-portativnyu-vlagozashchishchennyu-oksimetr/> (дата обращения: 19.09.24)
11. HI83305-02 мультипараметровый фотометр [Электронный ресурс] URL: <https://www.hannarus.ru/catalog/nastolnye-kolorimetry-hi83305-02-multiparametrovyu-fotometr-i-ph-metr-dlya-broylerov-i-gradiren/> (дата обращения: 20.09.24)

HYDROCHEMICAL ASSESSMENT OF THE MOUTH OF THE PREGOL RIVER FOR ITS POSSIBLE USE FOR AQUACULTURE PURPOSES

¹Beshentsev Viktor Dainovich, Master of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

²Condratenko Sergey Valentinovich, Deputy General Director of Porex-Aqua LLC for Production

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: ve.be2016@gmail.com

²Porex Aqua LLC, Kaliningrad, Russia, e-mail: svkondrat@rambler.ru

The purpose of this scientific work was to study the growing conditions of such a promising object for cage aquaculture as the rainbow trout of the kamloops breed at the mouth of the Pregolya River in the Kaliningrad region.

For the first time in the mouth of the Pregolya River, trout cultivation was carried out in the conditions of the Porex-Aqua LLC cage line, as well as hydrochemical water conditions were assessed.

It was found that in the water of the mouth of the Pregoli River, there is an excess of MPC in a number of indicators (suspended solids, petroleum products, ammonium ions, chlorides, manganese, copper), which is associated with anthropogenic pollution. Despite this, trout are adapted to such conditions, but there was a slow growth caused by unfavorable temperature conditions and low oxygen content, especially in summer. Nevertheless, the breeding of trout of the kamloops breed in the mouth of the Pregolya River is possible, although the growing conditions are not optimal.

ДЕСЯТИНОГИЕ РАКООБРАЗНЫЕ-ИНТРОДУЦЕНТЫ КАК НОВЫЙ РЕСУРС ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ РОССИИ

¹Борисов Ростислав Русланович, д-р биол. наук,
вед. науч. сотрудник отдела аквакультуры беспозвоночных

²Кряхова Наталия Владимировна, канд. биол. наук,
начальник отдела аквакультуры беспозвоночных

³Зелененко Владислав Витальевич, специалист отдела аквакультуры беспозвоночных

^{1,2,3}Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, Москва, Россия,
e-mail: ¹borisovrr@vniro.ru; ²nvkryachova@vniro.ru; ³zelenenko@vniro.ru

Несмотря на большое количество зафиксированных случаев инвазий десятиногих ракообразных в России, осуществляется первая попытка оценить их значение для аквакультуры. Приведена актуальная информация об инвазиях десятиногих ракообразных на территории России. Отмечено, что опасным и нецелесообразным является культивирование видов, которые создают риски распространения опасных заболеваний, возможности вытеснения автохтонных видов и возникновения угроз для местных экосистем. В то же время указано, что многие виды-интродуценты могут рассматриваться как перспективные для аквакультуры в России.

Отряд десятиногих ракообразных (Decapoda) включает 17 455 видов [1]. Представители отряда встречаются как в морских, так и в пресных водах. Многие виды десятиногих ракообразных играют важную роль в экосистемах водоемов, имеют крупные размеры и традиционно являются объектами промысла. В последнее время большое развитие получила аквакультура десятиногих ракообразных. Уже в 2012 году показатели промысла и аквакультуры десятиногих ракообразных сравнялись, а в 2021 году методами аквакультуры получено 11,9 млн. т, что больше, чем в два раза превосходит вылов из естественных водоемов (5,5 млн. т) [2]. Таким образом человек активно влияет на популяции десятиногих ракообразных как на прямую осуществляя вылов, проводя преднамеренные, а чаще непреднамеренные интродукции и реинтродукции, так и опосредовано, изменяя среду обитания в ходе хозяйственной деятельности.

Биологические инвазии являются глобальной современной проблемой и часто имеют сложные, большие и часто долгосрочные прямые и косвенные последствия [3-8]. Ракообразные, в том числе из отряда десятиногих, одни из самых распространенных видов водных вселенцев [7, 14, 15]. Основной причиной происходящих инвазий десятиногих ракообразных является деятельность человека. Влияние интродуцентов может приводить как негативным, так и положительным последствиям для экосистем, их продуктивных характеристик, водных биологических ресурсов и возможности их промышленного использования [4, 9-13]. В современных условиях становится понятно, что противостоять тенденциям расширения ареала многих видов, задача сложная и во многих случаях непосильная. В этой связи следует учитывать, что аквакультура является одним из направлений деятельности, являющихся причиной инвазий. С другой стороны аквакультура может стать одним из направлений хозяйствования, которое позволит использовать положительные стороны вселения тех или иных видов. Несмотря на большое количество зафиксированных случаев инвазий десятиногих ракообразных в водоемах России [16-20 и др.], работ по оценке их значения для аквакультуры не проводилось. Цель данной работы проанализировать данные об инвазиях декапод на территории России и оценить возможности и риски для аквакультуры десятиногих ракообразных, возникающие при вселении новых видов.

Десятиногие ракообразные - интродуценты морей и пресных водоемов России

Для России отмечено около двух десятков видов десятиногих ракообразных (табл.), которые можно рассматриваться в качестве интродуцентов [4, 16, 17, 20-24 и др.]. Большая часть видов интродуцентов, отмеченных на территории России, могут быть разделены на две группы: глобальные

вселенцы и региональные вселенцы. К глобальным вселенцам мы относим виды, для которых имеются сведения об успешных интродукциях в нескольких морях или водных системах, как минимум, двух океанов [25] или материков (для пресноводных видов). Примером могут послужить такие виды, как китайский мохнаторукий краб *Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards, 1853, голубой краб *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, восточная креветка *Palaemon macrodactylus* Rathbun, 1902, краб Харриса *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) и др. К региональным вселенцам мы относим виды, расселение которых происходит из относительно близлежащих водоемов. К этой группе могут быть отнесены такие виды, как длиннопалый рак *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), даурский рак *Cambaroides dauricus* (Pallas, 1773), другие виды нативных для территории России речных раков, а также креветки *Palaemon elegans* Rathke, 1836 и *Palaemon adspersus* Rathke, 1836. Есть мнение, что распространение местных видов на новые среды и территории несет меньше рисков для аборигенных сообществ, чем при вселении видов, места обитания которых находятся на большом расстоянии [11]. Вместе с тем не все виды могут быть легко классифицированы как глобальные или региональные вселенцы, некоторые занимают промежуточное положение. Кроме того, существуют другие подходы к группировке вселенцев, например в первую очередь учитывающие их происхождение. Так, камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815), и краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* (Fabricius, 1788) могут быть отнесены к группе «Аркто-субарктических видов-вселенцев». Для Средиземного моря большое значение имеет группа тропических вселенцев из Индо-пацифики – «лесепсовских мигрантов» [26, 27]. Представители этой группы проникают в восточную часть Средиземного моря через Суэцкий канал. Можно было бы ожидать проникновения лесепсовских мигрантов из Средиземного моря и в Черном море. Однако на данный момент в Черном море из этой группы отмечена только зеленая тигровая креветка *Penaeus semisulcatus* De Naap, 1844 [28], которая, скорее всего, попадает туда из Средиземного моря [29]. Возможно отсутствие других видов в Черном море связано с его пониженной соленостью и низкими температурами в зимний период, которые служат ограничением для вселения большинства тропических видов на физиологическом уровне.

Таблица

Десятиногие ракообразные – интродуценты на территории России

Таксоны	Распространение	Среда обитания	Промысловые и культивируемые виды
Подотряд Pleocyemata, Инфраотряд Astacidea, Семейство Astacidae			
<i>Pontastacus leptodactylus</i> Длиннопалый рак	Нативный ареал – Восточная Европа. Интродуцирован в во многих странах Европы и Западной Сибири.	П	Промысловый Аква. ^{1,2}
<i>Pontastacus subanicus</i> Кубанский рак	Нативный ареал – Бассейны Кубани и Дона, р. Ингулец. Интродуцирован в водоемы Красноярского края.	П	Пром. Аква. ^{1,2}
<i>Pacifastacus leniusculus</i> Сигнальный рак	Нативный ареал – запад США и Канады. Интродуцирован во многих странах Европы, в России – водоемы Псковской, Калининградской и Ленинградской обл.	П	Промысловый Аква. ^{1,2}
Семейство Cambaridae			
<i>Cambaroides dauricus</i> Даурский рак	Китай, Корейский полуостров. В России бассейн Амура выше Буреинского хребта и север Приморского края. Обнаружен в р. Хилок у озера Байкал.	П	Потенциально промысловый
<i>Cambaroides schrencki</i> Рак Шренка	Китай. В России - Амур и реки Сахалина. Вселен в южную и восточную части Приморья.	П	Потенциально промысловый
<i>Faxonius limosus</i> Американский полосатый рак	Нативный ареал – в Канаде и США. Интродуцирован во многих странах Европы, в России (Калининградская обл.).	П	
Инфраотряд Caridea, Семейство Palaemonidae			
<i>Macrobrachium nipponense</i> Восточная речная креветка	Нативный ареал – в Китае, Корее, Японии, Вьетнаме, Мьянме, Тайване. Интродуцирован в Куйбышевское вдхр. в водоемы-охладители Курской, Смоленской и Калининской АЭС и др. Отмечен в реках бассейна Каспийского моря.	П	Аква. ¹
<i>Macrobrachium superbum</i>	Нативный ареал – в Южной Азии. Интродуцирован в Приморском крае.	П	

Таксоны	Распространение	Среда обитания	Промысловые и культивируемые виды
<i>Palaemon macrodactylus</i> Восточная креветка	Нативный ареал – в Северо-западной Пацифике. В России – эстуарии и пресные бухты Японского моря. На данный момент широко распространен практически по всему миру, в том числе и в Европе. Встречается в эстуариях Черного и Азовского морей.	Э	
<i>Palaemon sinensis</i> Китайская травяная креветка	В озерах от нижнего Амура до низовьев Янцзы и на южных Курилах.	П	
<i>Palaemon adspersus</i> Черноморская травяная креветка	Нативный ареал – в Азово-Черноморском бассейне. Натурализовался в Каспийском море		
<i>Palaemon elegans</i> Каменная креветка	Нативный ареал – в Азово-Черноморском бассейне. Натурализовался в Каспийском море		
<i>Palaemon longirostris</i>	Нативный ареал – в Северо-западной Пацифике. В виде единичных находок отмечен в Черном море.		
Инфраотряд Brachyura, Семейство Panopeidae			
<i>Rhithropanopeus harrisi</i> Краб Харриса	Нативный ареал – в Мексиканском заливе и на тихоокеанском побережье США. Обитает в солоноватоводных водоемах, но может встречаться и в смежных пресных. Распространился в Европе. В России натурализовался в Черном, Азовском, Балтийском, Каспийском и Баренцевом морях.	Э	
Семейство Portunidae			
<i>Callinectes sapidus</i> Голубой краб	Нативный ареал – в Северо-западной Атлантике. В России натурализовался в Баренцевом море, отмечен в Азовском, Черном и Балтийском морях.	М	Аква. ^{1,2}
Семейство Varunidae			
<i>Eriocheir sinensis</i> Китайский мохнаторукий краб	Нативный ареал – на востоке Китая. Вселился в Европу и Северную Америку. В России отмечен в Калининградской области, в Финском заливе, Ладожском, Онежском озерах, р. Волге, Белом море.	Э К	Промысловый Аква. ^{1,2}
Семейство Oregonidae			
<i>Chionoecetes opilio</i> Краб тригун-опилио	Нативный ареал – в морях Дальнего Востока, а также от арктического побережья Канады до Британской Колумбии и от Гренландии до Портленда. Вселился и натурализовался в Карском и Баренцевом морях.	М	Промысловый Аква. ²
Инфраотряд Anomura, Семейство Lithodidae			
<i>Paralithodes camtschaticus</i> Камчатский краб	Нативный ареал – в северной части Тихого океана и прилегающих морях. Вселен и натурализовался в Баренцевом море.	М	Промысловый Аква. ²
Подотряд Dendrobranchiata			
<i>Penaeus semisulcatus</i> Зелёная тигровая креветка	Нативный ареал – в Индо-Пацифике, отмечен в Черном море	М	Аква. ¹

П – виды, обитающие только в пресных водоемах; М – виды, обитающие только в морской воде; Э – эвригалльные виды; К – катадромные виды; Аква¹ – технологии полноциклового культивирования; Аква² – предпродажная передержка и транспортировка в живом виде.

1.1. Интродуценты пресноводных водоемов

В пресноводных водоемах и водотоках России наиболее массой и широко распространённой группой десятиногих ракообразных являются речные раки. Речные раки являются традиционным объектом как промышленного, так и рекреационного промысла. Способность раков длительное время находиться вне воды, позволяет осуществлять их транспортировку в живом виде на значительные расстояния с минимальными затратами. Кроме того, уже достаточно давно, ведутся экспериментальные работы по разработке подходов к выращиванию речных раков в аквакультуре. Все это служит стимулом для проведения намеренных и ненамеренных интродукций.

На распределение десятиногих ракообразных в пресных водах на территории России большое влияние оказало последнее оледенение. В результате его водоемы на значительных территориях оказались лишены десятиногих ракообразных. Заселение водных систем на этих территориях происходит в первую очередь в результате интродукции человеком в водоемы речных раков. Например, в водоемы Восточного Урала раки были вселены в 1821 г., а на территории Западной Сибири они отсутствовали до 1870 г. [30, 31]. В результате интродукции речных раков в водоемы Алтайского края проведенной в 20 веке в регионе сформировались крупные промысловые популяции [31, 32]. В Красноярском крае осуществлена интродукция рака *Pontastacus cubanicus* (Birstein & Vinogradov, 1934). Исходно в Европейской части России обитали речные раки из семейства Astacidae, а на Дальнем Востоке из семейства Cambaridae. Поэтому знаковым событием можно считать сообщения о присутствии в водоемах в окрестностях озера Байкал европейского вида *P. leptodactylus* [33] и дальневосточного вида *C. dauricus* [34]. Их появление в регионе является следствием интродукций, обеспечивших их продвижение на восток и запад. В последнее время отмечается продвижение рака *P. leptodactylus* не только на восток, но и в водоемы на севере Европейской части России [35].

Виды вселенцы часто становятся причиной распространения новых заболеваний. Для европейских видов речных раков это особенно болезненный и актуальный вопрос. Из Северной Америки в Европу в середине 19 века был завезен возбудитель афаномикоза – гриб *Aphanomyces astacus*. Вызываемое им у европейских видов речных раков заболевание за свою смертоносность получило название – «рачья чума». Следствием распространения афаномикоза в Европе, в том числе на Европейской части России, стала гибель многих популяций автохтонных видов речных раков [36, 37]. Переносчиком этого возбудителя часто являются устойчивые к его воздействию виды раков из Северной Америки. На северо-западе России (табл.) отмечены два вида северо-американских раков: сигнальный рак *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) и американский полосатый рак *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817). Их дальнейшее распространение представляет существенную угрозу для автохтонных видов раков.

Интересным примером намеренных интродукция является восточная речная креветка *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849). Это субтропический вид нативный ареал которого располагается в водоемах Юго-Восточной Азии. В отличие от большинства других представителей рода *Macrobrachium*, которые для размножения мигрируют в моря, эстуарии и прочие места с соленой или солоноватой водой, у креветки *M. nipponense* все стадии жизненного цикла могут проходить в пресноводных биотопах [38]. Температурный оптимум для креветки *M. nipponense* находится в диапазоне 25-28 градусов, но она может выдерживать и достаточно длительное понижение температуры. В 80-90-х годах прошлого века креветку *M. nipponense* заселили в водоемы охладители Приморской ГРЭС, а так же Березовской ГРЭС (Беларусь), Кучурганской ГРЭС (Молдова) и др. [39]. Позже она самостоятельно распространилась в водохранилищах верхней Волги и нижнем течении Днепра [40]. До недавнего времени предполагалось, что эта креветка не сможет выжить в естественных условиях, в водоемах умеренных широт при условии отсутствия теплых водосбросов, а находки вдали от мест акклиматизации объясняли дальними миграциями. Дальнейшие исследования показали, что как минимум на юге европейской части этот вид может формировать устойчивые популяции вдали от искусственных тепловодных водоемов. С 2016 по 2019 годы его представители массово отлавливались в дельте Днестра и низовьях реки Терек [41]. В 2019 году была осуществлена поимка двух экземпляров этого вида нижнем течении Дона [42].

Еще одним видом, регулярно отмечавшимся не только в пресных, но и морских водах России, является китайский мохнаторукий краб (*Eriocheir sinensis*). Краб *E. sinensis* – катадромный вид. Взрослые крабы подымаются по рекам на сотни километров выше устья, а на нерест они возвращаются в море. Личиночное развитие так же проходит в воде с повышенной соленостью, что облегчает перенос личинок между водными бассейнами. Нативный ареал вида расположен в прибрежной зоне Желтого и Восточно-Китайского морей, а также в дельтах и эстуариях впадающих в них рек. В Китае он является важным объектом аквакультуры – объем товарной продукции составляет более 780 тыс. т в год [2]. Основные векторы переноса этого вида – балластные воды, с которыми переносятся личинки, и намеренный выпуск людьми взрослых особей [43].

Краб *E. sinensis* был завезенный в Европу в 1920 г. и на сегодня отмечен в большинстве приморских стран [44] и даже в нескольких странах не имеющих непосредственного выхода к морю.

Этот вид так же оказался завезён в Северную Америку [45]. Краба *E. sinensis* относят к «глобальным инвазивным видам». Он фигурирует в списках: 100 худших инвазивных видов мира [46] и 100 наиболее опасных инвазивных видов России [47]. К настоящему моменту на территории России этот краб, в сравнении с другими видами-вселенцами, имеет там самую большую область встречаемости [20]. Он отмечен в дальневосточном регионе, у балтийских берегов Калининградской области, в Финском заливе не далеко от Выборга и в Невской губе, в Ладожском и Онежском озерах, реках Вуокса, Нева и Северная Двина, в Белом море, в волжском бассейне в близи г. Саратова и в Рыбинском водохранилище [47]. Он также, по-видимому, проник в Черное и Азовское моря, зарегистрирован в дельте Дона и реке Маныч [22, 48].

1.2. Интродуценты морских и солоноватоводных водоемов

В морях России вселения десятиногих ракообразных отмечены, в основном в водах Атлантического бассейна (табл.). Одним из наиболее богатых вселенцами районов нашей страны является Азово-Черноморский регион (8 видов). Ввиду низкого биологического разнообразия и невысокой стабильности экосистемы вызванной сильной эвтрофированностью вод, он оказался благоприятным местом для закрепления новых видов [19, 20]. По всему западному побережью Черного моря и в Азовском море распространился и натурализовался краб Харриса *R. harrisii*. Впервые этот вид был зарегистрирован в Черном море в 1937 г. [49]. Он так же натурализовался в Каспийском и Балтийском морях. Краб *R. harrisii* способен обитать в широком диапазоне солености и температуры. Он же имеет высокой плодовитостью и широкий спектр питания. Эти особенности способствовали его распространению практически по всему миру, сделав одним из самых успешных видов-вселенцев. Другой вид крабов – голубой краб *C. sapidus* (Rathban, 1896) в Черном море впервые был найден в 1949 г., а регулярно стал встречаться с 1960х гг. [22]. Считается, что этот вид был завезен из Средиземного моря, в котором он также является вселенцем, и где произошла его натурализация [15]. В Азово-Черноморском бассейне в последнее время краб *C. sapidus* обнаруживается все чаще. Он начинает попадаться в новых местах, отмечены самки с икрой, что позволяет предположить возможное формирование самовоспроизводящейся популяции в регионе [22].

Черное море также служит в качестве донора вселенцев для других регионов. Креветки *P. elegans* и *P. adspersus* являются нативными видами для Черного и Азовского морей, откуда их случайно завезли в Каспийский бассейн. Скорее всего, это случилось в 1930-х гг. при интродукции кефали [50]. В настоящее время эти виды широко распространились и регулярно встречаются в Каспийском море [51].

Относительно недавним вселенцем в Азово-Черноморском бассейне является креветка *P. macrodactylus*. Ее нативный ареал находится в северо-западной Пацифике, а распространение в водах Черного моря, по-видимому, началось в 2000-х гг. Этот вид является эвригалинным, может жить при солености от 3 до 35‰ [52]. Креветка *P. macrodactylus* демонстрирует высокий уровень экологической пластичности. В территориальных водах России особи *P. macrodactylus* впервые встречены в 2018 году в Керченском проливе [53]. В 2016 и 2019 гг. в протоках дельты Дона и Таганрогском заливе обнаружены самцы, самки и самки с икрой [54]. В 2021 г. этот вид был массово зарегистрирован в дельте Дона, кутовой части Таганрогского залива и основном течении реки Дон на уровне Аксяя. Среди отловленных особей встречались как самцы, так и самки с икрой [55]. Эти сведения позволяют предположить, что произошла успешная натурализация креветки *P. macrodactylus* в Азово-Черноморском бассейне.

В структуре вылова промысловых десятиногих ракообразных в России ведущее место принадлежит крабю *P. camtschaticus* (называемого камчатским крабом) и крабу-стригуну опилию *C. opilio* (его более романтичное торговое название снежный краб) [13]. Доля этих видов до последнего времени составляла около половины объёмов добычи десятиногих ракообразных. В немалой степени этому способствовала интродукция обоих видов в Баренцево море. Интродукция *P. camtschaticus* стало результатом работ Центральной производственно-акклиматизационной станции Главрыбвода, сотрудники которой осуществили перевозку молоди и взрослых особей вида из Дальневосточного бассейна в Баренцево море в период с 1961 по 1969 гг. [56]. Единичные особи начали попадаться при лове рыбы в 1974 г., а в 1994 г. был открыт экспериментальный лов камчатского краба в Баренцевом море [57]. В отличие от камчатского краба вселение краба *C. opilio* не было преднамеренным. Самым вероятным путем его проникновения в Баренцево море считается завоз личинок с балластными водами из северо-западной Атлантики [23]. Первая находка краб *C. opilio* в Баренцевом море произошла в 1996 г. [58]. Завершение

процесса натурализации и быстрый рост численности популяции позволили начать промысел в 2013 г. Помимо Баренцева моря краб *S. opilio* заселил часть Карского моря, находящуюся под влиянием баренцевоморских вод [59]. Таким образом, интродукции камчатского краба и краба-стригуна опилио привели к возникновению в Баренцевом море новых высокопродуктивных популяций, которые активно эксплуатируются для промышленного лова [13].

Перспективы аквакультуры в России, связанные с видами-интродуцентами

Вселения новых видов чаще всего оказываются необратимы и число видов-интродуцентов со временем имеет свойство накапливаться [60, 61]. Инвазии потенциально являются более значительной проблемой, чем такие негативные результаты хозяйственной деятельности человека как перелов рыбы или загрязнение и эвтрофикация водоемов, которые во многих случаях могут быть обратимы. По этой причине главным вопросом, требующим решения при включении в аквакультуру видов-интродуцентов, является минимизация рисков, связанных с подобными мероприятиями. В связи с этим при выборе видов как потенциальных объектов аквакультуры следует придерживаться следующих рекомендаций:

- виды, с которыми планируются работы, не должны быть носителями опасных для местных видов ракообразных заболеваний;
- следует воздержаться от проведения работ с высокоинвазивными видами, потенциально опасными для экосистем региона;
- при проведении работ следует минимизировать риски возможного перемещения видов на новые территории, так как эффект от таких перемещений всегда трудно прогнозируем.

Примерами опасных видов-вселенцев, проникших на территорию России, могут служить краб *E. sinensis* (один из наиболее опасных инвазивных видов в мире) и американские речные раки *P. leniusculus*, *F. limosus* и др. (переносчики афаномикоза – «рачьи чумы»). Такие виды не могут быть рекомендованы для аквакультуры в России.

В тоже время нельзя недооценивать возможности, открывающиеся после вселения видов и их натурализации в экосистемах. В некоторых случаях результатом вселения становится возможность использования их в качестве объектов промысла. На территории России примерами таких процессов могут служить вселения в Баренцево море крабоида *P. camtschaticus* и краба *S. opilio* [13], а так же вселение рака *P. leptodactylus* в водоёмы Сибири и Алтайского края [32]. Вселение этих видов привело к возникновению новых высокопродуктивных популяций, которые активно используются для промышленного лова.

Среди видов-вселенцев можно отметить не только виды, которые являются или могут стать объектами промысла, но и виды, которые могут выращиваться в аквакультуре для получения товарной продукции (табл.). Кроме того, понятие аквакультуры так же включает в себя работы по предпродажному содержанию и транспортировке гидробионтов (табл.). Данное направление является экономически важным, поскольку позволяет существенно повысить стоимость продукта при его продаже в живом виде. Особую актуальность этому направлению придает способность многих видов десятиногих ракообразных находиться длительное время вне воды [62-64].

Среди давно известных видов-вселенцев объектами аквакультуры могут стать в первую очередь рак *P. leptodactylus* и креветка *M. nipponense*. На данный момент для обоих видов существует большое количество наработок по биотехнике их культивирования [39, 38, 62, 65-68], что в значительной степени может упростить начало работ. К видам, вселение которых произошло в последнее время и которые могут представлять интерес для тех или иных направлений аквакультуры, является краб *S. opilio* и креветка *P. macrodactylus* [69]. Так же в качестве объектов культивирования на территории России среди десятиногих ракообразных можно рассматривать ряд тропических видов с низким инвазивным потенциалом, таких как австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) и белоногая креветка *Penaeus vannamei* (Boone, 1931). Поскольку родиной этих видов являются тропические регионы, вероятность интродукции их на территории России крайне низка, а современные подходы, включающие комбинацию использования прудов и установок с замкнутым циклом водоснабжения, позволяют осуществлять их культивирование в условиях южных регионов России [70, 71].

Заключение

На современном этапе целенаправленные и случайные интродукции и реинтродукции являются одним из основных факторов, оказывающих влияние на фауну десятиногих ракообразных России. Число видов, которых можно рассматривать в качестве интродуцентов для тех или регионов, постоянно увеличивается и приближается к двум десяткам. Многие из них представляют интерес в качестве объектов промысла, а также могут рассматриваться в качестве потенциальных объектов различных направлений аквакультуры.

В первую очередь перспективными являются виды, интродукция которых происходит в ближайшие к исходному ареалу водоемы. В случае глобальных вселенцев или видов, интродукция которых происходит из отдаленных регионов, следует ответственно подходить к оценке потенциальных рисков при введении их в аквакультуру. В первую очередь следует обратить внимание на наличие опасных заболеваний, возможности вытеснения автохтонных видов, угрозы для местных экосистем. Например, развитие аквакультуры американских видов речных раков, которые могут быть переносчиками афаномикоза – «рачьи чумы», из-за высоких рисков для естественных популяций автохтонных видов является опасным и нецелесообразным. Так же большие потенциальные риски имеют высоко инвазивные виды такие, как краб *E. sinensis*.

Перспективными для развития аквакультуры в первую очередь могут быть нативные виды речных раков, например, рак *P. leptodactylus*. Другими видами-вселенцами, представляющими интерес для развития тех или иных направлений аквакультуры, являются по нашему мнению краб *C. opilio*, а так же креветки *P. macrodactylus* и *M. nipponense*. Кроме того, расширение объектов культивирования десятиногих ракообразных в России возможно за счет тропических видов с низким инвазивным потенциалом, таких как рак *C. quadricarinatus* и креветка *P. vannamei*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. DecaNet eds. (World List of Decapoda) // Электрон. дан. режим доступа URL: <https://www.decanet.info> (дата обращения 19.04.2024).
2. Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2022 (FishstatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome. Updated 2024. // Электрон. дан. режим доступа URL: www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en (Дата обращения 20.05.2024).
3. Perrings C. Biological invasions in aquatic systems: The economic problem // *Bulletin of Marine Science*. – 2002. – V. 70. – P. 541-552.
4. Алимов А.Ф., Богущкая Н.Г., Орлова М.И. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.: Т-во науч. изд. КМК. – 2004. – 436 с.
5. Wallentinus I., Nyberg C.D. Introduced marine organisms as habitat modifiers // *Marine Pollution Bulletin*. – 2007. – V. 55. – P. 323-332.
6. Scientists' warning on invasive alien species / P. Pyšek, P.E. Hulme, D. Simberloff et al. // *Biological Reviews*. – 2020. – 95(6). – P. 1511-1534.
7. Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050 / H. Seebens, S. Bacher, T. Blackburn et al. // *Global Change Biology*. – 2020. – V. 27. – No. 5. – P. 970-982.
8. The threat of invasive species to IUCN-listed critically endangered species: A systematic review. / M.A. Duenas, D.J. Hemming, A. Roberts, H. Diaz-Soltero // *Global Ecology and Conservation*. – 2021. – 26. – e01476.
9. How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. / M. Vilà, C. Basnou, P. Pyšek et al. // *Frontiers in Ecology and the Environment*. – 2010. – V. 8(3). – P. 135-144.
10. Schlaepfer M.A., Sax D.F., Olden J.D. Toward a more balanced view of non-native species. // *Conservation Biology*. – 2012. – 26(6). – P. 1156-1158.
11. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward / D. Simberloff, J.L. Martin, P. Genovesi et al. // *Trends in Ecology & Evolution*. – 2013. – V. 28. – № 1. – P. 58-66.
12. Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European review / S. Katsanevakis, I. Wallentinus, A. Zenetos et al. // *Aquatic Invasions*. – 2014. – V. 9. – P. 391-423.

13. Сырьевая база промысловых беспозвоночных и её освоение в морях России в 2000–2020 гг. / В.А. Бизиков, Д.О. Алексеев, А.Д. Абаев и др. // Труды ВНИРО. – 2024. – Т. 195. – С. 142-204.
14. Souty-Grosset C. Atlas of Crayfish in Europe / C. Souty-Grosset, D. M. Holdich, P. Y. Noël et al. (eds). – Museum national d'Histoire naturelle, Paris. – 2006. – 187 p.
15. Bockerhoff A., McLay C. Human-mediated spread of alien crabs // In the wrong place – Alien marine crustaceans: Distribution, biology and impacts. B.S. Galil, P.F. Clark, J. Carlton (eds.). – Berlin, N.Y.: Springer. – 2011. – P. 27-105.
16. Zalota A.K. Spiridonov V.A. Vectors of introduction and pathways of dispersal of alien decapod species in Black, Azov, Caspian and seas. // In CIESM Monograph 48 [F. Briand ed.] Marine connectivity – migration and larval dispersal. – 2016. – P. 115-120.
17. Борисов, Р.Р. Современные тенденции формирования фауны десятиногих ракообразных (Decapoda) пресноводных водоемов // Современное состояние биоресурсов внутренних водоёмов и пути их рационального использования: Материалы докладов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию Татарского отделения ГОСНИОРХ, 24-29 октября 2016 г., Казань. – 2016. – С. 166-176.
18. Decapod crustaceans of the Barents Sea and adjacent waters: species composition and peculiarities of distribution. / O.L. Zimina, P.A. Lyubin, L.L. Jorgensen et al. // Arthropoda Selecta. – 2015. – V. 24(4). – P. 417-428.
19. Spiridonov V.A., Zalota A.K. Understanding and forecasting dispersal of non-indigenous marine decapods (Crustacea: Decapoda) in East European and North Asian waters // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. – 2017. – V. 97. – №. 3. – P. 591-611.
20. Залота А.К. Чужеродные виды десятиногих ракообразных (Crustacea, Decapoda) в морях России и сопредельных водах: Дис. ... канд. биол. наук – М.: ФГБУН ИО РАН, 2017. – 250 с.
21. Барабанщиков Е.И. Речные раки рода *Cambaroides* Приморья // Бюллетень Самарская Лука. – 2004. – Т. 15. – С. 291-297.
22. Аносов С.Е. Характеристика фауны Decapoda Азово-Черноморского бассейна. Качественные и количественные изменения за последнее столетие: Дис. ... канд. биол. наук. – М.: ФГБНУ «ВНИРО». – 2016. – 438 с.
23. Краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* в Баренцевом и Карском морях / К.М. Соколов, В.А. Павлов, Н.А. Стрелкова и др. – Мурманск: ПИНРО, 2016. – 242 с.
24. Кулиш А.В. Инвазионные виды Decapoda Черного и Азовского морей: видовой состав, динамика распространения, перспективы их вселения. // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование. – 2022. – С. 172-185.
25. Yamada S.B. Global invader: the European green crab. Corvallis: Oregon Sea Grant. – 2001. – 123 p.
26. Por F.D. Lessepsian Migration. The influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez Canal. – Berlin: Springer. – 1978. – 228 p.
27. Galil B.S. Truth and consequences; the bioinvasion of the Mediterranean Sea. // Integrative Zoology. – 2012. – V. 7(3). – P. 299–311.
28. Первая находка зеленой тигровой креветки *Penaeus semisulcatus* (Penaeidae, Decapoda) в Черном море / С.А. Хворов, А.Р. Болтачев, С.И. Решетников, А.Н. Пашков // Экология моря. – 2006. – Т. 72. – С. 65-69.
29. Гучманидзе А., Статкевич С.В., Болтачев А.Р. Первая находка креветки *Penaeus semisulcatus* Наан, 1844 (Decapoda, Penaeidae) у берегов Грузии // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2016. – № 4. – С. 19-23.
30. Малахов М.А. Речные раки в Среднем и Южном Урале // Записки Уральского общества любителей естествознания, Екатеринбург, 1879. – Т. 5. – Вып. 2.
31. Западная Сибирь. Тобольская и Томская губ. // Россия. Полное географическое описание нашего отечества: Настольная и дорожная книга для русских людей. И.П. Толмачев, А.Н. Красных, Г. М. Седельников и др. – 1907. – Т. 16. – 591 с.
31. Лукерин А.Ю. Характеристика популяции речного рака в озере Мостовое алтайского края и среды ее обитания // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12. – С. 2361-2365.
32. Белорусцева С.А., Лукерин А.Ю. Динамика промысла и популяционных характеристик раков в озере Мостовое Алтайского края. // Рыбное хозяйство, Москва: ФГБУ ЦУРЭН. – 2023. – № 4. – С. 49–52.

33. Камалтынов Р.М. Высшие ракообразные (Amphipoda: Gammaroidea) Ангары и Енисея // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. – Новосибирск: Наука, 2009. – Т. II. – Кн. 1 – С. 297–329.
34. Матафонов Д.В. Чужеродные виды гидробионтов в бассейне Байкала: риски дальнейшей экспансии и воздействия на экосистемы // Материалы II междунауч. конф. Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии, Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2011. – Т. 2. – С. 203-204.
35. New records and disappearance from old sites of narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* in northwestern Russia / N.A. Berezina, P.M. Terentiev, A.N. Sharov, A.A. Maximov // *BioInvasions Record*. – 2021. – 10(4). – P. 894-903.
36. Арнольд И.Н. Заметка о рачье чуме и современном состоянии рачьего промысла на Волге // *Вестн. рыбопром.* – 1900. – 15 с.
37. Holdich D.M. Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries // *Bull. Fr. Pêche Piscic.* – 2002. – V. 367. – P. 611–650.
38. Экология пресноводных креветок / Н.Н. Хмелева, В.Ф. Кулеш, А.В. Алехнович, Ю.Г. Гигиняк. – Минск: «Беларуская навука», 1997.– 254 с.
39. Кулеш В.Ф. Биология культивирования промысловых видов пресноводных креветок и речных раков на теплых водах. – М.: Новое знание, 2012. – 328 с.
40. Stepanok N.A. Oriental river prawn of the genus *Macrobrachium* in the lower reach of the Dniester River. // *Hydrobiological Journal*. – 2014. – V. 50. – No. 4. – P. 110–113.
41. Обнаружение японской креветки *Macrobrachium nipponense* (De Naan, 1849) в нижнем течении реки Терек (бассейн Каспийского моря) / Д.Ф. Афанасьев, Л.А. Живоглядова, Н.А. Небесихина и др. // *Российский журнал биологических инвазий*. – 2020. – Т. 13(2). – С. 2-8.
42. Первая находка Восточной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Naan, 1849) в нижнем течении реки Дон (бассейн Азовского моря) / Л.А. Живоглядова, Д.А. Вехов, В.А. Спиридонов и др. // *Водные биоресурсы и среда обитания*. – 2021. – Т. 4. – № 1. – С. 28–34.
43. The invasion of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) in the United Kingdom and its comparison to continental Europe / L.M. Herborg, S.P. Rushton, A.S. Clare, M.G. Bentley // *Biological Invasions*. – 2005. – V. 7. – No 6. – P. 959-968.
44. Макаров Ю.Н. Десятиногие ракообразные // *Фауна Украины. Высшие ракообразные*. Киев: Наукова думка. – 2004. – Т. 26. – Вып.1-2. – 429 с.
45. Patterns and processes of biological invasion: the Chinese mitten crab in San Francisco Bay / D.A. Rudnick, K. Hieb, K.F. Grimmer, V.H. Resh // *Basic and Applied Ecology*. – 2003. – V. 4. – № 3. – P. 249-262.
46. 100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the Global Invasive Species Database / S. Lowe, M. Browne, S. Boudjelas, M. De Poorter // *The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN)*. – 2000. – 12 p.
47. Березина Н.А., Фенёва И.Ю. *Eriocheir sinensis* - Китайский мохнаторукий краб. - В книге: Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / Ред. Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А. М.: Тов-во научных изданий КМК. – 2018. – С. 392- 398.
48. Каменцева О.М. Китайский краб *E. sinensis* (Decapoda, Grapsidae) в реках Маныч и Дон / Тез. докл. 12 Междунар. конф. по промысловой океанологии, г. Светлогорск, 2002. – С. 105-106.
49. Макаров А.К. О некоторых новых элементах в составе фауны черноморских лиманов в связи с судоходством // *Доклады АН СССР*. – 1939. – Т. 23. – № 8. – С. 25-26.
50. Шорыгин А.А., Карпевич А.Ф. Новые вселенцы Каспийского моря и их значение в биологии этого водоема. – Симферополь: Крымиздат, 1948. – 107 с.
51. Филиппов А.А. Общие виды-вселенцы в донных сообществах Арала и Каспия и их влияние на аборигенную фауну // *Функциональная морфология, экология и жизненные циклы животных*. Сборник научных трудов кафедры зоологии РГПУ им. А. И. Герцена, СПб: Тесса, 2005. – Вып. 5. – С. 177-195.
52. González-Ortegón E., Cuesta J.A. An illustrated key to species of *Palaemon* and *Palaemonetes* (Crustace: Decapoda: Caridea) from European waters, including the alien species *Palaemon macrodactylus* // *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. – 2006. – V. 86. – P. 93-102.

53. Тимофеев В.А., Симакова У.В., Спиридонов В.А. Первая находка восточной креветки *Palaemon macrodactylus* Rathbun, 1902 (Crustacea Decapoda Palaemonidae) в территориальных водах России в Черноморско-Азовском бассейне // Российский журнал биологических инвазий. – 2019. – № 1. – С. 110–119.
54. Статкевич С.В. Креветка *Palaemon macrodactylus* (Decapoda, Palaemonidae) в дельте реки Дон // Российский журнал биологических инвазий. – 2022. – № 1. – С. 123-128.
55. Экспансия восточной креветки *Palaemon macrodactylus* Rathbun, 1902 (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) в Азово-Донском бассейне / Г.Г. Матишов, И.В. Шохин, Н.И. Булышева, М.В. Коваленко // Российский журнал биологических инвазий. – 2022. – № 3, – С. 108-113.
56. Орлов Ю.И. Акклиматизация промысловых крабов в Северо-Восточной Атлантике: обоснование и первые результаты // Рыбное хозяйство, сер. Аквакультура: обзорная информация. – М.: ВНИЭРХ. – 1994. – Вып. 1. – С. 55.
57. Орлов Ю.И. Акклиматизация промысловых крабов: характеристика объектов вселения // Рыбное хозяйство. Сер. Аквакультура: обзорная информация. – М.: ВНИЭРХ, 1995. – Вып. 4. – С. 1-40.
58. Кузьмин С.А., Ахтарин С.М., Менис Д.Т. Первые находения краба-стригуна *Chionoecetes opilio* (Decapoda, Majidae) в Баренцевом море // Зоологический журнал. – 1998. – Т. 77. – № 4. – С. 489-491.
59. Спиридонов В.А., Залота А.К., Веденин А.А. Быстрое развитие инвазии краба-стригуна (*Chionoecetes opilio*) в Карском море // Материалы научной конференции «Экосистема Карского моря – новые данные экспедиционных исследований». М.: И-т Океанологии РАН. 2015. – С. 179-183.
60. Thresher R.E., Kuris A.M. Options for managing invasive marine species // Biological Invasions. – 2004. – V. 6. – P. 295-300.
61. Reise K., Dankers N., Essink K. Introduced species // Wadden Sea Quality Status Report 2004. / Wadden Sea Ecosystem, K. Essink, C. Dettmann, H. Farke et al. (eds.). – 2005. – V. 19. – P. 155-161.
62. Fotedar, S., Evans, L. Health management during handling and live transport of crustaceans: a review // Journal of Invertebrate Pathology. – 2011. – V. 106. – № 1. – P. 143-152.
63. Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Чертопруд Е.С. Речной рак. Биология, воспроизводство и культивирование. – М. Изд. ВНИРО, 2011. – 96 с.
64. Аквакультура камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) / Н.П. Ковачева, Р.Р. Борисов, А.В. Жигин и др. – М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИРО», 2022. – 224 с.
65. Мицкевич О.И. Раколовство и раководство на водоемах европейской части России. – С. Пб.: ФГНУ ГосНИОРХ, 2006. – 207 с.
67. Черкашина Н.Я. Сборник инструкций по культивированию раков и динамике их популяций – Ростов-на-Дону: Медиа-полис, 2007. – 118 с.
68. Александрова Е.Н. Перспективы по восстановлению и развитию рачного хозяйства России // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2016. – №2. – С. 7-12.
69. Дальневосточная креветка-вселенец *Palaemon macrodactylus* Rathbun, 1902 – объект аквакультуры на Донском взморье / Г.Г. Матишов, И.В. Шохин, М.В. Коваленка и др. // под ред. д.б.н., проф. Е.Н. Пономаревой, д.т.н., проф. Б.Ч. Месхи. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2022. – 48 с.
70. Перспективы культивирования белоногой креветки *Penaeus vannamei* (Voone, 1931) в различных регионах России с учетом гидрохимических характеристик водоемов и сезонной динамики температурных показателей / Р.Р. Борисов, Н.П. Ковачева, И.Н. Никонова, Н.В. Кряхова // Рыбное хозяйство. – 2021. – №6. – С. 90-96.
71. Аквакультура австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) / Р.Р. Борисов, Н.П. Ковачева, А.В. Жигин и др. – М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИРО», 2024. – 200 с.

INTRODUCED DECAPODA CRUSTACEANS AS A NEW RESOURCE FOR AQUACULTURE IN RUSSIA

¹Borisov Rostislav Ruslanovich, D.Sc. (Biology), Leading Researcher Invertebrate Aquaculture Department

²Kryakhova Natalia Vladimirovna, Ph.D. (Biology); Head of the Invertebrate Aquaculture Department

³Zelenenko Vladislav Vitalievich, specialist Invertebrate Aquaculture Department

^{1,2,3}Russian Federation Research Institute of Fishery and Oceanography, Moscow, Russia,
e-mail: ¹borisovrr@vniro.ru; ²nvkryachova@vniro.ru; ³zelenenko@vniro.ru

Despite the large number of reported cases of decapod crustacean invasions in Russia, this work is the first attempt to assess their significance for aquaculture. The paper provides timely information on decapod crustacean invasions in Russia. It is noted that cultivating species that pose risks of spreading dangerous diseases, the possibility of displacing autochthonous species and creating threats to local ecosystems is dangerous and inappropriate. At the same time, it is indicated that many introduced species can be considered promising for aquaculture in Russia.

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ И БИОЛОГИЯ
ИНВАЗИВНОГО ВИДА БЫЧКА-КРУГЛЯКА
NEOGOBIOUS MELANOSTOMUS (Pallas, 1814)
В ПРЕДЕЛАХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

¹Новожилов Олег Анатольевич, канд. биол. наук,
доцент кафедры водных биоресурсы и аквакультуры

²Гулина Татьяна Сергеевна, старший преподаватель кафедры
водных биоресурсы и аквакультуры

^{1,2}Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия, e-mail: ¹oleg.novozhilov@klgtu.ru; ²gulina@klgtu.ru

Продолжающаяся трансформация водных экосистем под воздействием инвазивных видов требует пристального внимания к ним. Бычок-кругляк появился в Балтийском море в 1990 г. и к 2024 г. стал постоянным компонентом ихтиофауны в пределах Калининградской области, встречаясь как в морских, так и пресных водах. В новых условиях произошло изменение его репродуктивной стратегии, нерест стал проходить в более сжатые сроки. Стабильная размерная структура говорит о благоприятных условиях воспроизводства.

Уже не одно десятилетие наблюдается процесс трансформации структуры ихтиофауны водоемов под воздействием изменений климатических условий и за счет «обогащения» рыбного сообщества новыми видами, проникающими в том числе с отдаленных водотоков. Водные экосистемы Калининградского региона не являются исключением: в пределах области обнаружено четыре инвазивных вида рыб: ротан-головешка (*Percottus glenii* (Dybowski, 1877)), белоглазка (*Ballerus sapa* (Pallas, 1814)), бычок-песочник (*Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814)) и объект настоящего исследования - бычок-кругляк (*Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814)) [1].

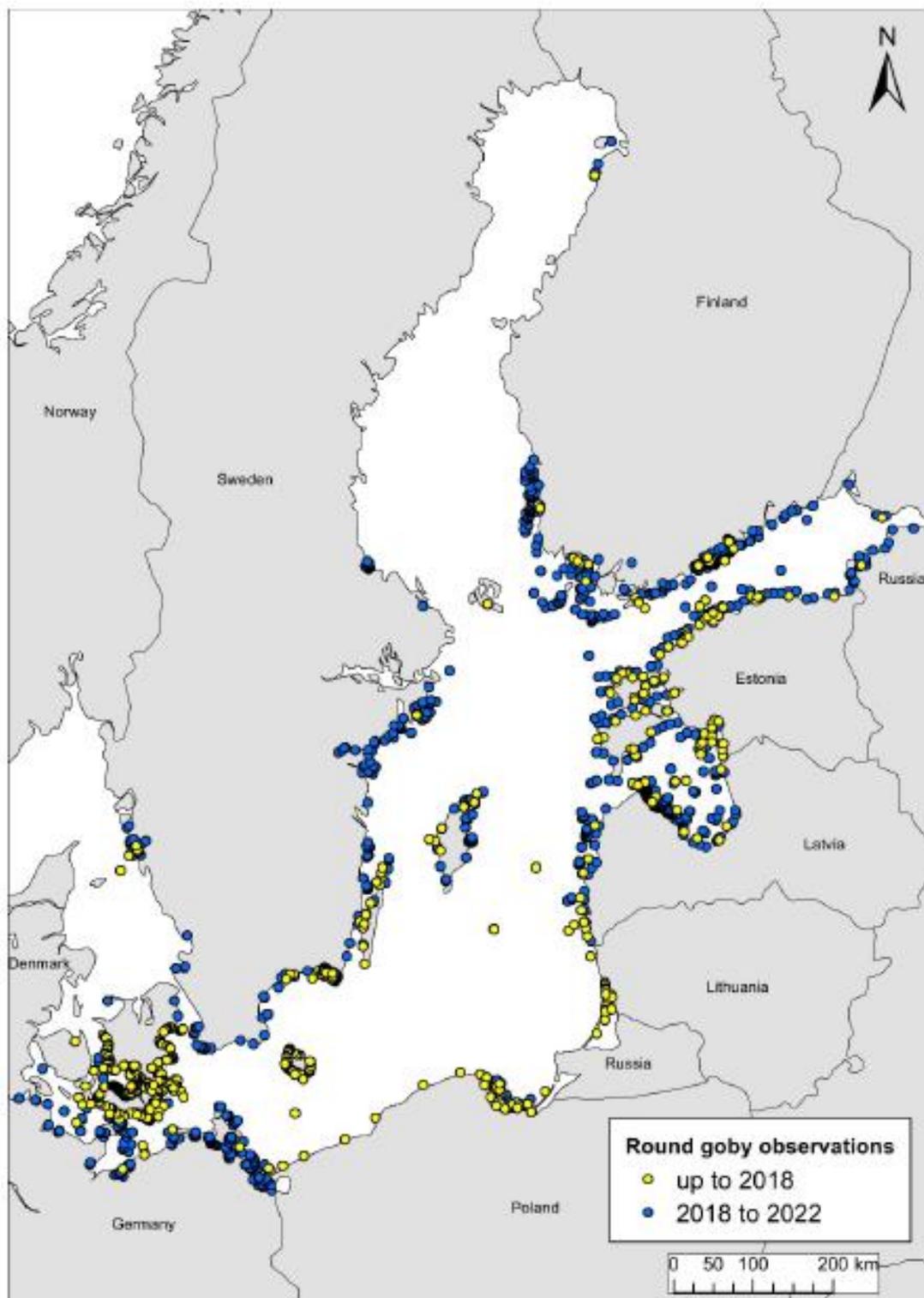
Появившись в Балтийском море в 1990 г. в Гданьском заливе в районе порта Хель (Польша) [2], к 2000 году он достиг Калининградской области (г. Балтийск) [3]. С момента появления бычок-кругляк активно расширяет в Балтийском море свой ареал и к 2022 году распространился практически по всей акватории моря (рис. 1.) [4].

Помимо распространения в прибрежной части моря бычок начал осваивать и пресноводные водоемы области [5,6,7]. Несмотря на большое количество работ, посвященных распространению бычка-кругляка в Балтийском море [2,4,7,8], его расселение в пределах Калининградской области описано только для моря и солоновато-водного Вислинского залива [3].

Целью настоящей работы, с учетом вышесказанного, является описание распространения инвазивного вида бычка-кругляка в пределах Калининградской области и его биология.

Материалом к данной работе послужили данные мониторинговых исследований кафедры водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ».

Регулярные наблюдения в бассейне Вислинского залива Калининградской области осуществляются с 1996 года, с 2007 года – начались в бассейне Куршского залива, а с 2009 года – в Балтийском море. С 2000 года было проведено более 150 тыс. обловов в 345 водоемах области, из которых в 780 обловах было отмечено более 4 тыс. экземпляров бычка-кругляка.



*Рис. 1. Распространение бычка-кругляка в Балтийском море.
Желтые отметки - поимки до 2018 г, синие - с 2018 по 2022 гг [4]*

Для проведения контрольных обловов использовались следующие виды орудий лова:

- волокуша мальковая длиной 10 м с шагом ячеи в мотне 4 мм;
- невод закидной длиной 120 м, с шагом ячеи в мотне 12 мм и длиной урезков 150-300 м;
- сети плавные длиной 30-60 м с шагом ячеи 14-70 мм;
- сети ставные длиной 15-60 м с шагом ячеи 12-70 мм;
- электроловильная портативная установка.

Объем собранного материала приведен в таблице 1. Длина в работе приведена до начала лучей хвостового плавника (промысловая длина, l).

Объем собранного материала за период с 2007-2024 (май) гг., экз.

Водоём	Год														
	2007	2009	2010	2012	2013	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
море Балтийское		3	174		28					8	78	81	33	3372	321
залив Вислинский	1			59	11			52					1		
река Прохладная						2									
река Мамоновка			2												
канал М-100													2		
залив Куршский		3	1												
река Неман							3				3				
река Матросовка							38	1							1
река Северная (Скирвите)						1	3	5	1		1				
река Тростянка													1		
пруд Затон												1			
Всего	1	6	177	59	39	3	44	58	1	8	82	82	37	3372	321

В пределах Калининградской области бычок-кругляк был отмечен в 10 водоемах: море Балтийское, Куршский и Вислинский заливы, река Неман с рукавами Скирвит (Северная) и Матросовка, а также в небольших реках, впадающих в Куршский (река Тростянка) и Вислинский заливы (реки Мамоновка и Прохладная, канал М-100) (рис. 2.).

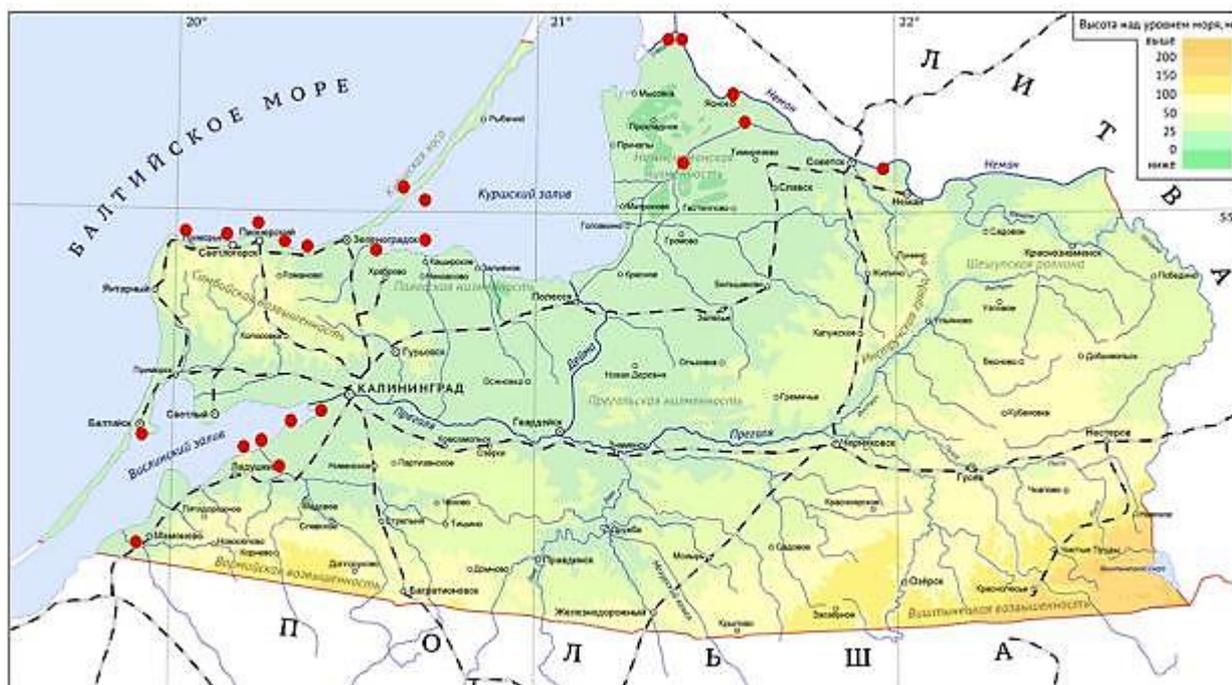


Рис. 2. Распространение бычка-кругляка в водоемах Калининградской области

Распространение бычка-кругляка в Балтийском море очень хорошо коррелирует с распространением другого вселенца – бычка-песочника (*Neogobius fluviatilis* Pallas, 1814) [1]. Скорее всего это связано с грунтами, поскольку все поймки бычка-кругляка приурочены, за исключением поймки на Куршской косе, к каменистым грунтам, тогда как западное побережье Калининградской области сложено песчаными грунтами.

В Вислинском заливе распространение бычка так же связано с более твердыми грунтами: юго-восточный берег, где отмечены поймки кругляка, сложены крупным песком с примесью гальки, северный берег более илистый.

Поймки бычка рыбаками любителями в районе г. Балтийска так же приурочены к твердым грунтам, представленными бетонными тетраподами и кубами, из которых собраны молю, ограждающие пролив в Вислинский залив.

В Куршском заливе кругляк был пойман на гравийных банках нерестилищ сига.

В прибрежной части Балтийского моря бычок-кругляк является постоянным компонентом ихтиофауны (таблицы 2 и 3).

Таблица 2

Видовая структура улова в прибрежной части Балтийского моря 2023 год, %

Вид	Апрель	Май	Июнь	Июль
Сельдь балтийская (салака)	71,4	21,95	28,43	12,57
Камбала речная	12,2	58,54	33,47	44,92
Бычок-кругляк	11,25	10,37	17,37	6,17
Финта атлантическая	0,32	1,83	0,84	10,99
Окунь пресноводный	0,87	1,22	2,52	5,34
Камбала-тюрбо	1,19	2,44	5,46	2,33
Игла морская змеевидная	-	-	1,12	6,09
Плотва	0,16	-	0,98	4,06

Вид	Апрель	Май	Июнь	Июль
Судак	0,08	-	0,28	3,39
Шпрот	1,27	1,22	2,10	0,83
Треска	0,08	-	4,76	0,23
Рыбец	-	-	0,98	1,73
Корюшка европейская	0,40	0,61	1,26	0,45
Песчанка большая	0,08	-	-	0,53
Кумжа	0,32	0,61	-	-
Скумбрия атлантическая	-	-	-	0,23
Песчанка балтийская	-	-	0,28	0,08
Керчак	0,08	-	0,14	-
Игла морская длиннорылая	0,08	-	-	-
Карась серебряный	-	0,61	-	-
Лещ	-	0,61	-	-
Анчоус европейский	-	-	-	0,08
Пинагор	0,08	-	-	-

Согласно данным таблицы 2 в 2023 году были пойманы рыбы 23 видов из 15 семейств. Доля бычка в улове меняется от 6 до 17% (с максимальной численностью в июне) и занимает устойчивое третье место, уступая только сельди балтийской (салака) и камбале речной.

Данные по 2024 году в Балтийском море приведены за период с марта по июнь. (таблица 3).

Таблица 3

Видовая структура улова в прибрежной части Балтийского моря 2024 год, %

Вид	Март	Апрель	Май	Июнь
Сельдь балтийская (салака)	71,13	65,67	30,95	14,56
Камбала речная	15,01	13,81	35,33	23,74
Бычок-кругляк	0,16	6,59	8,61	23,85
Финта атлантическая	0,65	1,00	5,84	10,32
Камбала-тюрбо	1,79	1,74	5,69	6,42
Треска	3,10	3,48	5,69	3,90
Сельдь атлантическая	-	0,37	2,19	4,01
Шпрот	1,47	1,12	2,48	1,26
Песчанка большая	-	0,75	1,75	3,10
Окунь пресноводный	-	0,25	0,58	3,56
Плотва	-	0,25	0,15	3,44
Керчак	2,45	0,87	0,15	0,11
Корюшка европейская	0,82	1,37	0,44	0,23
Песчанка балтийская	0,16	1,99	-	-
Кумжа	1,79	-	0,15	0,11
Игла морская змеевидная	1,31	0,37	-	-
Рыбец	-	0,12	-	0,80
Судак	-	-	-	0,34
Лещ	0,16	-	-	-
Пинагор	-	0,12	-	-
Ерш	-	0,12	-	-
Скумбрия атлантическая	-	-	-	0,11
Бельдюга	-	-	-	0,11

Уловы были представлены 23 видами из 14 семейств.

В марте месяце, когда вода еще не прогрелась, доля кругляка в прибрежных уловах минимальна и составляет менее 1% (вид входит во вторую десятку видовой структуры по значимости). По мере прогрева воды его доля в улове начинает стремительно увеличиваться: уже в апреле вид становится третьим по численности в уловах (6,59%), а в июне, как и в 2023 году, достигает максимума и сравнивается по значимости с камбалой речной (23.85 и 23,74% соответственно).

Соотношение самцов и самок бычка-кругляка в Балтийском море по данным сетных уловов составило 1:1,4. В течении периода исследований данный показатель меняется в довольно широких пределах (рис. 3).

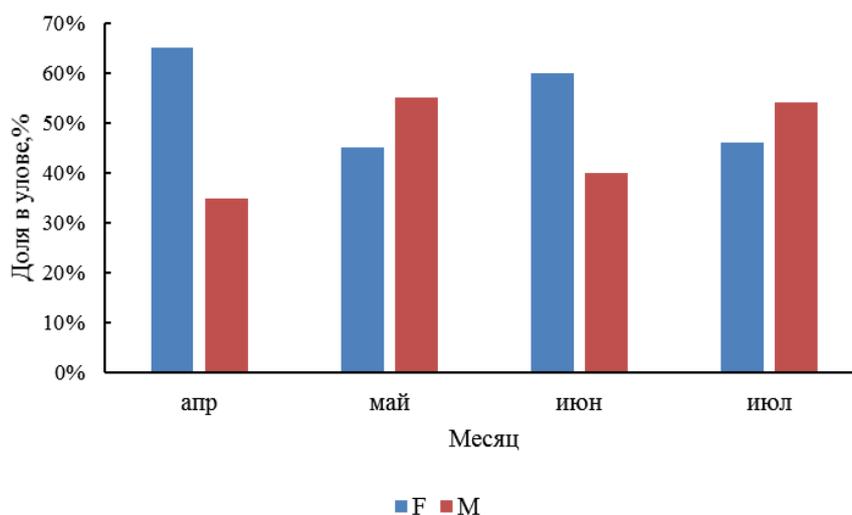


Рис. 3. Половая структура бычка-кругляка в 2023 году

Максимальная доля самок приходится на апрель и июнь, когда их доля составляет 65 и 60% соответственно, минимальная – на май и на июль, когда доля падает до 45-46%.

Репродуктивная структура самок бычка-кругляка в Балтийском море в пределах Калининградской области представлена на рис. 4.

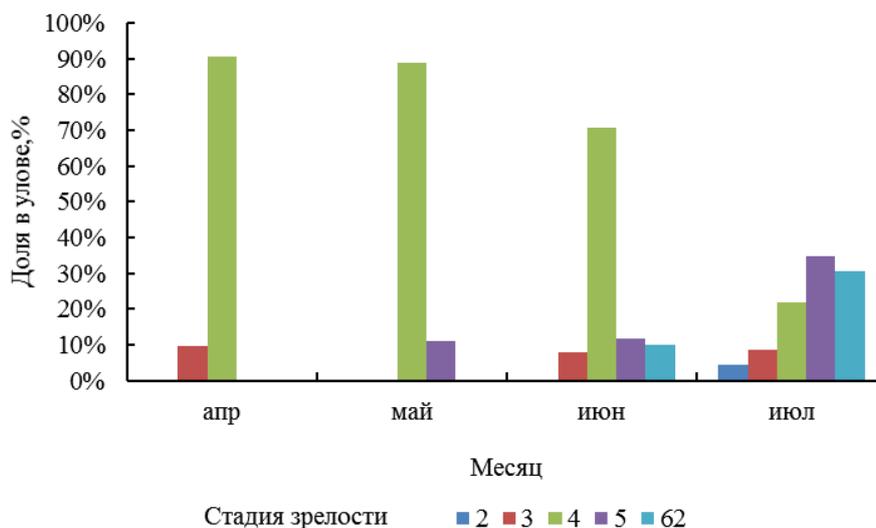


Рис. 4. Репродуктивная структура самок бычка-кругляка в Балтийском море в 2023 году

В нативном ареале у бычка-кругляка нерест тянется с апреля по сентябрь. В Балтийском море в апреле-мае основная масса самок находится на 4 стадии зрелости и лишь незначительная часть особей (около 10 %) уже готова к нересту, как правило, это молодые самки, впервые участвующие в нересте. В июне наблюдается картина полноценного нереста: доминирование 4 стадии зрелости объясняется подходом к берегу более старых особей с готовыми половыми продуктами, тогда как другие самки, выметав одну порцию икры, вынашивают следующую, а третьи и вовсе закончили вымет. В июле доля нерестящихся и отнерестившихся особей превалирует над всеми другими.

Похожая ситуация наблюдается и в репродуктивной структуре самцов, за исключением того, что особи, находящиеся в текущем состоянии, нами не были пойманы (рис. 5.).

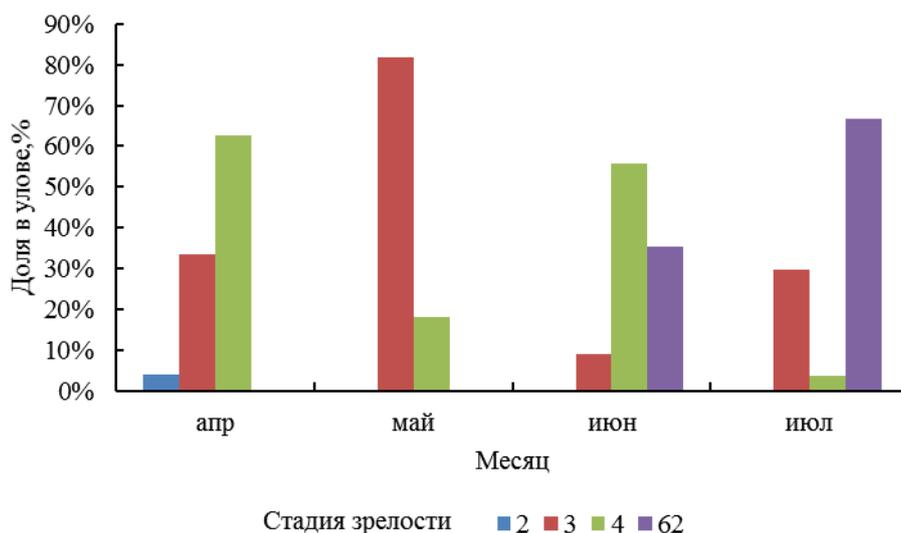


Рис. 5. Репродуктивная структура самцов бычка-кругляка в Балтийском море в 2023 году

В апреле-мае самцы готовились к нересту, а в июне-июле в уловах встречались особи, находящиеся на стадии выбоя, с преобладанием данной стадии в июле.

Таким образом, можно сделать вывод, что в виду более низких весенних температур Балтийского моря и более продолжительного периода прогрева воды, нерест в наших водах имеет более короткие сроки.

Размерная структура бычка-кругляка в Балтийском море по данным сетных уловов представлена 13 классами: от 7 до 20 см. Рисунок 6 показывает, что популяция его находится в стабильном состоянии, и основу уловов составляют особи длиной от 10 до 16 см, на которые приходится от 81 до 91%.

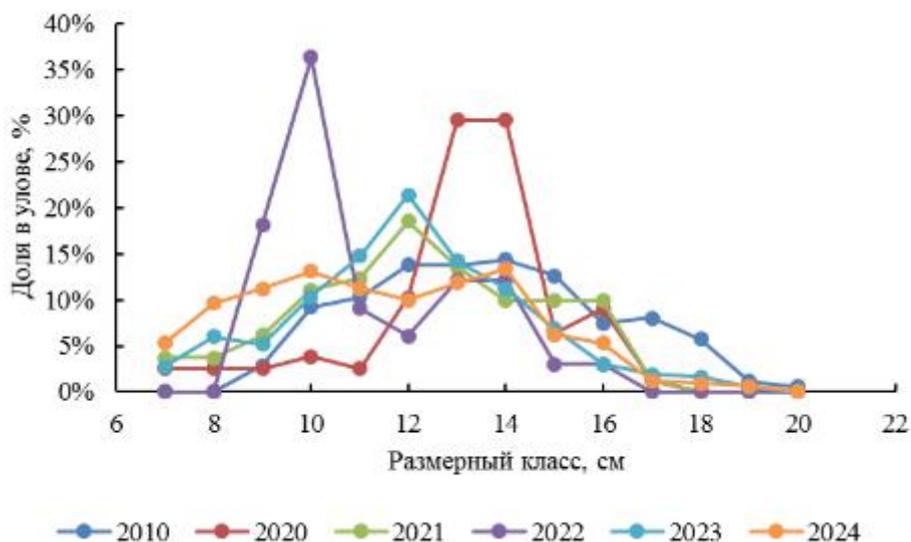


Рис. 6. Размерная структура сетных уловов бычка-кругляка в Балтийском море

На рисунке видно, что только в 2020 и 2022 годах размерная структура довольно сильно выбивается от среднегодовой картины. В 2022 году большая доля особей (более 35%) приходится на размерный класс 10 см, при среднемноголетнем 8,8%. А в 2020 году на классы 13-14 см (при 29% при среднемноголетнем), что составило 13 и 11% соответственно.

Размерные структуры улова бычка-кругляка в Балтийском море и Вислинском заливе по данным уловов мальковой волокуши представлены на рисунках 7 и 8.

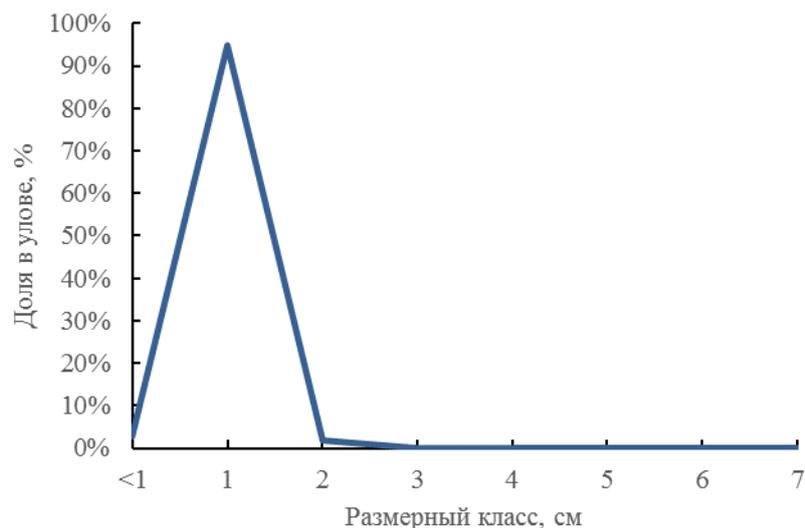


Рис. 7. Размерная структура уловов мальковой волокушей бычка-кругляка в Балтийском море по данным 2023 года.

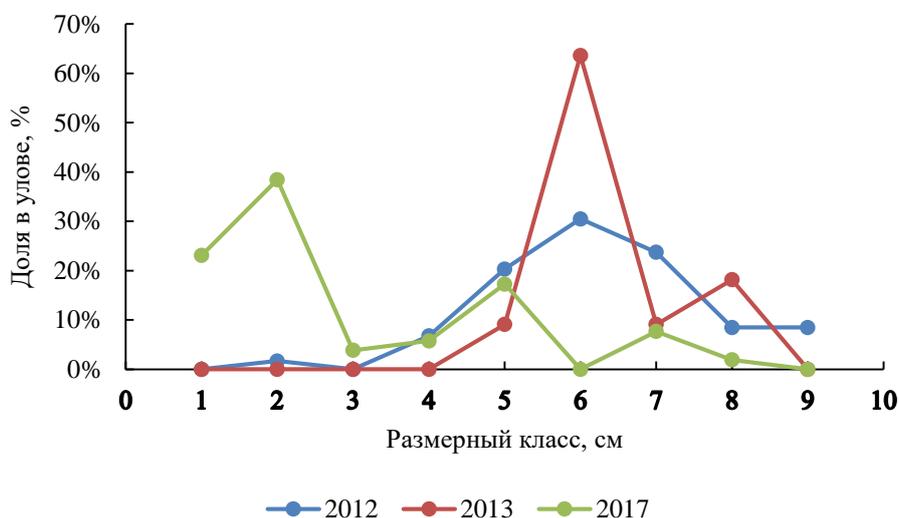


Рис. 8. Размерная структура уловов мальковой волокушей бычка-кругляка в Вислинском заливе

В отличие от Балтийского моря, где в уловах преобладают особи длиной 1-2 см, в уловах мальковой волокуши в заливе преобладающими размерными классами являются 5-8 см. Несмотря на то, что для построения последней размерной структуры были использованы данные только 2012-2013 и 2017 годов, размерная структура относительно стабильна, что может говорить о стабильности популяции в водоеме.

Заключение

С момента появления бычка-кругляка в 1990 году в водах Балтийского моря произошла его натурализация. В Калининградской области он стал постоянным компонентом ихтиофауны моря, заливов и случайным в речных системах. В большинстве случаев местообитание бычка связано с твердыми грунтами.

Нерест в Балтийском море проходит в более короткие сроки - в июне-июле, тогда же в прибрежной зоне наблюдаются его максимальные уловы в ставных сетях: доля бычка в данный период составляет до 26%.

Размерная структура уловов показывает существенную разницу между размерами кругляка в море и еще более опресненном Вислинском заливе. В заливе бычок не создает таких концентраций и в уловах ставных сетей практически не попадает.

В заливе в уловах мальковой волокуши отмечены более крупные особи бычка по сравнению с морем. Размерная структура морских уловов показывает, что популяция бычка-кругляка находится в стабильном состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новожилов, О.А. Гулина, Т.С. Бычок-песочник *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814) как новый вид в ихтиофауне Калининградской области // Материалы XI Международного Балтийского морского форума 25–30 сентября 2023 года; XI Национальная научная конференция: в 8 т. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – Т. 3.: «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». – С. 85-91. – Электрон. дан. Режим доступа URL: – https://bmf.klgtu.ru/wp-content/uploads/forum_materials/2023/tom_8.pdf
2. Skóra, K.E. Stolarski, J. New fish species in the Gulf of Gdańsk, *Neogobius* sp. [cf. *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1811)] // *Bulletin of the Sea Fisheries Institute* 1(128). – 1993. – P. 83–84
3. Тылик, К.В., Закревский Е.Д. Натурализация вселенца бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) в Вислинском заливе Балтийского моря // Тез. докл. междунаро. конф. «Инновации в науке и образовании – 2003». – Калининград, 2003. – С. 39–40.
4. Workshop on Stickleback and Round Goby in the Baltic Sea (WKSTARGATE). ICES Scientific Reports. 4:77. 2022. 56 pp. // Электрон. дан. Режим доступа URL: – <https://doi.org/10.17895/ices.pub.21345291>
5. Borowski, W. The round goby in the Vistula Lagoon // *Magazyn Przemysłu Rybackiego* 4(12). – 1999. – P. 39 (in Polish).
6. Особенности эмбрионального развития бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Gobiidae) в пресной воде / Бониславская, М. Таньский, А. и др. // *Вопр. ихтиологии*. – 2014. – Т. 54. – № 5. – С. 591–598. – Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://doi.org/10.7868/S0042875214050026>
7. Puntilla, R. Strake, S. Abundance and distribution of round goby (*Neogobius melanostomus*): HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheet 2018. HELCOM. // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/biodiversity/abundance-and-distribution-of-roundgoby/>
8. Исследование видового состава прибрежного ихтиоценоза Балтийского моря в пределах Калининградской области / С. В. Шibaев, О. А. Новожилов, А. В. Алдушин [и др.] // *Вопросы рыболовства*. – 2024. – Т. 25, № 1. – С. 49-58. – DOI 10.36038/0234-2774-2024-25-1-49-58. – EDN DVFBCZ.

DISTRIBUTION AND BIOLOGY OF AN INVASIVE SPECIES ROUND GOBY *NEOGOBIUS MELANOSTOMUS* (Pallas, 1814) WITHIN KALININGRAD REGION

¹Novozhilov Oleg Anatolievich, PhD in Biology, Associate Professor
of the Department of water bioresources and aquaculture

²Gulina Tatiana Sergeevna, Senior Lecturer of the Department of water bioresources
and aquaculture

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹oleg.novozhilov@klgtu.ru; ²gulina@klgtu.ru

The ongoing transformation of aquatic ecosystems under the influence of invasive species requires close attention to these species. The round goby was first observed in the Baltic Sea in 1990 and by 2024 had become a permanent component of the ichthyofauna within the Kaliningrad region, occurring in both marine and fresh waters. Under the new conditions, a change in its reproductive strategy occurred. Spawning periods tend to shorten. A sustainable size structure indicates favorable conditions for reproduction.

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОМЫСЛА БЫЧКА-КРУГЛЯКА *NEOGOBIVS MELANOSTOMUS* В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ЗОНЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2023 Г.

¹Гулюгин Сергей Юрьевич, канд. биол. наук,
заведующий лабораторией Балтийского моря

²Попов Сергей Вячеславович, канд. техн. наук, начальник отдела
морских экспедиций, доцент кафедры промышленного рыболовства;

³Скуратов Николай Александрович, инженер группы промышленного рыболовства,
аспирант

^{1,2,3}Атлантический филиал ГНЦ ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»), Калининград, Россия,
e-mail: ¹gulyugin@atlant.vniro.ru; ²popov@atlant.vniro.ru; ³skuratov@atlant.vniro.ru

^{2,3}Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия

*Приводятся результаты экспериментальных работ по исследованию биологического состояния инвазивного вида Балтийского моря бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* в июне 2023 г. и возможности его промысла традиционными орудиями лова, а также разработанная методика оценки плотности популяции бычка-кругляка. Выявлены оптимальные параметры орудий лова, в качестве которых использовались наборы ставных сетей с разным шагом ячеи. В результате исследований показано, что со стороны Куршского залива в Балтийском море в преднерестовой период бычок-кругляк не формирует скоплений достаточной плотности, которые могут использоваться промыслом. Средняя плотность бычка-кругляка на исследованных участках составила 0,0128 экз/м².*

Введение

Бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* вселился из Понто-Каспийского региона в Балтийское море в начале 90-х годов, будучи завезенный с балластными водами. К середине 2010-х годов этот вид стал образовывать значительные скопления в ИЭЗ Польши, Литвы и Латвии, где он стал промысловым видом и его вылов достигает нескольких тысяч тонн [1, 2, 3]. Согласно данными ХЕЛКОМ [2] плотность распределения бычка-кругляка в латвийском побережье на глубине 10-15 м составляет 1-3 экз./м², в Дании 1,9 экз./м², в Эстонии до 20 экз./ м², в Гданьском заливе – 350 экз./100 м². В калининградской части ИЭЗ Российской Федерации он был обнаружен в 2000 г. и регистрировался в море и заливах в качестве прилова в промысловых уловах, в уловах любительского рыболовства и в питании хищных видов рыб (треска, судак, щука) [4, 5].

С целью сбора данных о состоянии запасов бычка в акватории Балтийского моря и возможности его промысла проведены экспериментальные работы с использованием следующих орудий лова: ставные сети, закидной невод и ловушка.

Материалы и методика

Работы проводились в соответствии с Планом ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биоресурсов на 2023 г., согласно методике «Экспериментальные работы по облову бычка-кругляка различными орудиями добычи в прибрежной части российской акватории Балтийского моря» (далее Методика), разработанной сектором промышленного рыболовства совместно с лабораторией Балтийского моря Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»). Основными учётными орудиями лова являлись ставные сети, с шагом ячеи от 14 мм до 27 мм. Указанная методика

предусматривает формирование двойного комплекта ставных сетей с номинальным шагом ячеи 14, 16, 18, 20, 22, 27 мм в единый порядок и установку его в местах предположительного обитания бычка Балтийского моря. Ставные сети имеют верхнюю подбору, оснащенную плавом, и нижнюю подбору, оснащенную грузом; сетное полотно сети имеет шаг ячеи «а» и диаметр нити «d», указанный в Методике, длина сетей составляет 50 м, высота 1,5-2,0 м. В целом конструкция и оснастка сетей соответствуют ставным сетям, традиционно использующимся на промысле.

Сбор данных о состоянии запаса бычка в акватории Балтийского моря осуществлялся посредством проведения серии постановок порядков сетей. Серия состоит из 3 зачётных постановок на различных участках Балтийского моря (в районах н.п. Лесное, Зеленоградск, Куликово) с застоем от 12 до 24 часов (рис. 1). В ходе проведения экспериментальных работ по сбору данных о состоянии промысловых запасов бычка в 2023 г. в акватории Балтийского моря суммарно были выполнены постановки 36 сетей (3 порядков) с номинальным шагом ячеи 14, 16, 18, 20, 22, 27 мм. Было выполнено три постановки сетей и замата невода в районе поселка Лесное (06-07.06.2023), города Зеленоградска (14-15.06.2023), посёлка Куликово (20-21.06.2023) на удалении от берега 800-1000 м на глубинах 5-15 м.

Помимо сетного порядка, с целью расширения исследуемой акватории применялись закидной невод равнокрылый 60x1,5 м с шагом ячеи 12 мм в сливной части и ловушка (вентерь) 12x1,1 м с шагом ячеи 12 мм в сливной части.



Рис 1. Карта района постановки орудий лова

В процессе постановки орудий лова фиксировались следующие параметры: координаты постановки, глубина места постановки, направление ветра, температура поверхности воды и другие.

Зона действия орудий лова в отношении донных объектов, а также параметры относительной уловистости определялась в соответствии с классификацией рыболовных орудий [6].

Параметры уловистости определялись в соответствии с общей теорией уловистости орудий лова [7, 8, 9].

Измерение шага ячеи проводилось в соответствии с ОСТ 15-82-79 «Материалы рыболовные из текстильных нитей. Методы испытаний» применительно к условиям реального промысла следующим образом:

1. Выбирается 3 участка сетного полотна в различных частях орудия лова, отстоящих от подбор не менее чем на 5 ячей;
2. На каждом выбранном участке по диагональной нитке производятся два взаимно-перпендикулярных измерения расстояний между 11 узлами;
3. За фактический шаг ячеи каждого измерения принимается измеренное расстояние между 11 узлами, деленное на 10.

Шаг ячеи сети определяется путем нахождения среднего арифметического всех полученных фактических шагов ячеи.

Результаты

В результате было поймано 1292 экз. салаки, 103 экз. камбалы речной, 91 экз. бычка-кругляка (табл. 1). В прилове наблюдались 7 видов (корюшка, камбала-тюрко, шпрот, песчанка, окунь пресноводный, треска, бельдюга, финта). Все пойманные экземпляры были промерены. Всего выполнено 1239 промеров. Также был выполнен биоанализ и определен возраст 86 и 74 экз. бычка-кругляка соответственно.

В период с 06-07.06.2023 в районе посёлка Лесное на удалении от берега 800-1000 м, на глубинах 5-10 м, ставными сетями (12 шт, по 2 сети на каждый размерный ряд ячеи) было выловлено 674 экз. рыб общей массой 54,70 кг, в том числе 476 экз. салаки общей массой 28,66 кг; 86 экз. камбалы речной общей массой 19,92 кг; 74 экз. бычка общей массой 3,21 кг; 38 экз. видов прилова (камбала тюрко, шпрот, бельдюга, песчанка, окунь пресноводный, финта, треска) общей массой 2,91 кг. Выполнено 674 промеров длины рыб. Произведено 3 замёта закидного невода с суммарной обловленной площадью 36000 метров квадратных, в ходе которых было поймано 6, 4 и 3 экз. саргана соответственно, 2 экз. рыба и молодь различных видов рыб. В ловушке улов отсутствовал.

В период с 14-15.06.2023 в районе города Зеленоградска на удалении от берега 800-1000 м, на глубинах 5-10 м, ставными сетями (12 шт, по 2 сети на каждый размерный ряд ячеи) было выловлено 689 экз. рыб общей массой 41,17 кг, в том числе 655 экз. салаки общей массой 36,47 кг; 11 экз. камбалы речной общей массой 3,32 кг; 12 экз. бычка общей массой 0,44 кг; 11 экз. видов прилова (корюшка, камбала тюрко, шпрот, песчанка, окунь пресноводный, треска) общей массой 0,94 кг. Выполнено 689 промеров длины рыб.

Произведено 2 замёта закидного невода с суммарной обловленной площадью 24000 метров квадратных, по результатам первого замёта было поймано 2 экз. саргана, 1 экз. камбалы тюрко и молодь различных видов рыб. В процессе выполнения 2-го замёта произошёл зацеп и порыв сетной части невода, вследствие чего работы с неводом были прекращены. В ловушке улов отсутствовал.

В период с 20-21.06.2023 в районе посёлка Куликово на удалении от берега 800-1000 м, на глубинах 5-10 м, ставными сетями (6 шт, по 1 сети на каждый размерный ряд ячеи) было выловлено 180 экз. рыб общей массой 11,84 кг, в том числе 161 экз. салаки общей массой 9,47 кг; 5 экз. камбалы речной общей массой 1,57 кг; 9 экз. бычка общей массой 0,37 кг; 5 экз. видов прилова (шпрот, окунь пресноводный) общей массой 0,43 кг. Выполнено 180 промеров длины рыб.

Замёт невода не производился по причинам, указанным выше. В ловушке улов отсутствовал.

В уловах присутствовал бычок-кругляк длиной от 9,5 до 18,5 см, модальный размер 12,0 см (рис. 2А, Б). Соотношение самцов и самок 1:2,2. Преобладали особи с преднерестовыми стадиями зрелости гонад (самки – 45, самцы – 4) (рис. 2В). Наполнение желудка составило 1,23 балла, в питании преобладали моллюски. Рыбы находились в возрасте от 1 до 6 лет, преимущественно 2-3 года (рис. 2Г).

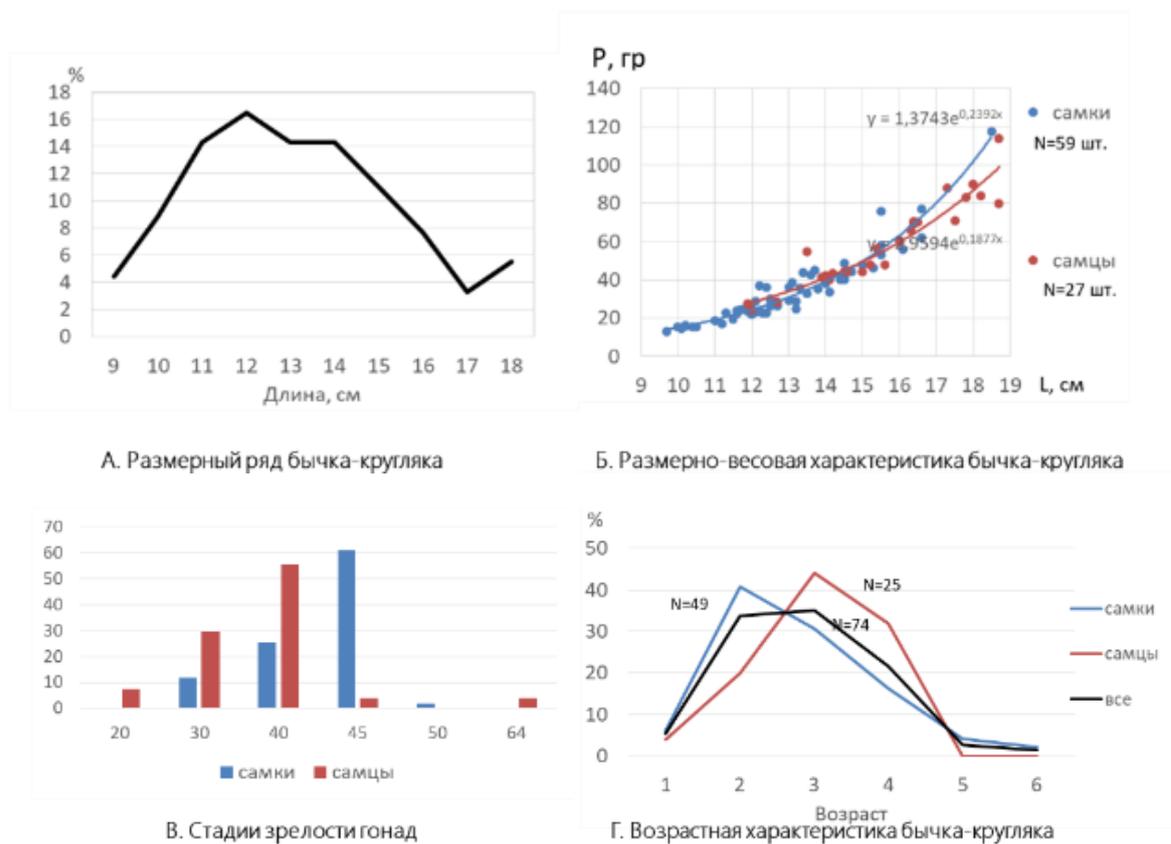


Рис 2. Биологическая характеристика бычка-кругляка в июне 2023 г.

По результатам проведенных исследований произведена первичная обработка полученных данных, построены кривые уловистости учётных орудий лова (сетей ставных) для бычков, определена оптимальная длина бычка для каждого шага ячеи сети, рассчитан коэффициент длины, характеризующий отношение шага ячеи ставной сети к длине рыбы, определен коэффициент уловистости сетей по отношению к бычку.

Таблица 1

Объем собранного материала по бычку-кругляку в июне 2023 г.

Районы лова	Массовый промер, экз.	Биоанализ, экз.	Возраст, экз.
п. Лесное	70	65	65
г. Зеленоградск	12	12	
п. Куликово	9	9	9
Итого	91	86	74

Далее представлен методический подход к проведению расчетов и результаты.

Вероятность поимки рыб определенного размера сетью с заданным шагом ячеи выражается кривой относительной уловистости $P(l)$, которая показывает относительную вероятность объеживания сетью рыб различной длины. Как неоднократно доказано, кривая относительной уловистости подчиняется закону нормального распределения (Баранов, Трещев, Войниканис-Мирский, Фридман, Мельников и др.), описывается следующим выражением (1):

$$p = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l-l_0)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где p – вероятность (в долях единицы) того, что рыба, длина которой лежит в пределах $l - l_0$ будет задержана сетью.

l – длина рыбы, мм.

l_0 – оптимальная длина рыбы, мм.

σ – среднеквадратичное отклонение.

и выглядит следующим образом, представленным на рисунке 3:

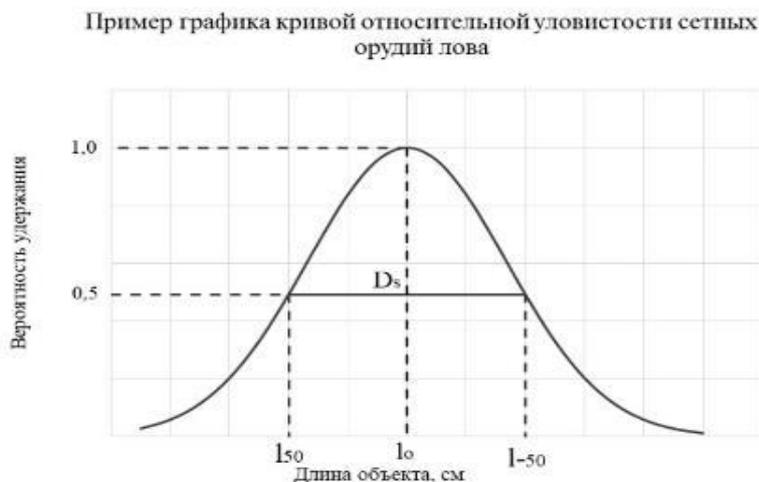


Рис. 3. Пример графика кривой относительной уловистости сетных орудий лова

Вершина графика определяет оптимальную длину рыбы l_0 , которая наиболее успешно облавливается сетью с определенным шагом ячеи; длины рыб, имеющих относительную вероятность объесть сетью 0,5 обозначены $l_{0,5}$.

Кривая относительной уловистости сетей характеризуется коэффициентом селективности k_s и диапазоном селективности D_s .

Коэффициент селективности определяется как (2):

$$k_s = \frac{l_0}{a}, \quad (2)$$

где k_s – коэффициент селективности.

l_0 – оптимальная длина рыбы, см

a – шаг ячеи, см.

Диапазон селективности определяется как разность между $l_{0,5}$ правой и левой частей.

В результате обработки, полученных в ходе исследования уловов, построены кривые относительной уловистости ставных сетей с шагом ячеи 14, 16, 18, 20, 22, 27 мм по отношению к бычку, представленные на рисунке 4.

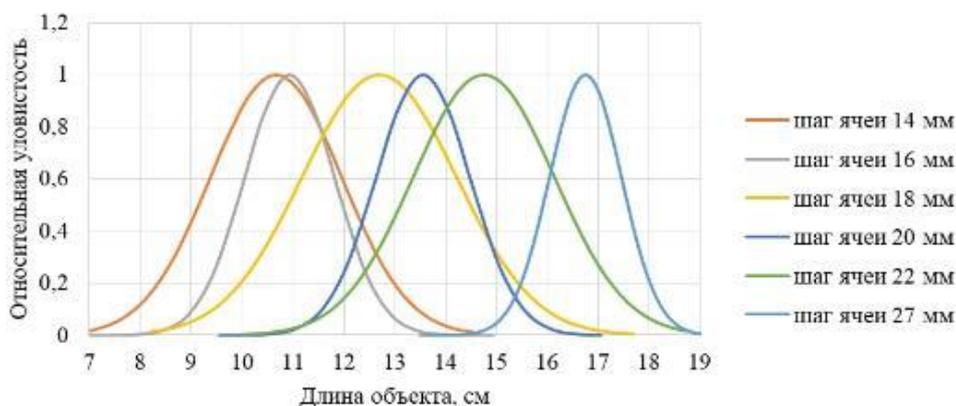


Рис. 4. Графики кривой относительной уловистости сетных орудий лова по отношению к бычку-кругляку

Представленный график показывает, что по мере увеличения шага ячеи сети a , увеличивается и размер рыбы, наиболее эффективно улавливаемой сетью l_0 .

Взаимосвязь между оптимальной длиной рыбы l_0 и шагом ячеи a в теории лова объецаивающими орудиями устанавливается при помощи коэффициента длины рыбы k_l , через который можно быстро перейти от заданной оптимальной длины рыбы к шагу ячеи сети и наоборот.

Взаимосвязь между шагом ячеи и оптимальной длиной рыбы: $k_l = \frac{a}{l_0}$ (3)

Для большинства промысловых рыб коэффициенты длины установлены, однако для лова бычка объецаивающими орудиями лова в Балтийском море, такие данные определены и представлены впервые.

Полученные параметры (оптимальная длина рыбы l_0 , коэффициент селективности k_s , коэффициент длины рыбы k_l и диапазон селективности D_s) сведены и указаны в таблице 2, зависимость шага ячеи сети от оптимальной длины бычка представлены на рисунке 5.

Таблица 2

Зависимость оптимальной длины и коэффициента селективности от шага ячеи

Шаг ячеи, мм.	14	16	18	20	22	27
Оптимальная длина рыбы l_0	10,0	11,0	12,0	14,0	15,0	17,0
Коэффициент селективности k_s	3,57	3,44	3,33	3,5	3,41	3,15
Коэффициент длины рыбы k_l	0,14	0,15	0,15	0,14	0,15	0,16
Диапазон селективности D_s	3,5	2	4	2,5	3,5	2

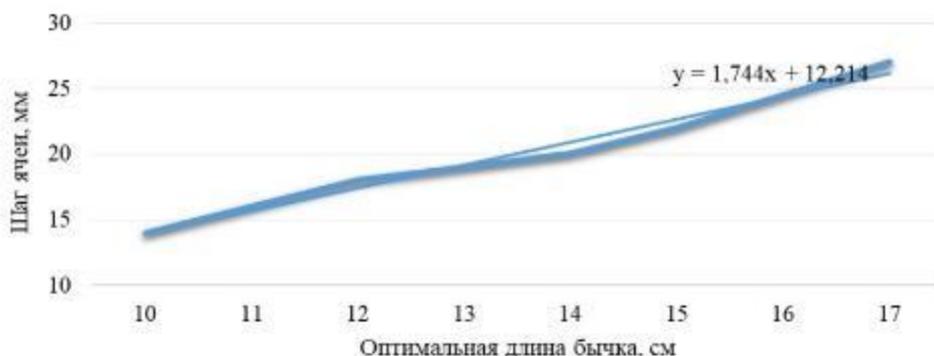


Рис. 5 – Зависимость шага ячеи сети от оптимальной длины бычка-кругляка

Из общей теории лова известно, что математическая модель получения улова имеет следующий вид:

$$Q = \rho\varphi V_{обл} , \tag{4}$$

где Q – улов в кг или экз.,

ρ – плотность скопления, кг(экз)/м³,

φ – коэффициент уловистости,

$V_{обл}$ – обловленный объем водоема, м³.

В случае, когда речь идет о донных объектах, допустимо перейти от обловленного объема $V_{обл}$ к обловленной площади дна $S_{обл}$.

Учитывая данное допущение, формула (4) примет следующий вид (5):

$$Q = \rho\varphi S_{обл} , \tag{5}$$

При этом для создания представления о запасе облавливаемого объекта, находящегося на некоторой акватории, существует следующая зависимость (6):

$$N = \rho S_a, \quad (6)$$

где N – кол-во объектов на заданной акватории, в кг или экз.

S_a – площадь поверхности акватории, на которой обитает объект.

Исходя из представленных зависимостей, определив численно входящие в них величины, представляется возможным предварительно оценить количество объекта исследования на предполагаемой акватории его обитания.

В этих целях представим обловленную площадь дна $S_{обл}$ как зону действия орудия лова S_o , в нашем случае донной сети. Само по себе определение зоны действия сетных орудий лова представляет определенные сложности и невозможно без некоторых допущений. Так зона действия ставной сети как пассивного орудия лова, вероятно, зависит не только от его геометрических параметров, но и от множества других факторов, связанных как с биологическими особенностями объекта лова, так и с параметрами внешней среды и т.д. В этой связи А.И. Трещев предложил альтернативный способ определения зоны действия ставных сетей и некоторых других орудий, основанный на сопоставлении уловов, полученных сетями, с уловами других орудий с известной зоной действия. В результате зона действия сети, применительно к донным объектам, может быть определена площадью окружности с диаметром равным длине сети (7):

$$S_o = \frac{\pi l_c^2}{4}, \quad (7)$$

где l_c – длина сети.

Учитывая длину сетей используемых при проведении исследований в 50 м, получим зону действия одной сети 1963,5 м².

Из формулы (5) следует, что плотность распределения объекта в зоне действия орудия лова (8):

$$\rho = \frac{Q}{\varphi S_o}, \quad (8)$$

Согласно методике определения абсолютной уловистости сетей (Мельников 2020) процесс лова разбивается на два этапа. На первом этапе влияние сети, оказываемое на рыбу, происходит без непосредственного физического контакта с орудием лова, в результате часть рыб после обнаружения сети откажется от дальнейшего сближения с ней, другая часть продолжит сближение и вступит в соприкосновение с сетью. На втором этапе часть рыб, подошедших к сети, будет уловлена, а часть уйдет из-за несоответствия размеров рыбы шагу ячеи, недостаточной удерживающей способности сети или по другим причинам.

Учитывая влияние на процесс лова каждого этапа коэффициент уловистости φ определяется следующей зависимостью (9):

$$\varphi = p_1 p_2, \quad (9)$$

где p_1 – вероятность попадания рыбы в зону облова сети на первом этапе.

p_2 – вероятность удержания рыбы сетью на втором этапе.

На вероятность p_1 влияет степень искажения сетью гидродинамического поля естественного происхождения (течения), акустические поля сети, поля растворенных веществ, диффундирующих с поверхности сети. Однако основным параметром, влияющим на p_1 , является дальность видимости сети L_v .

Зависимость вероятности p_1 от влияющих факторов имеет вид экспоненциальной кривой и определяется следующим выражением (10):

$$p_1 = 1 - \alpha_1 e^{-\beta_1 L_v}, \quad (10)$$

где L_v – дальность видимости сети,

α_1 и β_1 – эмпирические коэффициенты, соответствующие условиям, при которых при дальности видимости близкой к нулю практически вся рыба подходит к сети, при дальности видимости 2-3 м большая часть рыбы уходит от сети. Исходя из указанных условий для предварительных вычислений, значение коэффициента α_1 принимается 1,0; коэффициента β_1 принимается 2,0.

Применительно к целям настоящего исследования, дальность видимости сетей определяется выражением (11):

$$L_B = 0.7X_c, \quad (11)$$

где X_c – дальность видимости по диску Секки (при проведении исследований данный параметр был измерен, его среднее значение составило 1,1 м)

Вероятность ухода рыбы на втором этапе определяется воздействием условно неселективных факторов p'_2 (диаметр нитей, упругая деформация ячеек, натяжение сетных нитей, посадочный коэффициент и других) и селективных факторов p_2'' (12):

$$p_2 = (1 - p'_2)p_2'', \quad (12)$$

Учет влияния условно неселективных факторов p'_2 в значительной мере затруднен вследствие как возможного их изменения в процессе лова (за исключением диаметра нитей), так и неисследованности численных значений коэффициентов, характеризующих влияния указанных факторов. В этой связи в целях определения факта наличия объекта и его предварительной количественной оценки предлагается не учитывать негативное влияние комплекса факторов p'_2 и назначить значение вероятности p'_2 равным 0,0, что не противоречит предосторожному подходу.

Составляющую вероятности удержания рыбы сетью с учетом селективных свойств p_2'' можно выразить через кривую относительной уловистости $P(l)$ и размерный состав облавливаемых скоплений $g(l)$. Если принять за основу уравнение кривой относительной уловистости $P(l)$ в виде кривой нормального распределения (13), то:

$$p_2'' = \int_{l_{-50}}^{l_{50}} \left\{ \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l-l_0)^2}{2\sigma^2}} \right) g(l) dl \right\}, \quad (13)$$

l – длина рыбы;

l_0 – средняя длина рыбы для сети с определенным шагом ячеек;

σ – среднеквадратичное отклонение.

Учитывая зависимости (9-13) получим выражение для определения коэффициента уловистости φ для каждой сети (14):

$$\varphi = (1 - \alpha_1 e^{-\beta_1 L_B}) * (1 - p'_2) * \int_{l_{-50}}^{l_{50}} \left\{ \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l-l_0)^2}{2\sigma^2}} \right) g(l) dl \right\}, \quad (14)$$

Выполнив необходимые расчеты, получим среднее значение $\varphi_c = 0,126$

Среднее количество уловленных экземпляров бычка на 1 сеть при проведении исследований составило 3,17 шт.

С учетом формулы 7, получим среднюю плотность (8) распределения бычка на исследуемой акватории:

$$\rho = \frac{Q_c}{\varphi_c S_o} = \frac{3,17 \text{ экз}}{0,126 * 1963,5 \text{ м}^2} = 0,0128 \text{ экз/м}^2$$

С учетом ранее полученных данных средняя плотность распределения бычка для акватории первой постановки:

$$\rho = \frac{Q_c}{\varphi_c S_o} = \frac{6,17 \text{ экз}}{0,126 * 1963,5 \text{ м}^2} = 0,0249 \text{ экз/м}^2$$

С учетом ранее полученных данных средняя плотность распределения бычка для акватории второй постановки:

$$\rho = \frac{Q_c}{\varphi_c S_o} = \frac{1 \text{ экз}}{0,126 * 1963,5 \text{ м}^2} = 0,004 \text{ экз/м}^2$$

С учетом ранее полученных данных средняя плотность распределения бычка для акватории третьей постановки:

$$\rho = \frac{Q_c}{\varphi_c S_o} = \frac{1,5 \text{ экз}}{0,126 * 1963,5 \text{ м}^2} = 0,0061$$

Заключение

В июне при температуре воды около 11 °С бычок-кругляк регулярно встречался вдоль побережья Балтийского моря. В уловах попадались особи длиной от 9 до 18 см, модой 12 см, возрастом от 1 до 6 лет (преимущественно 2-3 года), средняя масса особей составляла 45,8 г. Большинство особей (75%) находились в преднерестовом состоянии. Соотношение самцов и самок составляло 1:2. Наполнение желудка 1,23 балла, в питании преобладали моллюски.

По итогам исследования можно сделать выводы, что основным объектом в установленных орудиях лова (ставные сети, невод) являлась салака и камбала, все остальные рыбы попадались в незначительном кол-ве, в том числе и бычок.

Площадь облова одной сети составила 1963,5 м², улов бычков в среднем был 3,17 шт. / сеть. Таким образом, средняя плотность бычка-кругляка на побережье на глубинах 5-15 м составила 0,0128 экз/м². Из исследованных районов больше всего бычка-кругляка встречалось в районе п. Лесное на выходах твердого грунта 0,0249 экз/м².

Для получения более достоверных данных в других местах потенциально возможного промысла необходимы дополнительные исследования. Но в данный момент показано, что бычок-кругляк в районе, прилегающим к Куршской косе, в преднерестовый период не образует значительных промысловых концентраций и может рассматриваться только в качестве прилова. Массовый промысел бычка на сегодняшний день использованными орудиями лова в регионе не эффективен, пока не будет исследован характер распределения вдоль берега и не подобраны оптимальные характеристики орудий лова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jane W. Behrens, Mikael van Deurs, Riikka Punttila-Dodd, Ann-Britt Florin Round goby – a threat or a new resource? Copenhagen – 2019. – 20 с.
2. Punttila, R., Strake, S., Florin, A-B., Naddafi, R., Lehtiniemi, M., Behrens, J. W., Kotta, J., Oesterwind, D., Putnis, I., Ojaveer, H., Ložys, L., Uspenskiy, A., & Yurtseva, A. Abundance and distribution of round goby (*Neogobius melanostomus*): HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheet 2018. <http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/biodiversity/abundance-and-distribution-of-round-goby/>
3. Twenty five years of invasion: management of the round goby *Neogobius melanostomus* in the Baltic Sea. Management of Biological Invasions. Vol. 6, Is. 4: 2015, PP. 329–339. doi: <http://dx.doi.org/10.3391/mbi.2015.6.4.02>
4. Новожилов О. А. К вопросу о роли бычка-кругляка в питании трески в прибрежной части Балтийского моря //Иновации в науке, образовании и бизнесе-2012. – 2012. – С. 56-57.
5. Тылик, К.В. Расселение бычка-кругляка в Балтийском море у берегов Калининградской области //Эволюция морских экосистем: международная научная конференция: тезисы докл. – Ростов, 2003. – С.142-143.2.
6. Трещев А.И. Научные основы селективного рыболовства. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 447 с.

7. Войниканис-Мирский В.Н. Техника промышленного рыболовства. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. – 488 с.

8. Кадыльников Ю.В. Вероятностно-статистическая теория рыболовных систем и технической доступности для них водных биологических ресурсов. – Калининград: Изд. АтлантНИРО, 2001. – 277 с.

9. Селективность рыболовства: учебник / А. В. Мельников, В. Н. Мельников. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2020. – 362 с.

STUDY OF THE BIOLOGICAL STATUS AND FISHING POSSIBILITIES OF ROUND GOBY *NEOGOBIOUS MELANOSTOMUS* IN THE KALININGRAD ZONE OF THE BALTIC SEA IN THE SUMMER PERIOD OF 2023

¹Gulyugin Sergey Yuryevich, PhD in Biology, Head of the Baltic Sea Laboratory

²Popov Sergey Vyacheslavovich, PhD in Engineering,
Head of the Marine Expeditions Department, Associate Professor
of the Industrial Fisheries Department

³Skuratov Nikolay Alexandrovich, Engineer of the Industrial Fisheries Group,
Postgraduate Student

^{1,2,3}Atlantic Branch of VNIRO ("AtlantNIRO"), Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹gulyugin@atlant.vniro.ru; ²popov@atlant.vniro.ru; ³skuratov@atlant.vniro.ru

^{2,3}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

*The article presents the results of experimental work on the study of the biological state of the invasive species of the Baltic Sea round goby *Neogobius melanostomus* in June 2023 and the possibility of its harvesting with traditional fishing gear. The developed methodology for assessing the population density of the round goby is presented. The optimal parameters of the fishing gear were identified, which were sets of fixed nets with different mesh sizes. The research showed that on the side of the Curonian Lagoon in the Baltic Sea during the pre-spawning period, the round goby does not form aggregations of sufficient density that can be used for fishing. The average density of the round goby in the studied areas was 0.0128 ind./m².*

ДИНАМИКА СРОКОВ МАССОВОГО НЕРЕСТА НАВАГИ *ELEGINUS GRACILIS* В АМУРСКОМ ЗАЛИВЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

¹Зуенко Юрий Иванович, д-р геогр. наук, зав. лаб. промысловой океанографии

²Черноиванова Людмила Алексеевна, ведущий специалист лаб. мониторинга кормовой базы и питания рыб

^{1,2}Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Тихоокеанский филиал («ТИНРО»), Владивосток, Россия, e-mail: zuenko_yury@hotmail.com

По данным многолетнего мониторинга зрелости половых продуктов наваги во время подлёдного нереста в Амурском заливе Японского моря определены сроки начала и окончания массового нереста. Установлено, что сроки нереста зависят от условий летне-осеннего нагула: чем теплее, тем раньше нерестится навага. В процессе современного потепления климата период массового нереста в районе исследований, который в 1970-е годы начинался в среднем 25 декабря и заканчивался 12 января, к 2021–2023 гг. сдвинулся на 18–30 декабря. Эти изменения сопровождались ухудшением воспроизводства вида, в результате чего популяция перешла в состояние устойчивой депрессии. Обсуждаются возможные механизмы изменений, происходящих в экосистеме залива, и перспективы промысла наваги.

Введение

Навага *Eleginus gracilis* (Tilesius, 1810) – массовый арктобореальный элиторальный вид семейства тресковых (*Gadidae*), распространённый в прибрежных водах Северной Пацифики почти повсеместно, от северной Кореи до Аляски. Важная биологическая особенность наваги – зимний нерест, что позволяет её потомству в раннем онтогенезе использовать пищевые ресурсы планктона в период его наибольшего обилия – весной и ранним летом. Вероятно, эта особенность позволяет виду успешно воспроизводиться в условиях современного изменения климата в сторону потепления, при котором биопродуктивность субарктических вод Японского моря снижается. Это сказывается неблагоприятно на состоянии популяций ранее доминировавшего в экосистеме вида – минтая [1]. Напротив, биомасса наваги в большинстве локальных популяций растёт по мере уменьшения суровости зим, что объясняют улучшением условий нереста [2]. В российских водах исключением является наиболее южная популяция наваги, воспроизводящаяся в заливе Петра Великого Японского моря. В акватории Амурского залива, который зимой покрывается припайным льдом, расположено одно из основных нерестилищ этой популяции (рис. 1). В нерестовый период здесь сосредоточено 60–80% её запаса, на чём базируется зимний промысел вида пассивными орудиями лова. В XX веке наибольшие уловы наваги наблюдались здесь в 1940–1950-х и в начале 1980-х гг. В конце 1980-х гг. запас популяции резко снизился, и она остаётся в депрессии до сих пор (рис. 2). Складывается впечатление, что современные изменения условий среды в районе нерестилища неблагоприятны для воспроизводства наваги.

Широко известна концепция Кушинга [3] влияния изменений сезонной ритмики в природных процессах на успешность воспроизводства рыб (гипотеза «совпадения-несовпадения»). В применении к динамике воспроизводства наваги в Амурском заливе показано, что такая зависимость существует [4]. В 1990-е гг. временной интервал между сроками массового нереста (в декабре–январе) и массового развития ранних стадий зоопланктона (обычно в апреле) стал отличаться от оптимальной величины, соответствующей длительности развития икры наваги, из-за наметившегося сдвига сроков нереста на более ранние даты в условиях потепления климата. В те годы такой сдвиг был ещё небольшим, но процесс потепления Японского моря после некоторого замедления в начале

2000-х гг. вновь продолжился. По нашим наблюдениям, продолжилась и тенденция смещения сроков нереста наваги – теперь всё чаще массовый нерест в Амурском заливе не только начинается, но и заканчивается уже в декабре. Это побудило рассмотреть динамику сроков массового нереста наваги в Амурском заливе уже в процессе современного потепления климата, выявить характерную для новых условий среды тенденцию их изменения, понять её причины и возможные последствия для воспроизводства наваги, что и стало целями исследования.

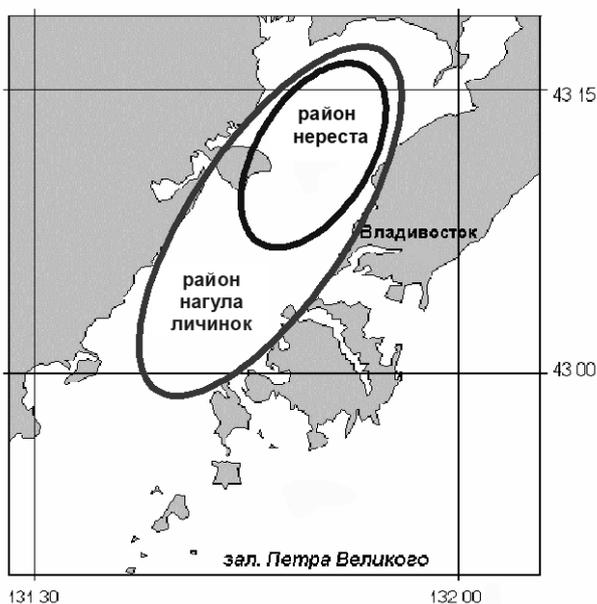


Рис. 1. Схема расположения основного района нереста наваги в Амурском заливе

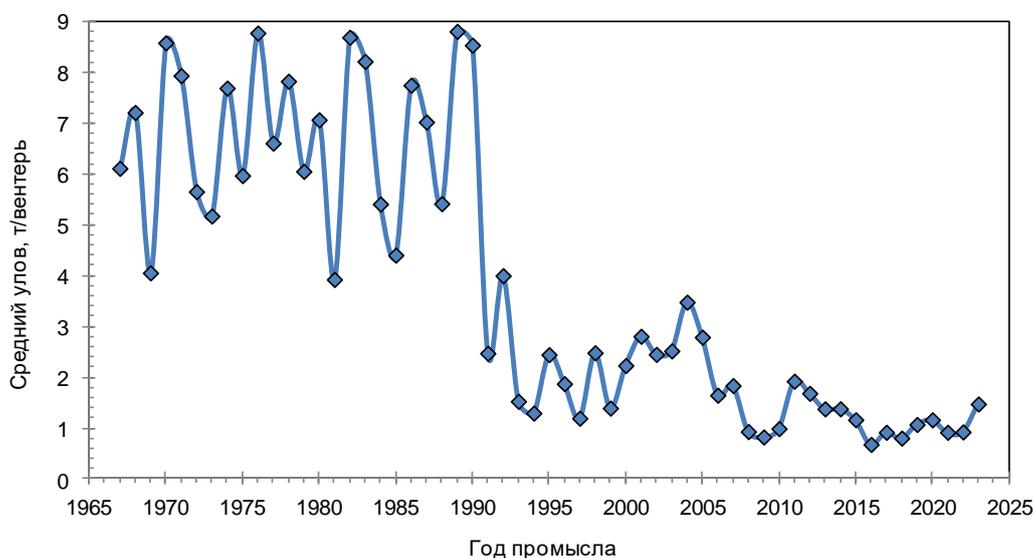


Рис. 2. Динамика средних за путину промысловых уловов наваги на единицу усилия в Амурском заливе

Материалы и методы

В работе использованы данные наблюдений по биологии и промыслу нерестовой наваги в Амурском заливе (залив Петра Великого, Японское море) за 1953–2023 гг. Биостатистические данные за 1953–1993 гг. получены из архивных материалов, хранящихся в Региональном центре данных ТИНРО, в 1994–2023 гг. проводили авторские сборы.

Промышленный лов наваги в Амурском заливе ведётся в зимние месяцы, с декабря по март, вентерями, устанавливаемыми со льда на глубинах от 2–3 до 17–19 м. Для биологических анализов из уловов отбирали случайные выборки в 50–100 экз. наваги, у которых измеряли длину тела по

Смитту, массу каждой особи, стадию зрелости гонад, степень наполнения желудка и качественное содержимое пищевого комка, собирали отолиты. Дальнейшую обработку полученных данных проводили по стандартным методикам, принятым в ихтиологической практике [5]. Наиболее важными данными, без которых исследование динамики сроков нереста было бы невозможным, являются результаты частых, хотя иррегулярных определений состояния половых продуктов наваги в период нереста вида (декабрь–январь, реже февраль–март). Этот уникальный ряд наблюдений ведётся с 1953 г. до настоящего времени. Стадии зрелости гонад производителей определяли визуально по шестибальной шкале [6]: стадии IV, IV–V – преднерестовые особи; V, V–VI – готовые к нересту и нерестящиеся; VI, VI–II – посленерестовые.

Состояние запаса наваги, нерестящейся в Амурском заливе, оценивали по промысловым показателям (годовой вылов нерестовой наваги и число выставленных вентерей на промысловых участках Амурского залива), полученным за 1965–2009 гг. из сведений Приморского филиала Главного бассейнового управления по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов и за 2010–2023 гг. из сведений Центра системы мониторинга и связи (восточный филиал) и отраслевой системы «Мониторинг». Поскольку подлёдный промысел наваги в Амурском заливе ведут именно во время нереста вида, межгодовые изменения биомассы производителей могут быть грубо оценены по уловам наваги на единичное промысловое усилие, в нашем случае – вылов на один вентерь, который определяли как отношение суммарного вылова наваги вентерями за весь промысловый сезон к их числу. Кроме этого, состояние промыслового запаса характеризовали такими показателями, как общая численность производителей (рыб в возрасте 2 года и больше) и популяционная плодовитость облавливаемой вентерями части местной популяции наваги.

В качестве количественного показателя ежегодного пополнения популяции наваги, нерестилища которой расположены в Амурском заливе, принят индекс численности поколений, равный численности двухлеток, рассчитанной с применением экспоненциальной функции (рис. 3). Для определения эффективности воспроизводства численность пополнения i -того года (численность двухлеток в году $i+2$) сравнивали с численностью производителей в i -том году.

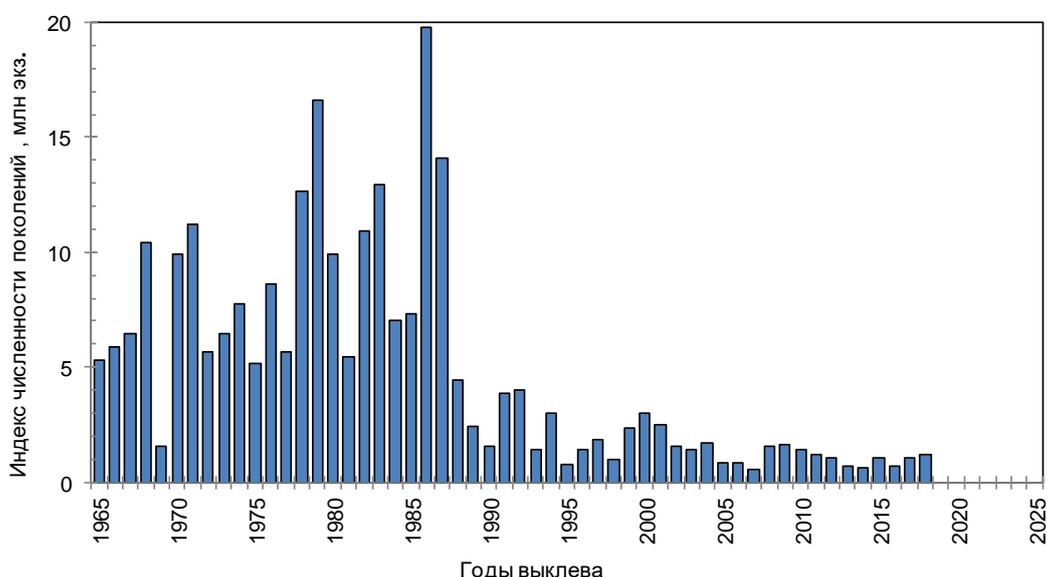


Рис. 3. Динамика индекса численности поколений наваги, нерестящейся в Амурском заливе

ТИНРО ведёт мониторинг условий среды подо льдом Амурского залива, но для данного исследования результаты этих измерений бесполезны (и не использованы), так как они фиксируют стабильные отрицательные температуры воды, почти не меняющиеся как год от году, так и между зимними месяцами. Более важны данные о термических условиях нагула и созревания производителей летом–осенью, когда навага обитает в придонном слое моря. Такие наблюдения с 1981 г. проводят на стандартном разрезе через шельф залива Петра Великого вдоль 132° в.д. В условиях летней стратификации придонный слой в верхней части шельфа занят подповерхностной шельфовой водной массой (ППШ), и навага в тёплый период года распределяется в её пределах [7]. Условия обитания вида в межнерестовый период может характеризовать средняя за май–октябрь температура

ППШ. Удобен показатель модальной температуры, наименее чувствительный к изменениям очертаний обследованного района и дискретности измерений (рис. 4). В последние годы разрез вдоль 132° в.д. выполняют нерегулярно, поэтому пропуски в ряде межгодовой динамики температуры ППШ восстановили с использованием данных других стандартных наблюдений – ведущегося с 2009 г. мониторинга океанологических условий Амурского залива с ежемесячными съёмками с мая по октябрь.

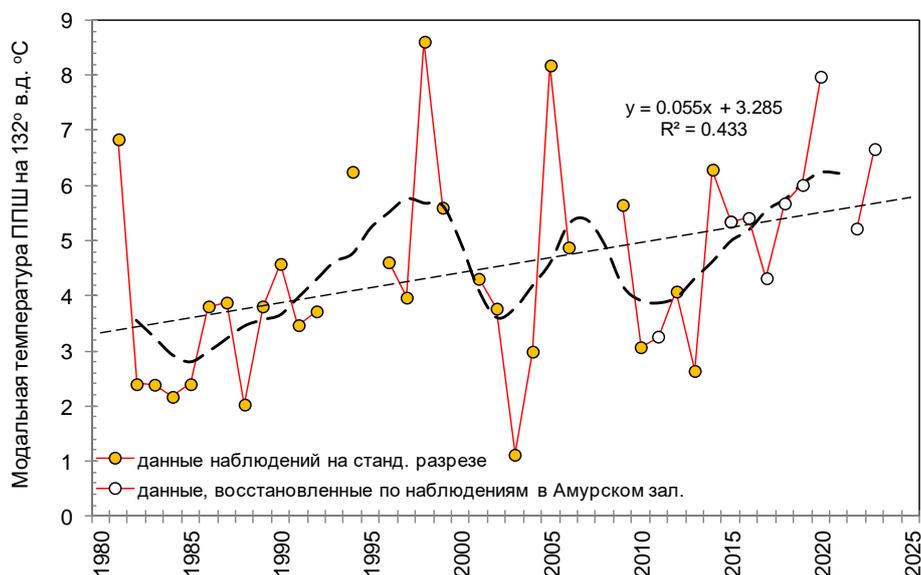


Рис. 4. Межгодовые изменения средней за май-октябрь модальной температуры подповерхностной шельфовой водной массы на стандартном разрезе по 132о в.д. Пунктиром показаны результаты скользящего 5-летнего осреднения и линейный тренд

Для определения дат начала и конца массового нереста наваги с точностью до дня интерполировали результаты наблюдений за зрелостью, выполненных с меньшей дискретностью. В каждой выборке для биоанализа самки наваги с гонадами разных стадий зрелости находились в определённом соотношении, которое закономерно менялось в процессе нереста. Прежде всего, было установлено, какие именно моменты в ходе нереста, который у наваги в Амурском заливе длится несколько недель, считать началом и концом массового нереста. В ходе нереста доля преднерестовых самок (с гонадами IV стадии зрелости и менее) убывает, доля отнерестившихся самок (гонады VI стадии зрелости либо с начавшимся новым циклом развития икры) возрастает, а доля нерестящихся самок (гонады V и V–VI стадий зрелости) вначале возрастает, затем убывает, при этом изменения происходят довольно плавно. Поэтому моменты начала и конца массового нереста определены условно – по соотношению числа вступивших в нерест и числа отнерестившихся самок. За начало массового нереста принят момент, когда суммарная доля нерестящихся и уже отнерестившихся самок достигает половины общего числа половозрелых самок (начиная с которого большинство самок вступает в нерест), а за конец массового нереста – момент, когда половины достигает доля отнерестившихся самок (начиная с которого большинство самок выходит из нереста). Если осреднить с декадной дискретностью накопленные за много лет данные о зрелости половых продуктов наваги, можно видеть сглаженную среднемноголетнюю динамику соотношения долей преднерестовых и отнерестившихся самок, приближённо отражающую характер этого процесса в большинство зим, за исключением относительно редких случаев нереста несколькими «волнами» (рис. 5).

Судя по динамике доли нерестящихся самок, навага явно стремится размножаться массово, в идеале одномоментно, что обеспечивает лучшее оплодотворение икры, поэтому в какой-то момент одновременно нерестится почти половина самок (а в отдельные годы больше половины самок). Однако по разным причинам, скорее всего случайным, какие-то особи вступают в нерест раньше, какие-то позже других, поэтому даже в момент наиболее интенсивного нереста есть уже как отнерестившиеся особи, так и не готовые ещё к вымету икры. Поэтому график динамики доли нерестящихся самок имеет

характерную форму гауссовой кривой плотности вероятности, убывающей при удалении от точки математического ожидания, а графики доли преднерестовых и отнерестившихся самок – форму кривых интеграла вероятности (функции Лапласа), первая из которых убывает от 100% до 0%, а вторая – возрастает с 0% до 100% [8]:

$$f_{pre} = \frac{1 - \Phi\left(\frac{T - T_S}{\sigma_S}\right)}{2}; f_{post} = \frac{1 + \Phi\left(\frac{T_F - T}{\sigma_F}\right)}{2}, \quad (1)$$

где $\Phi(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ – интеграл вероятности преднерестового либо посленерестового состояния самок (в этом выражении $t = (T - T_0)/\sigma$);

f_{pre}, f_{post} – доля соответственно преднерестовых и отнерестившихся самок;

T – время в сутках (отсчитывается от 31 декабря, т.е. 1 января $T = 1$);

T_S, T_F – даты соответственно начала и конца массового нереста;

σ_S, σ_F – стандартные отклонения дат начала и конца массового нереста, сут.

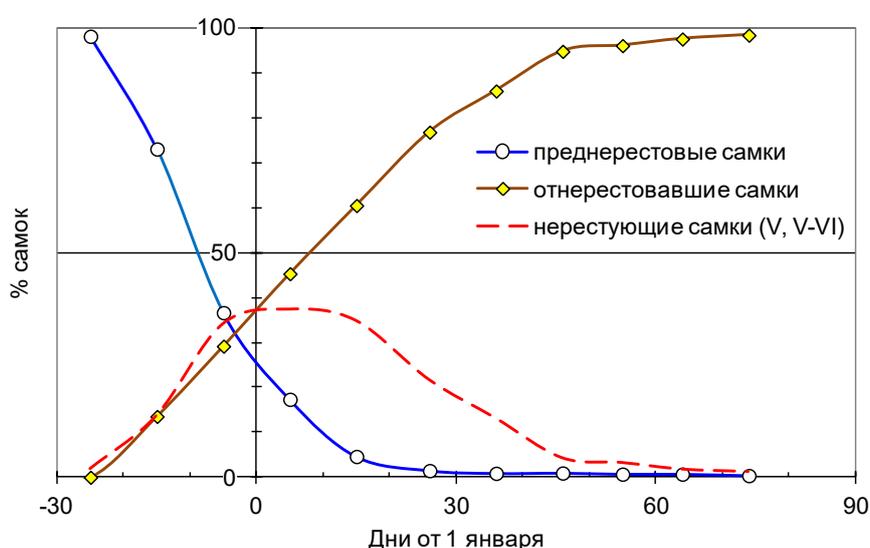


Рис. 5. Декадные изменения в течение декабря-марта средней за 1957-2023 гг. доли преднерестовых, отнерестовавших и нерестующих самок наваги

По среднеголетним графикам на рис. 5 с декадной дискретностью легко определить точки пересечения этими кривыми уровня 50% – это 23 декабря для начала массового нереста и 9 января для конца массового нереста. Однако важно, что функция Лапласа нелинейна, из-за чего при уменьшении дискретности данных (например, если зрелость гонад определяли только раз в месяц) линейная интерполяция может привести к большим ошибкам. Поэтому для всех зим, когда определение зрелости проводили не менее двух раз, выполнили аппроксимацию изменений во времени долей преднерестовых и отнерестившихся самок функциями (1), из которых определили значения T_S и T_F , а данные наблюдений за остальные годы отбраковали.

Результаты наблюдений

Функция Лапласа имеет два параметра: математическое ожидание (в случае анализа динамики долей преднерестовых и отнерестившихся самок наваги соответствующее датам достижения уровней 50%, принятых за даты начала и конца массового нереста) и стандартное отклонение σ (которое характеризует растянутость нереста – за период $\pm 0.68\sigma$ вступает в нерест или выходит из нереста половина особей). Для каждого года наблюдений были подобраны такие значения этих параметров, чтобы средняя квадратическая ошибка аппроксимации реальных данных была минимальной. Для большинства лет данные наблюдений хорошо аппроксимировались функциями Лапласа, коэффициенты корреляции превышали 0.9, хотя в отдельные годы качество аппроксимации резко снижалось, поскольку зрелость

половых продуктов наваги менялась немонотонно, вероятно по причине нескольких нерестовых подходов. Средние за все годы коэффициенты корреляции аппроксимирующих функций с реальными данными составили 0.96 для доли преднерестовых самок и 0.90 для доли отнерестившихся самок, средние значения σ составили соответственно 10 и 15 сут. В отдельные годы интервал между датами начала и конца массового нереста возрастал примерно до месяца, в то время как в остальные годы составлял в среднем 12 сут. (рис. 6). Случаи резкого возрастания продолжительности нереста были обусловлены его поздним завершением, что сопровождалось ухудшением качества аппроксимации динамики нереста функцией Лапласа, предположительно из-за наличия нескольких нерестовых подходов.

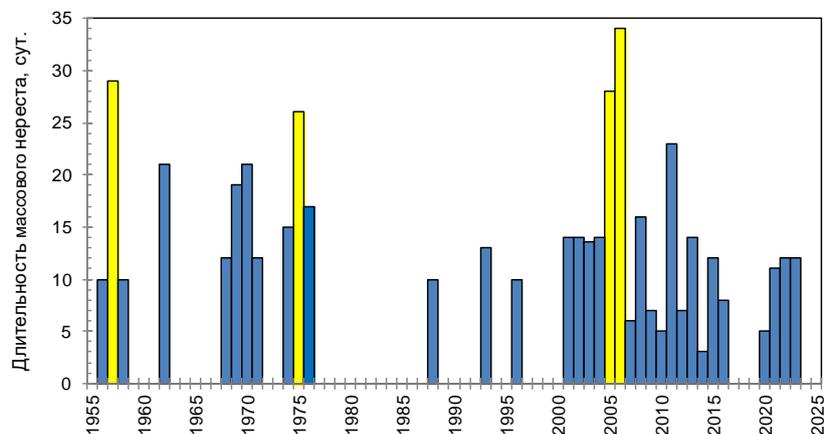


Рис. 6. Продолжительность массового нереста наваги в Амурском заливе, как интервал между датами начала и конца массового нереста в годы, когда определены обе даты. Отмечены годы с резким возрастанием продолжительности нереста

Год от года даты начала и конца массового нереста менялись в широких пределах. На фоне кажущегося хаоса заметны несколько периодов постепенного их смещения на более поздние сроки, прерываемые резкими переходами к более раннему нересту (рис. 7). По имеющимся данным наблюдений такой переход уверенно выявляется в середине 2000-х гг. (вероятно, их было больше, например, в середине 1950-х гг. и в конце 1980-х гг., однако в эти годы наблюдения проводили не каждую зиму). Переход к раннему нересту в середине 2000-х гг. предварялся запаздыванием срока завершения нереста, увеличением его продолжительности, возрастанием стандартного отклонения определения дат его начала и конца – это признаки нескольких нерестовых подходов.

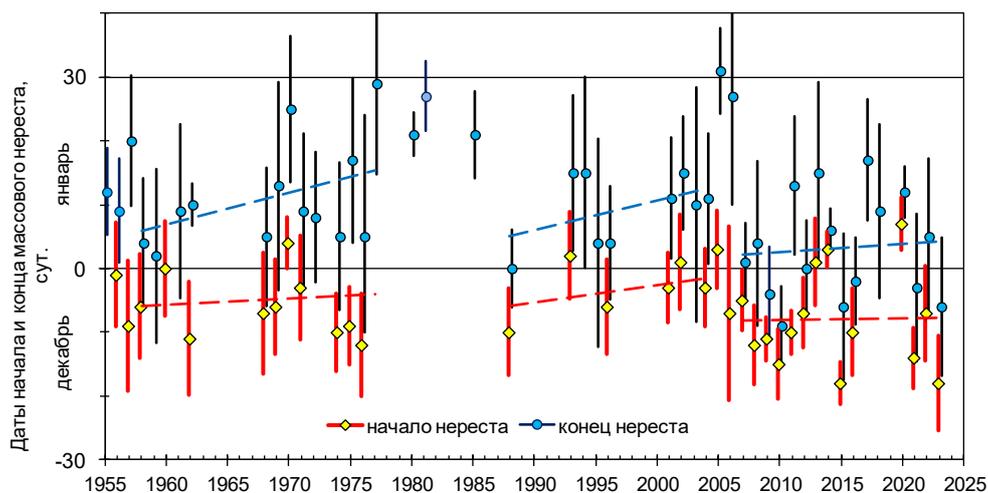


Рис. 7. Сроки начала и конца массового нереста наваги в Амурском заливе, определённые с помощью аппроксимации динамики зрелости самок функциями (1). Для каждого года, когда проводились наблюдения, символами показаны даты достижения 50% доли преднерестовых и отнерестовавших самок в уловах, а усиками вверх и вниз от символов – межквартильные интервалы $\pm 0,68\sigma$ от этих дат, в течение которых вступала в нерест или выходила из нереста половина особей. Пунктиром показаны линейные тренды межгодовых вариаций сроков для периодов 1958-1977, 1988-2004 и 2007-2023 гг.

Вне лет с аномально продолжительным массовым нерестом, сроки начала и конца массового нереста менялись от года к году примерно синхронно ($r = 0.78$), при этом вплоть до последних десятилетий долгосрочного тренда к смещению нереста на более ранние сроки не наблюдалось, несмотря на положительную динамику термических условий. Так, в 1958–1977 гг. начало и конец массового нереста приходились в среднем на 26 декабря и 11 января, а в 1988–2004 гг. на 28 декабря и 9 января. Но в 2005–2008 гг. произошёл резкий сдвиг сроков нереста на более ранние даты, которые в 2007–2023 гг. пришлись в среднем на 23 декабря и 3 января, причём неоднократно массовый нерест завершался уже в декабре. В 2021–2023 гг. массовый нерест начинался в среднем 18 декабря и заканчивался 30 декабря.

Межгодовые различия сроков нереста связаны с изменениями условий созревания рыб в межнерестовый период, во всяком случае зависимость длительности созревания (времени от конца массового нереста до начала следующего массового нереста) от температуры ППШ является статистически значимой ($p < 0.02$). Связь отрицательная, что естественно (чем теплее, тем меньше времени необходимо для подготовки к нересту), но слабая ($r = -0.58$) и едва обеспечивает треть дисперсии этого показателя (рис. 8). Размах межгодовых изменений средней температуры в пределах 1–9°C обуславливает вариации длительности созревания наваги в пределах от 11 до 12 мес. (в среднем 350 сут), но в конкретные годы реальная длительность может отклоняться от регрессии, представленной на рисунке, до полумесяца. Вероятно, избранный параметр термических условий (модальная температура ППШ), несмотря на свой обобщающий характер, всё же недостаточно репрезентативен для характеристики весьма разнообразных условий обитания наваги, которая нагуливается внутри термоклина, где температура сильно меняется в зависимости от глубины.

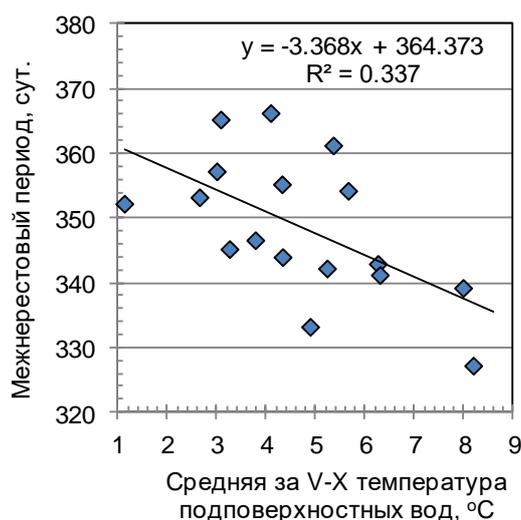


Рис. 8. Зависимость продолжительности периода между окончанием массового нереста наваги в Амурском заливе и началом следующего массового нереста от средней за май-октябрь модальной температуры подповерхностной шельфовой водной массы на стандартном разрезе через шельф залива Петра Великого по 132о в.д. (по данным наблюдений с 1981 г.)

Анализ влияния изменений сроков нереста на эффективность воспроизводства

Численность поколений рыб определяется нерестовым запасом (обеспечивающим популяционную плодовитость) и выживаемостью потомства на ранних стадиях развития (до достижения возраста, для которого исчисляется индекс численности поколений). Численность поколений наваги Амурского залива, как правило, обнаруживает положительную связь с обилием производителей, однако в 1988-1989 гг. по результатам мощных нерестовых подходов производителей с участием рыб рекордно высокочисленных поколений 1986-1987 гг., сформировалось очень слабое пополнение, после чего популяции наваги уже не удалось восстановить свою былую численность (рис. 9, слева). Природа этого феномена становится более понятной при рассмотрении взаимосвязи численности пополнения с мерой нерестового запаса, за которую принята суммарная численность рыб в

возрасте от 2 лет и старше, составляющих нерестовую часть популяции в данном году. Для этого показателя зависимость выглядит как классическая кривая Рикера с положительным влиянием численности производителей на пополнение при слабых нерестовых подходах, наиболее успешном воспроизводстве при оптимальной численности производителей, соответствующей экологической ёмкости биотопа, и отрицательном влиянии численности производителей на пополнение при превышении ёмкости биотопа (рис. 9, справа):

$$N = RPS \times S \exp(1 - \alpha S), \quad (2)$$

где N – численность пополнения;

S – нерестовый запас;

RPS (recruits per stock) – параметр воспроизводства единицы запаса;

α – эмпирический коэффициент, определяющий экологическую ёмкость, равную $1/\alpha$.

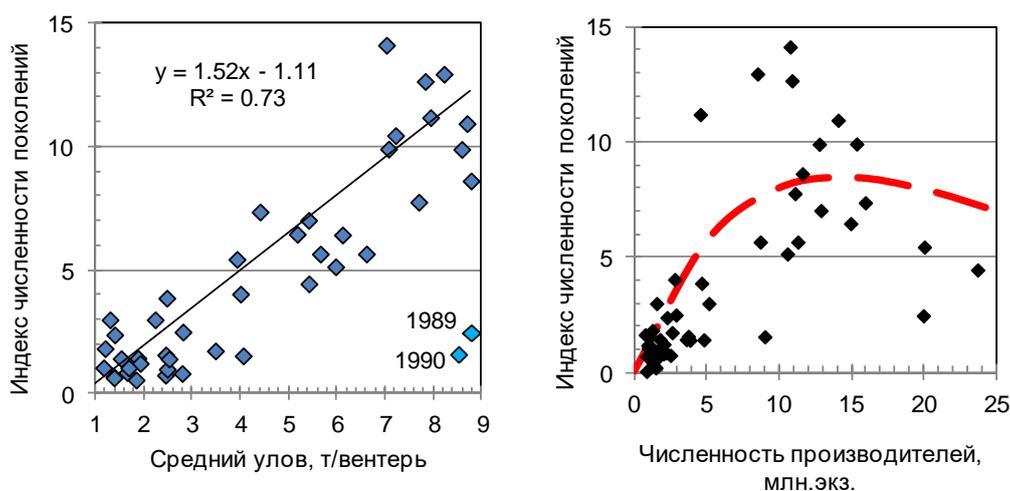


Рис. 9. Зависимость индекса численности поколений наваги, нерестящейся в Амурском заливе, от показателей нерестового запаса. Пунктиром показана кривая Рикера зависимости пополнения от нерестового запаса, рассчитанная для $RPS = 0,59$; $\alpha = 0,07 \cdot 10^{-6}$ экз.⁻¹

Хотя причина неуспешного воспроизводства наваги в 1989-1990 гг. вполне очевидна – переполнение нерестилища и в целом биотопа Амурского залива, нельзя не заметить, что такое время от времени происходило и раньше, например в 1981 г., после чего популяция быстро восстановилась, в то время как после 1990 г. популяция впала в длительную депрессию, продолжающуюся по сей день. Дело в том, что эпизоды 1989-1990 гг. совпали или почти совпали с перестройкой в экосистеме прибрежных вод залива Петра Великого, во всяком случае, в биотопе обитания наваги, вызванной режимным сдвигом в климатической системе северной Пацифики 1988-1989 гг., который проявился в повышении температуры на поверхности Японского моря, а с некоторым запаздыванием – и в подповерхностном и более глубинных слоях [9]. В терминах кривой Рикера эта перестройка выглядит как резкое снижение параметра воспроизводства единицы запаса RPS , при сохранении экологической ёмкости биотопа ($1/\alpha$) на уровне порядка 15 млн. экз. (рис. 10). В этом смысле депрессивное состояние наваги Амурского залива принципиально отличается от депрессивного состояния популяции приморского минтая, ухудшение воспроизводства которого обусловлено сокращением экологической ёмкости биотопа для этого вида [10]. Однако в новых условиях нерестовый запас наваги уже не может достигнуть оптимального для воспроизводства уровня, т.к. средний по периоду показатель $RPS = 0,27$ не в состоянии обеспечить достаточную для расширенного воспроизводства выживаемость потомства. Хотя в отдельные годы после 1990 г. (в 2008-2009, 2015, 2018 гг.) соотношение численности пополнения с численностью производителей превышало 1, то есть воспроизводство было успешным, из-за низкого нерестового запаса даже в эти годы не смогли появиться высокочисленные поколения, а в последующие годы это соотношение вновь снижалось, что не позволяло развиваться расширенному воспроизводству, необходимому для восстановления численности (рис. 11).

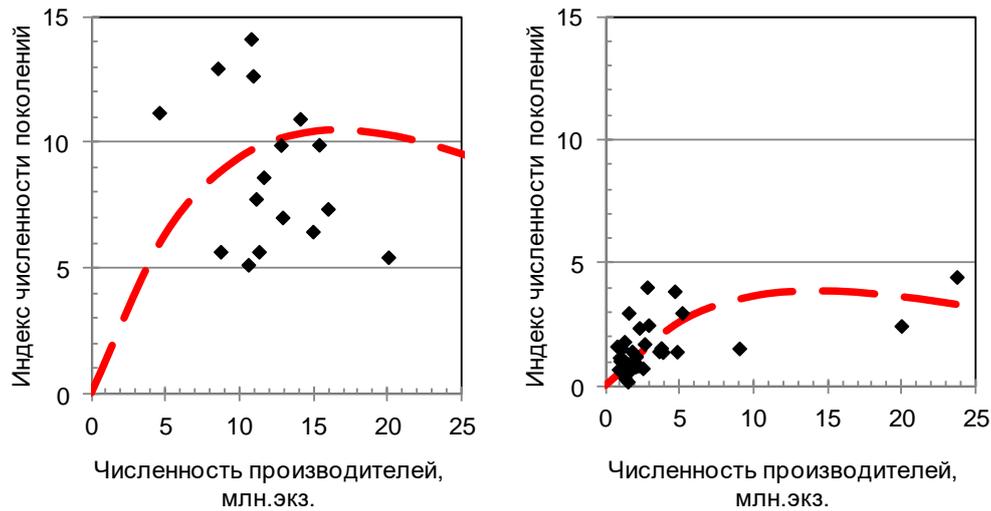


Рис. 10. Зависимость индекса численности поколений наваги, нерестящейся в Амурском заливе, от нерестового запаса для периодов 1965-1988 (слева) и 1989-2020 (справа) гг. Пунктиром показана кривая Рикера зависимости пополнения от нерестового запаса, рассчитанная для $RPS = 0,63$, $\alpha = 0,06 \cdot 10^{-6}$ экз. $^{-1}$ и $RPS = 0,27$, $\alpha = 0,07 \cdot 10^{-6}$ экз. $^{-1}$, соответственно

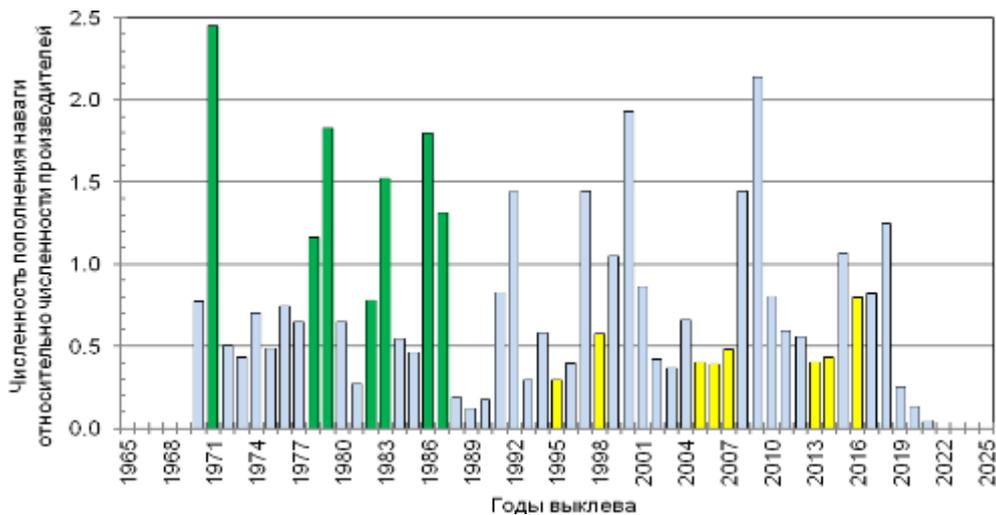


Рис. 11. Межгодовые вариации соотношения численности пополнения наваги в возрасте 2 года с численностью производителей. Цветом выделены высокочисленные (>10 млн.экз.) и малочисленные (<1 млн.экз.) поколения

Уменьшение числа рекрутов от условного производителя однозначно означает, что смертность сеголеток и годовиков наваги резко возросла начиная с 1988 г. В это же время, после климатического сдвига 1988-1989 гг., нерест наваги сдвинулся на более ранние даты (насколько об этом можно судить по разрозненным данным), очевидно по причине более быстрого созревания в условиях повысившейся температуры воды. Если предположить, что сроки весенней «вспышки» развития зоопланктона мало изменились, то такой сдвиг сроков нереста привёл к удлинению периода между нерестом и весенней «вспышкой», что может быть неблагоприятно для выживаемости личинок наваги, так как их выклев происходит слишком рано, до массового появления копеподит в планктоне. Далее в начале 2000-х последовало несколько холодных зим, что привело к некоторой задержке нереста – результатом стало появление относительно благополучных поколений 2000-2001 гг. Наконец, установление аномально высоких температур ППШ в последние годы имеет последствием устойчиво ранний нерест наваги в Амурском заливе и устойчивую депрессию её популяции. Это примеры действия механизма «совпадения-несовпадения», описанного Д. Кушингом [3],

согласно гипотезе которого для успешного воспроизводства массовых видов рыб необходимо точное совпадение сроков выклева личинок с периодом «вспышки» в сезонной сукцессии планктона. Однако для всего исследуемого ряда зависимость эффективности воспроизводства от сроков нереста наваги оказалась статистически незначимой. Хотя тенденция к смещению нереста на более ранние даты относительно традиционных сроков в январе совпадает с негативной динамикой численности популяции, корреляция межгодовых изменений сроков нереста и численности пополнения отсутствует, в частности потому, что наиболее резкое снижение численности произошло в начале 1990-х годов, а наиболее заметное смещение нереста на более ранние сроки – значительно позже, в середине 2000-х гг. В результате зависимость выживаемости икры наваги в Амурском заливе от сроков нереста имеет вид облака рассеяния с куполообразной вершиной и в целом очень слабо детерминирована (рис. 12). Можно лишь отметить, что большинство случаев относительно хорошей выживаемости наблюдалось в годы с окончанием нереста в первой половине января (при этом рекордная выживаемость отмечена в 2009 г., когда довольно мощное для современного периода поколение наваги сформировалось в условиях раннего нереста, но с экстремально низкой численностью производителей). По-видимому, первая половина января – это оптимальный срок для выхода наваги Амурского залива из нереста. Точный оптимум по имеющимся данным определить сложно, прежде всего потому, что по несчастливому стечению обстоятельств абсолютно во все годы наиболее успешного воспроизводства, т.е. в 1979, 1982, 1983, 1986 и 1987 гг. (численность поколений, появившихся в каждом из этих лет, превысила 10 млн. экз.), и даже в 2000 г., когда появилось наиболее мощное поколение последнего тридцатилетия (численностью 3 млн. экз.), наблюдения за биологическим состоянием наваги на нерестилище Амурского залива не выполнялись. С другой стороны, случаи слабого пополнения отмечены и при завершении нереста в середине января ряда лет. Помимо показанных выше других факторов, влияющих на успешность воспроизводства, как численность производителей и растянутость нереста, можно предположить, что детерминация зависимости выживаемости наваги на ранних стадиях развития от сроков нереста понижена ещё и из-за неучёта межгодовых изменений сроков весеннего развития зоопланктона, определить которые пока что нет возможности.

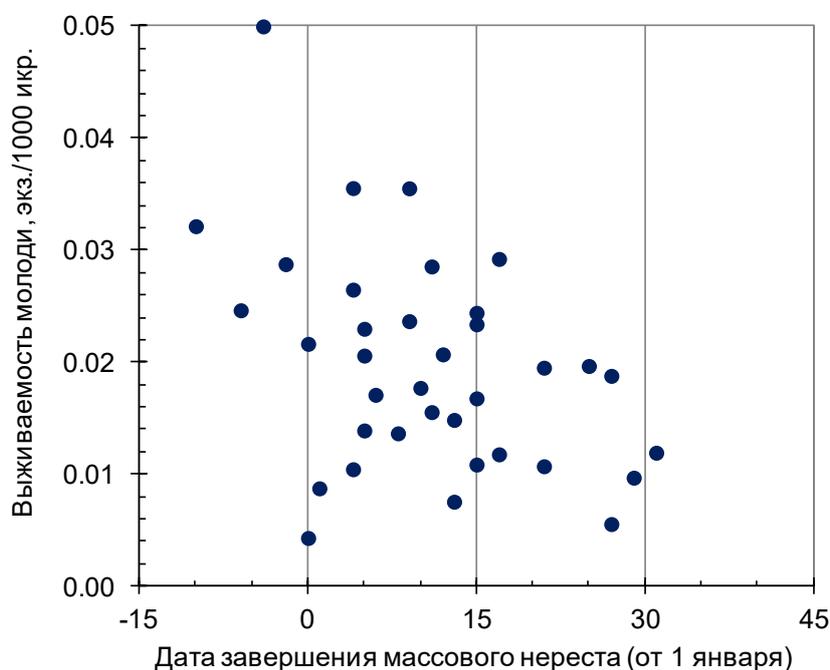


Рис. 12. Зависимость выживаемости от икры до двухлеток наваги, нерестящейся в Амурском заливе, от срока завершения массового нереста (только для лет, в которых сроки нереста были определены, при этом годы наиболее успешного воспроизводства на графике отсутствуют)

Заключение и выводы

В заключение отметим, что, хотя значение сроков нереста для воспроизводства массовых рыб давно обсуждается в научном сообществе, обычно это обсуждение идёт гипотетически, результаты экспериментальных наблюдений за динамикой сроков нереста практически не публикуются, очевидно из-за трудностей в организации таких наблюдений и методических сложностей с обработкой данных. В этом смысле выполненное исследование – пример большой научной продуктивности этого научного направления. Несмотря на в целом невысокое качество исходного материала из-за нерегулярности и вообще недостаточности наблюдений, получено несколько важных в научном и практическом плане выводов:

- межгодовая изменчивость сроков нереста наваги в Амурском заливе определена количественно, выявлена долгосрочная тенденция к смещению нереста на более ранние сроки, в результате которой массовый нерест, который ранее проходил в основном в январе, в последние десятилетия сместился в основном на декабрь;

- установлено, что сроки нереста наваги зависят от условий нагула и созревания рыб в предшествующие сезоны (летом-осенью): чем теплее лето – тем раньше нерестится навага;

- показано, что ухудшение воспроизводства наваги в Амурском заливе не связано со снижением экологической ёмкости биотопа, а обусловлено ростом смертности пополнения.

Последний вывод косвенно подтверждает неблагоприятное влияние смещения нереста на более ранние сроки (на декабрь) на воспроизводство наваги. Однако эта связь слабо детерминирована как по причине недостаточно качественных данных наблюдений, так и из-за возможного влияния на воспроизводство других факторов. И при раннем нересте в последние десятилетия всё же было зарегистрировано несколько случаев расширенного воспроизводства популяции. Если такие случаи будут случаться чаще, то, учитывая сохранение экосистемой Амурского залива и сопредельных вод способности содержать запас наваги, значительно превышающий современный уровень, можно надеяться на выход местной популяции из затянувшейся глубокой депрессии даже в сложившихся из-за потепления климата неблагоприятных для этого вида условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кровнин А.С., Зуенко Ю.И., Фигуркин А.Л., Хен Г.В., Кивва К.К., Новиков Ю.В., Тепнин О.Б. Океанологические условия в пределах основного ареала минтая // Труды ВНИРО. – 2022. – Т.189. – С. 16-44. DOI:10.36038/2307-3497-2022-189-16-44.
2. Новикова О.В., Ракитина М.В., Метленков А.В., Черноиванова Л.А., Немченко А.Ю. Промысловые ресурсы тихоокеанской наваги *Eleginus gracilis* российских вод дальневосточных морей // Известия ТИНРО. – 2023. – Т. 203, № 4. – С. 745-769.
3. Кушинг Д.Х. Морская экология и рыболовство. М.: Пищ. промышленность, 1979. – 288 с.
4. Зуенко Ю.И., Черноиванова Л.А., Вдовин А.Н, Устинова Е.И. Влияние изменений климата на воспроизводство наваги *Eleginus gracilis* в заливе Петра Великого (Японское море) // Вопросы промысловой океанологии. – 2010. – Вып. 7. № 1. – С. 132-144.
5. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 367 с.
6. Сакун О.Ф., Буцкая Н.А. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. М.: Главрыбвод, 1963. – 36 с.
7. Черноиванова Л.А., Соломатов С.Ф., Пущина О.И., Зуенко Ю.И., Калчугин П.В. Особенности распределения и питания дальневосточной наваги *Eleginus gracilis* в зал. Петра Великого (Японское море) в летний период // Вопросы рыболовства. – 2011. – Т. 12, № 4 (48). – С. 678-689.
8. Зуенко Ю.И. Опыт использования функции нормального распределения для решения некоторых задач морской биологии // Известия ТИНРО. – 2009. – Т. 156. – С. 236-246.
9. Хен Г.В., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д., Матюшенко Л.Ю. Долгопериодные изменения термических характеристик поверхностных вод Японского моря и зал. Петра Великого и их связь с крупномасштабными климатическими процессами // Труды ВНИРО. – 2020. – Т. 180. – С. 72-87.
10. Зуенко Ю.И., Нуждин В.А. Рикеровский анализ динамики численности двух популяций минтая в Японском море // Труды ВНИРО. – 2020. – Т.179. – С. 156-173.

DYNAMICS OF THE TIMING FOR MASS SPAWNING OF SAFFRON COD *ELEGINUS GRACILIS* IN THE AMUR BAY OF JAPAN SEA IN CONDITIONS OF CLIMATE WARMING

¹Zuenko Yury Ivanovich, D.Geogr., head of the Fishery Oceanography Lab.

²Chernoivanova Ludmila Alekseevna, leading specialist
of the Monitoring the Food supply and Fish Feeding Lab

^{1,2}Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Pacific branch (TINRO)
Vladivostok, Russia, e-mail: zuenko_yury@hotmail.com

The timing of the mass spawning beginning and completing is determined for saffron cod spawned in the Amur Bay (Japan Sea) on the data of long-term monitoring on gonad maturity during the winter spawning under the sea ice. The timing dependence on conditions in the preceding period of feeding and maturing is found: the warmer the summer-fall season, the earlier the winter spawning. The mass spawning started on December 25 and finished on January 12 in the 1970 s., on average, but the term has shifted to December 18-30 in 2021–2023 because of climate warming. The shift was accompanied by worsening of the species reproduction that caused a stable depression of the population. Mechanisms of changes in the Amur Bay ecosystem and prospects of the saffron cod fishery are discussed.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫБОРАЗВОДЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПО РАЗВЕДЕНИЮ ФОРЕЛИ НА ОЗ. ГУСИНОМ В БУРЯТИИ

¹Исакова Эльвира Николаевна, научный сотрудник

²Белых Ольга Александровна, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры химии

¹ФГБУ «Заповедное Подлесье», Россия, Республика Бурятия, Усть-Баргузин,
e-mail: elnic.isakova@mail.ru

²Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия, e-mail: olga.belykh@klgtu.ru

Исследована актуальная проблема развития рыбохозяйственного комплекса Бурятии. Замещение продукции рыболовства на продукцию аквакультуры в сельском хозяйстве является общемировым трендом. В республике Бурятия этот вид деятельности слабо развит. Потенциал развития обусловлен наличием в регионе значительного фонда водных ресурсов, в том числе искусственных водоемов (водохранилищ, обводненных карьеров и прудов); наличием научного потенциала и недостатком продукции местных форелевых рыб на рынке. Представлен проект, который объединяет два типа индустриального выращивания форелевых рыб в условиях закрытых помещений в бассейнах и в условиях садковой линии на открытом водоеме.

Возросший спрос населения Российской Федерации на рыбную продукцию требует новаторского использования существующих и новых технологий в развитии аквакультуры. Стимулируют развитие данной отрасли инновации, современные технологии и передовые решения. Продовольственное эмбарго, а также поддержка государства дали существенный толчок к ускоренному развитию аквакультуры в России [1]. Однако, производство форели не сразу получило импульс развития, так как отрасль во многом зависит от импорта кормов и посадочного материала, а в настоящее время – от карантинных ограничений и с событиями, связанными с начала 22.02.2022 года. В этот период под санкции попали многие товары, ранее импортируемые из Европейского Союза, к ним относятся – корма и рабопосадочный материал отборной генетики.

Форели относятся к наиболее ценным промысловым видам рыб, обитающим в водоемах России. Запасы популяций многих видов форелевых рыб в последние десятилетия резко сократились по причинам антропогенного воздействия, в т. ч. техногенной нагрузки на водоемы в результате несанкционированного отлова производителей в нерестовый период [2].

Повышение эффективности искусственного воспроизводства форелей и форелеводства в целом в сложившихся условиях является одной из наиболее актуальных проблем рыбного хозяйства. Искусственное воспроизводства форелевых важно, как в целях сохранения биоразнообразия и пополнения существующих естественных популяций рыб, так и для заполнения образовавшейся ниши из-за неполного освоения рынка рыбной продукции в регионе [3]. Переход к индустриальным методам разведения и выращивания рыб является общемировым трендом рыбохозяйственной отрасли.

Объекты исследования: форелевые хозяйства, занимающиеся разведением форелей и их гибридов как объекты индустриальной аквакультуры, искусственного воспроизводства и рыбоводства.

Предмет исследования: расчет производственного цикла индустриальной аквакультуры форелевых рыб с учетом климатических и гидрологических условий на озере Гусиное.

Цель работы разработка производственного цикла высоко технологичной индустриальной аквакультуры форелевых рыб для предприятия, которое в перспективе может обеспечить основу развития рыбохозяйственного комплекса Бурятии в рыбоводства и искусственного воспроизводства.

Практическая значимость: проект рассчитан на его использование предпринимателями для реализации планов в создании мощностей предприятия полного цикла выращивания рабопосадочного материала, товарной рыбы и маточного стада форелевых рыб, а также создания быстрорастущих и устойчивых к индустриальным условиям содержания пород и гибридов.

Результаты и их обсуждение:

В Бурятии и Иркутской области имеются все условия для быстрого развития различных направлений аквакультуры [4], в том числе за счет наличия значительного фонда водных ресурсов

(табл. 1). Наличие рыбоводных прудовых хозяйств и промышленных рыбоводных хозяйств, отлаженная система искусственного воспроизводства, отработанные технологии по различным направлениям культивирования гидробионтов, наличие квалифицированных специалистов – все это является основой для эффективного развития аквакультуры.

Таблица 1

Водный потенциал Байкальского региона

Наименование водных объектов	Площадь, кв. км
Оз. Байкал, всего	31 500
в т. ч. в пределах Иркутской области	11 830
Иркутское водохранилище	154
Братское водохранилище	5 478
Усть-Илимское водохранилище	1 922
Мамаканское водохранилище	11
Богучанское водохранилище, всего	2 326
в т. ч. в пределах Иркутской области	365
Прочие озера (229 единиц)	7 732
Реки (65041), км	309 355

Исходя из анализа тенденций сложившегося рынка, сегмент производства товарной рыбы обладает достаточной емкостью. Планируемая к производству продукция, пользуется хорошим спросом среди населения Бурятии и Иркутской области в целом. В перспективе есть возможность достижения значительного уровня развития и создания конкурентной продукции на евразийском континенте [5]. Среди европейских стран конкурентами могут быть страны Северной Европы, реализующие продукцию форели и лосося, выращенных в искусственных условиях.

В Байкальском регионе основную конкуренцию проектируемой продукции будет составлять выращивание товарной форели промышленным способом с использованием пресной воды, а также промышленная эксплуатация естественных популяций (рыболовство) [6].

В мире основную конкуренцию проектируемой продукции составляют страны Юго-Восточной Азии за счет получения карпов (85 %), при этом рынок ориентирован преимущественно на внутреннего потребителя и существенным спросом в развитых странах не пользуется; Европейская аквакультура за счет получения лосося (8 %), которая ориентирована преимущественно на Евразийский рынок и составляет основную конкуренцию рыбопродукции РФ; а также аквакультура Америки также за счет получения лосося (5 %).

Показатели современного состояния рыбного хозяйства Байкальском регионе обобщены в таблице 2.

Таблица 2

Современное состояние рыбного хозяйства в Байкальском регионе

Показатели	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Количество индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, осуществляющих деятельность, связанную с рыболовством, рыборазведением	82	92	77	58	63
Количество участков, предоставленных для рыболовства и рыборазведения	1	175	209	229	212
Объем вылова (добычи) водных биоресурсов (тонн)	2522	2329	2585	2776	2980
Освоение предоставленных объемов вылова водных биоресурсов (%)	73,0	52,9	58,7	60,9	60,0
Объем промышленного производства рыбопродукции в аквакультуре (млн. руб.)	41,9	66,3	68,8	102,4	120,0

Показатели	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Объем выращенной товарной рыбы в аквакультуре (тонн)	65,0	71,0	80,0	95,0	92,0
Количество работающих в рыбохозяйственном комплексе (в аквакультуре) (чел.)	46	44	45	50	50
Объем инвестиций, вложенных в модернизацию рыбохозяйственного комплекса (млн. руб.)	2,6	2,8	н. д.	2Д	18,04
Выручка предприятий рыбохозяйственного комплекса (аквакультура) (млн. руб.)	42	66	70	106	138
Сумма налоговых отчислений предприятий рыбохозяйственного комплекса (аквакультура) в бюджетную систему (млн. руб.)	5	7	7	8	14

По состоянию на 1 марта 2023 года в регионе насчитывается 50 рыбоводных участка, 26 из них посредством аукциона переданы в пользование на 25-летний срок (см. табл. 3,4).

Таблица 3

Численность рыбоводных участков в Байкальском регионе по видам водных объектов

Вид водных объектов	Количество сформированных рыбоводных участков
Озера	17
Река Ангара	17
Братское водохранилище	4
Реки	3
Иркутское водохранилище	3
Усть-Илимское водохранилище	6
Селенга	5

Таблица 4

Численность рыбоводных участков в Байкальском регионе по состоянию на 1 марта 2021 года

Наименование районных муниципальных образований	Количество сформированных рыбоводных участков	Количество участков переданных в пользование (через аукцион)
Тулунский	8	3
Усольский	7	4
Иркутский	9	4
г. Иркутск	6	5
Усть-Удинский	3	1
Нижнеудинский	3	1
Усть-Илимский	2	2

Ежегодно в целях воспроизводства в области осуществляется зарыбление водоемов в количестве около 5 млн шт, в т. ч. в 2019 г (см. табл. 5).

Товарное разведение водных биологических ресурсов (аквакультура) на территории региона осуществляют несколько предприятий: ООО «Эридан» осуществляет производство карпа, осетра и форели. Производство товарной рыбы осуществляется по индустриальному типу в бассейнах с использованием теплых сточных вод ТЭЦ №10 в г. Ангарске.

Таблица 5

Количество выпущенной молоди рыб в 2023 году в водоемы Байкальском регионе

Водоем	Вид рыбы			
	Хариус навеской 0,5-1,0 гр, шт	Пелядь навеской 0,5-3,0 гр, шт	Омуль навеской 1,2 гр, шт	Сазан навеской 0,5 гр, шт
Братское водохранилище	794 817	3 412 184	100 000	157 832

Усть-Илимское водохранилище	-	471 228	-	-
Иркутское водохранилище	29 890	-	-	-
р. Лена	132 414	-	-	-
оз. Байкал	18 112	-	-	-
Всего, шт	975 233	3 883 412	100 000	157 832
		5 116 477		

Коммерциализация проекта заключается в разработке технологии ускоренной селекции для получения товарной рыбы в искусственных условиях. Одно из которых ускорение наступления у форелевых рыб репродуктивного периода с применением физиолого-биохимических методов. В результате гораздо быстрее, чем в естественной среде, будет получено совершенное в гастрономическом плане жизнестойкое потомство. Все процессы оплодотворения и выращивания будут находиться под контролем. Оплодотворенную икру планируется инкубировать при температуре от +4 до +6 градусов в проточной воде. Подрашивать рыб планируется на чистой воде оз. Гусиное – благодаря этому по вкусу особи вкусовым качествам рыб, выросших в естественных условиях. На всех стадиях процесса предполагается проведение обязательного генетического, биохимического и морфологического мониторинга [7]. Форелевых рыб планируется подрашивать в условия установок замкнутого водоснабжения и в условиях садковой линии в теплых водах.

Для этой цели предполагается использовать сооружение помещений для разведения молоди рыб по типу установки замкнутого водоснабжения (УЗВ), хранения и раздачи кормов, специальных помещений, приобретение модуля технического для инвентаря, трактора и рыбопосадочного материала. Площадь участка, планируемого к использованию, составляет 28 га. К производственному циклу будет привлечен научный потенциал научных организаций рыбохозяйственного профиля. Сотрудники, которых имеют опыт выращивания форелевых видов рыб и их гибридов в условиях устройств замкнутого водоснабжения (УЗВ). В Иркутске идет создание криобанка наиболее ценных производителей. Освоен экологический метод отбора половых продуктов. В эксперименте апробирована технология получения быстрорастущих гибридов [8]. В наличие имеются прототипы/опытные образцы быстрорастущих и жизнестойких гибридов, содержащихся в условиях производственно-аквариумного комплекса.

Среди первоочередных задач реализации плана коммерциализации:

- выбор оптимального цикла производства рыбопосадочного материала;
- ускоренная инкубация икры;
- индустриальная аквакультура на основе смешанного использования искусственной прикормки и использования естественной кормовой базы;
- создание рыбопосадочного материала быстрорастущих форм и гибридов форелевых рыб, а также рыб с заданными коммерческими свойствами
- расширение ассортимента продукции в виде рыбопосадочного материала (икры, личинок, мальков, годовалых и двухгодовалых особей).

Коммерциализации будет способствовать реклама развития малого предпринимательства в сфере аквакультуры на базе ИП и КФХ, распространение рыбопосадочного материала, франчайзинг, консалтинговые услуги. Кроме того, возможно ведение научно просветительской деятельности, в т.ч. прохождение производственной практики учащихся пос. Гусиное, экскурсионная деятельность, экспозиция объектов пресноводной аквакультуры [9].

Выводы: Значительное увеличение доли аквакультуры в сельскохозяйственном комплексе развитых стран является общемировым трендом. Потенциал Бурятии высокая заинтересованность предпринимателей позволяет на современном этапе реализовать проекты не только пастбищного рыбоводства и воспроизводства, но и высокотехнологичных индустриальных производств.

Исследование социально-экономических условий оз. Гусино позволили заключить наличие острой необходимости и востребованности товарной продукции форелевых рыб. Предпосылками и необходимыми условиями высокотехнологичной индустриальной аквакультуры являются научные разработки в данной сфере и их научное сопровождение. Важное значение имеет государственная поддержка развития рыбохозяйственной отрасли.

Проект, который объединяет два типа индустриального выращивания продукционной рыбы - в условиях закрытых помещений в бассейнах и в условиях садковой линии на открытом водоеме имеет важное социально-экономическое значение. Перспективный план развития предприятия не требует дополнительных затрат на увеличение мощностей. Таким образом, проект может послужить своеобразным триггером процесса развития аквакультуры в области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов, В. В., Смирнова-Залуми Н.С., Суханова Л.В. Экологическое разнообразие и вопросы рационального использования рыбных ресурсов Байкала // Вода: химия и экология. – 2015. – № 12(90). – С. 148-156.
2. Шибаев, С.В. Формальная теория жизни рыб Ф.И. Баранова и её значение в развитии рыбохозяйственной науки // Труды ВНИРО. – 2015. – Т. 157. – С. 127-142.
3. Базов, А. В., Н. В. Базова. Селенгинская популяция байкальского омуля: прошлое, настоящее, будущее. – Улан-Удэ: Бурятский научный центр Сибирского отделения РАН, 2016. – 352 с.
4. Верховина, В. А., Белых О.А., Верховина В.А. Изменение бактериального сообщества в литоральной зоне экосистемы южной части озера Байкал под воздействием антропогенной // Известия Байкальского государственного университета. – 2022. – Т. 32, № 2. – С. 397-406. – DOI 10.17150/2500-2759.2022.32(2).397-406.
5. Глызина, О.Ю., Адамович С. Н., Белых О. А. [и др.] Перспективы использования синтетических биостимуляторов при развитии аквакультуры сиговых рыб озера Байкал // Известия Байкальского государственного университета. – 2020. – Т. 30, № 3. – С. 463-471. – DOI 10.17150/2500-2759.2020.30(3).463-471.
6. Соколов, А.В., Петерфильд В.А. О причинах введения запрета на промысловый лов омуля (*Coregonus autumnalis migratorius*, Georgi) озера Байкал в современный период // Материалы VI Международного Балтийского морского форума, Калининград: ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота, 2018. – С. 158–164.
7. Белых, О. А., Тхорев В.И. Фитохимическая экспертиза растительного сырья в международной торговле // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2012. – № 5. – С. 198-203.
8. Белых, О. А., Розанов С.Е., Исакова Э.Н. Эффекты воздействия спектрального состава светового излучения на гидробионтов при выращивании аквакультуры // Известия Байкальского государственного университета. – 2022. – Т. 32, № 3. – С. 585-591. – DOI 10.17150/2500-2759.2022.32(3).585-591.
9. Сеитов, С. К. Аквапоника: технологические и экономические преимущества // Никоновские чтения. – 2021. – № 26. – С. 191-194.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF FISH FARMING FOR TROUT BREEDING ON LAKE GUSINOM IN BURYATIA

¹Isakova Elvira Nikolaevna, researcher

²Belykh Olga Alexandrovna, doctor Biol. sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Chemistry

¹Federal State Budgetary Institution "Reserved Podlemore", Russia, Republic of Buryatia, Ust-Barguzin village, e-mail: elnic.isakova@mail.ru

²Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: olga.belykh@klgtu.ru

The work is devoted to the study of the urgent problem of the development of the fisheries complex of Buryatia. The substitution of fishery products for aquaculture products in agriculture is a global trend. In the Republic of Buryatia, this type of activity is poorly developed. The development potential is due to the presence in the region of a significant fund of water resources, including artificial reservoirs (reservoirs, flooded quarries and ponds); the presence of scientific potential and a shortage of local trout fish products on the market. A project is presented that combines two types of industrial trout fish cultivation in indoor conditions in swimming pools and in a cage line in an open pond.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ЗАПАС РЫБ СЕМЕЙСТВА КАРПОВЫЕ (CYPRINIDAE) ВОДОХРАНИЛИЩ КАНАЛА ИМЕНИ МОСКВЫ

¹Клец Наталия Николаевна, заместитель заведующего лабораторией водных биоресурсов

²Родимова Зарифа Навехановна, ведущий специалист лаборатории водных биоресурсов

³Жарикова Валентина Юрьевна, канд. с.-х. наук,
руководитель научного направления; доцент кафедры «Аквакультуры и экологии»

⁴Горячев Дмитрий Владимирович, заведующий лабораторией водных биоресурсов

⁵Зингис Игорь Витальевич, специалист лаборатории водных биоресурсов

⁶Назаров Алексей Сергеевич, специалист лаборатории водных биоресурсов

⁷Никитенко Алексей Иванович, руководитель группы гидробиологии

^{1,2,3,4,5,6,7} Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»),
Рыбное, Россия, e-mail: 6320236@mail.ru

³Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал) Астраханский
государственный технический университет (ДРТИ АГТУ), Рыбное, Россия

Актуальность исследования состоит в необходимости знаний о биологических показателях и состоянии запасов рыб обитающих в водохранилищах канала имени Москвы, для подготовки рекомендаций по рациональному использованию и сохранению водных биологических ресурсов.

Цель – определение биологических показателей и анализ состояния запасов основных промысловых видов рыб канала им. Москвы в 2023 г.

*Исследования рыбного населения в 2023 г. показали, что ихтиофауна водохранилищ канала им. Москвы представлена 4 семействами: карповые (Cyprinidae), окуневые (Percidae), сомовые (Siluridae), щуковые (Esocidae). Для наиболее массовых видов проанализированы размерно-возрастные и весовые характеристики, а также рассчитаны промысловые запасы. Отмечено, что доминантным видом является плотва *Rutilus rutilus*. Объемы вылова водных биоресурсов рыбаками-любителями в 2023 г. увеличились по сравнению с 2020–2021 гг. и суммарно составили 15,3 % от объемов рекомендованного вылова, рассчитанных для исследованных водохранилищ.*

Введение

Создание канала имени Москвы в 1937 г. послужило обеспечению водоснабжением города Москвы, развитию судоходства и регулированию уровня воды в Москве-реке. В систему водохранилищ входят Икшинское, Пестовское, Пяловское, Клязьминское, которые соединены участками русла канала. Водные объекты расположены в Московской области в границах городских округов: Мытищи, Пушкинский, Долгопрудный, Химки.

Характеристики исследуемых водохранилищ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики водохранилищ канала имени Москвы

Водохранилище	Площадь, км ²	Длина, км	Ширина, км	Глубина, м	
				средняя	максимальная
Икшинское	5,1	5,6	1,5	5,5	8
Пестовское	11,6	6,1	2	4,7	14
Пяловское	6,3	6	1	3	12,2
Клязьминское	16,2	16	1,2	5,5	16

В последнее время были проведены исследования, включающие изучение современного состояния ихтиофауны в водохранилищах канала имени Москвы [1, 2], выявление закономерностей распределения ихтиофауны в малых водоемах и реках Северного Подмоскья [3], определение видовой принадлежности паразитов окуневых и карповых рыб в водохранилищах канала имени Москвы [4], анализ объема вылова рыбаками-любителями и оценка воздействия на запасы рыб водохранилищ канала имени Москвы [5].

Актуальность представленного исследования состоит в необходимости знаний о биологических показателях и состоянии запасов рыб обитающих в водохранилищах канала имени Москвы, для подготовки рекомендаций по рациональному использованию и сохранению водных биологических ресурсов. Материалы могут быть использованы для определения последствий негативного воздействия на состояние водных биоресурсов и среды их обитания от планируемой деятельности и в результате нарушения законодательства о рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов.

Целью настоящей статьи является определение биологических показателей и анализ состояния запасов преобладающих промысловых видов рыб канала имени Москвы в 2023 г.

Данное сообщение дополняет работу предыдущего года результатами по оценке численности карповых видов рыб водохранилищ канала имени Москвы и данными о любительском рыболовстве в 2023 г. Представлены среднесезонные показатели численности и биомассы основных видов водных биологических ресурсов, а также показатели рыбопродуктивности исследуемых водоемов.

Материал и методы

Сбор ихтиологического материала на водохранилищах канала имени Москвы проводили с апреля по сентябрь 2023 г. в рамках выполнения мониторинговых исследований водных биологических ресурсов. Станции сетепостановок охватывали всю акваторию водохранилищ и включали точки, расположенные как на глубоководных, так и на мелководных участках водохранилищ (рисунки 1, 2).

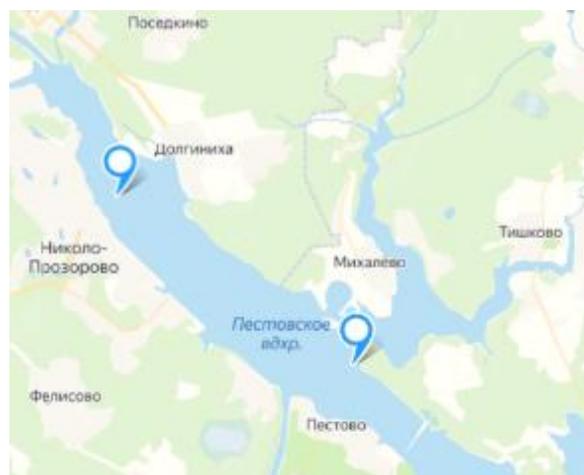
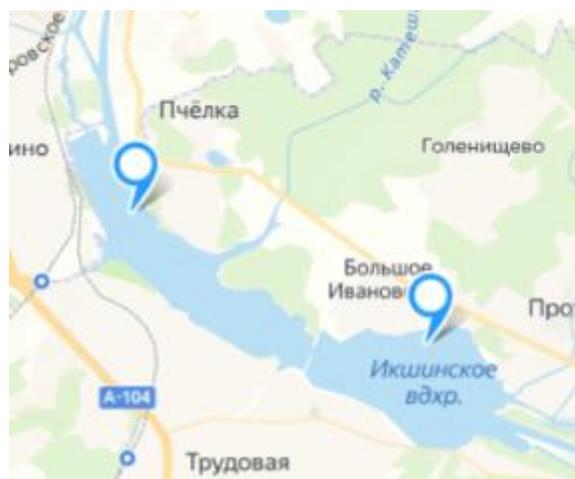


Рис. 1. Станции сетепостановок на Икшинском и Пестовском водохранилищах

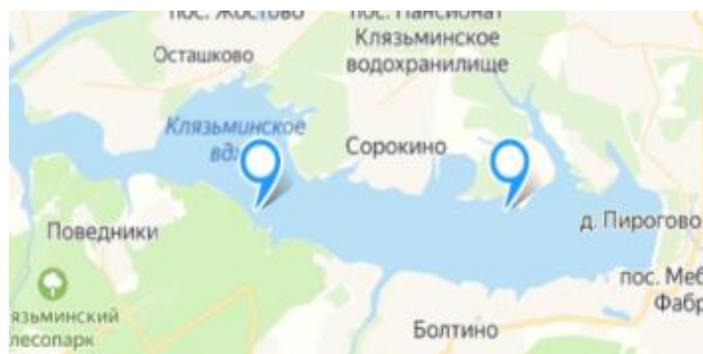
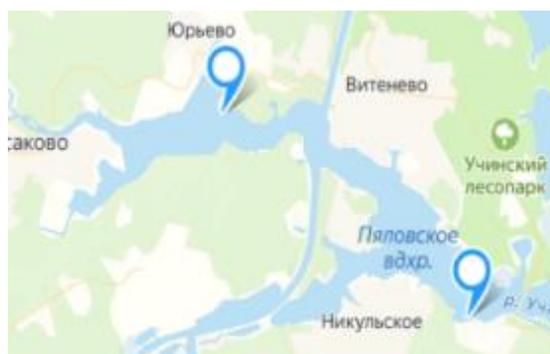


Рис. 2. Станции сетепостановок на Пяловском и Клязьминском водохранилищах

При проведении мониторинговых исследований в научных целях было выполнено 12 сетепостановок. Использовали наборы ставных сетей с шагом ячеи от 30 до 70 мм и длиной 30 м. Улов на усилие рассчитывали для стандартной сети длиной 30 м, выставленной на 12 часов (½ суток).

Обработку собранного ихтиологического материала осуществляли в соответствии с методическими руководствами, используемыми в ихтиологии при изучении рыб [6, 7]. Систематическое положение видов приведено в соответствии с классификацией Решетникова Ю.С. [8].

При проведении съёмок на водохранилищах канала имени Москвы был выполнен полный биологический анализ 12 видов рыб. Объем собранного ихтиологического материала представлен в таблице 2.

Таблица 2

Объем собранного ихтиологического материала на водохранилищах канала имени Москвы

Водохранилище	Полный биологический анализ, экз.	Количество видов
Икшинское	258	8
Пестовское	192	7
Пяловское	122	6
Клязьминское	142	10
Всего	714	12

Для расчёта численности промыслового запаса рыб были использованы «немодельные» методы прямого учёта [9]. Расчет доли допустимого изъятия (РВ) из промысловой ихтиомассы водных биоресурсов проводили по рекомендациям Е.М. Малкина [10] с учетом возраста наступления массовой половозрелости рыб. При определении упитанности рыб использовали формулу Фультона [11].

Для изучения уловов рыбаков-любителей были выполнены визуальные наблюдения за интенсивностью лова, непосредственный учет рыбаков-любителей, анкетный опрос, в результате которых установлены: применяемые орудия лова, продолжительность лова, средний вес улова, биологические характеристики рыб из уловов [12].

Результаты и обсуждения

На водохранилищах канала имени Москвы в настоящее время отсутствует промышленное рыболовство. Осуществляется только рыболовство в научно-исследовательских и контрольных целях и любительское рыболовство.

По численности в сетных уловах преобладали рыбы семейства карповых (Cyprinidae), составившие 88,4% от общей численности рыб. Было обследовано 7 видов. На втором месте представители окуневых (Percidae) 3 вида – 11,1%, и менее 1 % составили представители сомовых (Siluridae) и щуковых (Esocidae) – по 1 виду. Преобладающими видами рыб водохранилищ канала имени Москвы, которые обнаружены в сетных уловах являются: плотва *Rutilus rutilus*, лещ *Abramis brama*, речной окунь *Perca fluviatilis*, густера *Blicca bjoerkna*, обыкновенный судак *Sander lucioperca*, обыкновенный сом *Silurus glanis*, реже встречаются – обыкновенный ёрш *Gymnocephalus cernuus*, обыкновенная щука *Esox lucius*, серебряный карась *Carassius auratus*, язь *Leuciscus idus*, обыкновенный жерех *Aspius aspius* и краснопёрка *Scardinius erythrophthalmus*. Количество обследованных рыб представлено на рисунке 3.

Рыбное население водохранилищ канала имени Москвы имеет схожую видовую структуру. Это может быть обусловлено тем, что водохранилища соединены между собой каналом и отсутствуют препятствия для миграций рыб (рисунок 3).

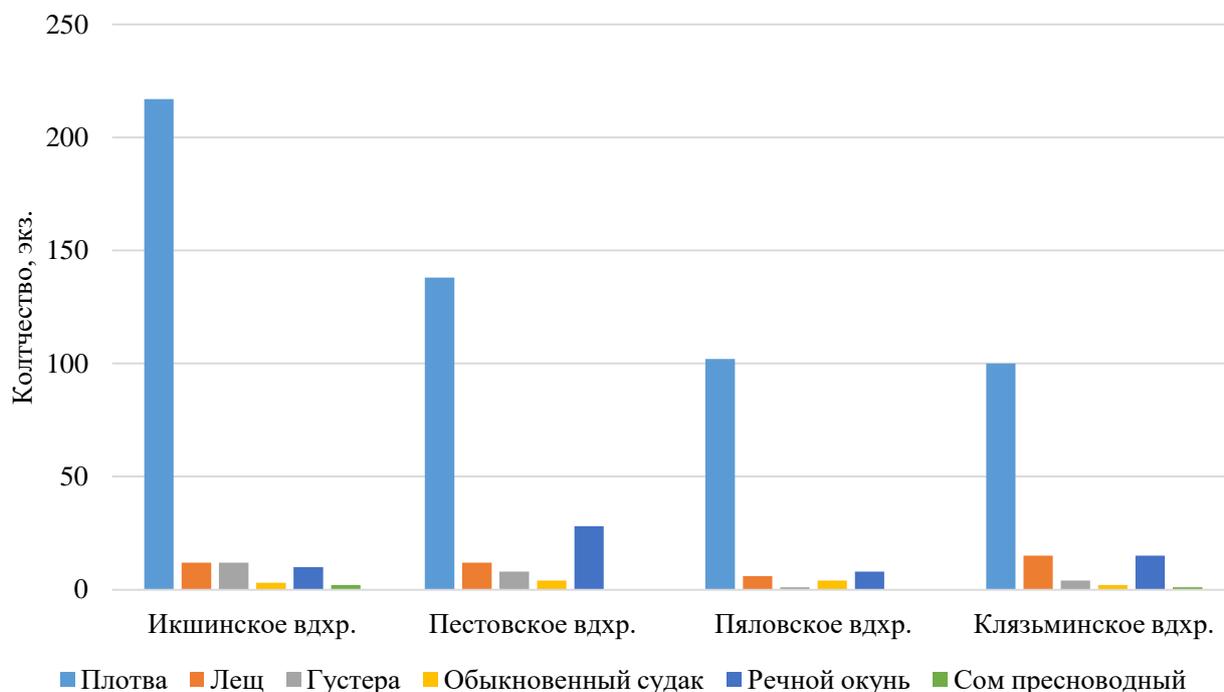


Рис. 3 Количество (экз.) обследованных водных биоресурсов водохранилищ канала имени Москвы, 2023 г.

Одним из многочисленных видов водных биоресурсов, обитающих в исследуемых водоемах, является плотва (рисунок 3).

Плотва – самый массовый вид в Икшинском (59,6% от запаса), Пестовском (59,4%), Пяловском (73,4%) и Клязьминском (60%) водохранилищах. В научных уловах присутствовали рыбы в возрасте 3+ – 7+.

Длина тела плотвы варьировала от 15,0 до 31,0 см, средний размер составил 21,2 см. Масса тела находилась в пределах от 76 до 724 г, средняя масса составила 237,3 г. По численности преобладали рыбы в возрасте 4+ (39%). В уловах самок было в 10 раз больше самцов (1 : 0,1). Коэффициент упитанности особей колебался в пределах от 1,3 до 4,0.

Улов на усилие составил 2,13 кг/сетепостановку. Промысловый запас плотвы по результатам научно-исследовательских съемок в 2023 г. рассчитан в объеме 304,8 т.

Лещ. В научно-исследовательских уловах возрастной состав леща представлен особями от 2+ до 7+ лет, по численности преобладали рыбы возраста 5+ лет, составившие 20% от общего вылова. В наших исследованиях лещ встречался с длиной тела от 15 до 37,7 см, средний размер особей – 24,7 см. Масса тела колебалась от 70 до 1168 г., средняя масса – 413 г. В уловах встречалось больше самок (1 : 0,3). Коэффициент упитанности особей был в интервале от 1,2 до 2,6.

Улов на усилие составил 0,53 кг/сетепостановку. Промысловый запас леща в водохранилищах канала имени Москвы, в 2023 г. равен 63,8 т.

Густера. По результатам исследований, проведенных нами в 2023 году, возрастной состав густеры был представлен особями от 3+ до 7+ лет, по численности преобладали рыбы в возрасте 4+ (составившие 40%). В научно-исследовательских уловах густера встречалась с длиной тела от 17,7 до 28,6 см, средний размер – 22,5 см. Масса тела колебалась от 142 до 610 г, средняя масса – 322 г. В уловах значительно преобладали самки (1 : 0,05). Коэффициент упитанности особей находился в пределах от 2,3 до 3,0.

Улов на усилие составил 0,09 кг/сетепостановку. Биомасса густеры в 2023 г. в водохранилищах канала имени Москвы составила около 13,1 т.

В Клязьминском водохранилище в контрольных уловах единичными экземплярами были представлены: карась в возрасте 4+, длиной 20,8 см, массой 354 г, биомасса карася в 2023 г. оценена в 1,0 т; жерех в возрасте 2+, длиной 24,5 см, весом 198 г, биомасса жерева рассчитана в 2023 г. в объеме 0,6 т; красноперка – возраста 3+, длиной 15,6 см, весом 90 г, биомасса красноперки в 2023 г. оценена в 0,3 т; в Пестовском водохранилище была поймана 1 особь язя (половозрелая самка) в возрасте 7+ лет, длиной 38 см, весом 1210 г, рассчитана биомасса в объеме 2,1 т.

Исследования по оценке влияния любительского рыболовства на водные биоресурсы водохранилищ канала имени Москвы показали, что в зимний период рыбаки-любители осуществляли лов с помощью жерлицы, донной удочки, мормышки. Используемая подкормка – мотыль, приманка – живец. Средняя продолжительность лова в сутки составила 5-8 часов. В уловах преобладали речной окунь, плотва.

В весенне-летний период продолжительность рыбалки была 8-11 часов. Лов осуществляли на поплавочную удочку. В уловах преобладали речной окунь, плотва. Прикормка растительного происхождения, приманка – червь.

В осенне-зимний период средняя продолжительность лова 5-8 часов. В уловах преобладали лещ, речной окунь и щука. Для лова использовали живцовую снасть, для приманки – живец.

Промысловый запас доминантных видов водных биоресурсов водохранилищ канала имени Москвы в 2023 г. рассчитан по сетным уловам в объеме около 490 т (рисунок 4).

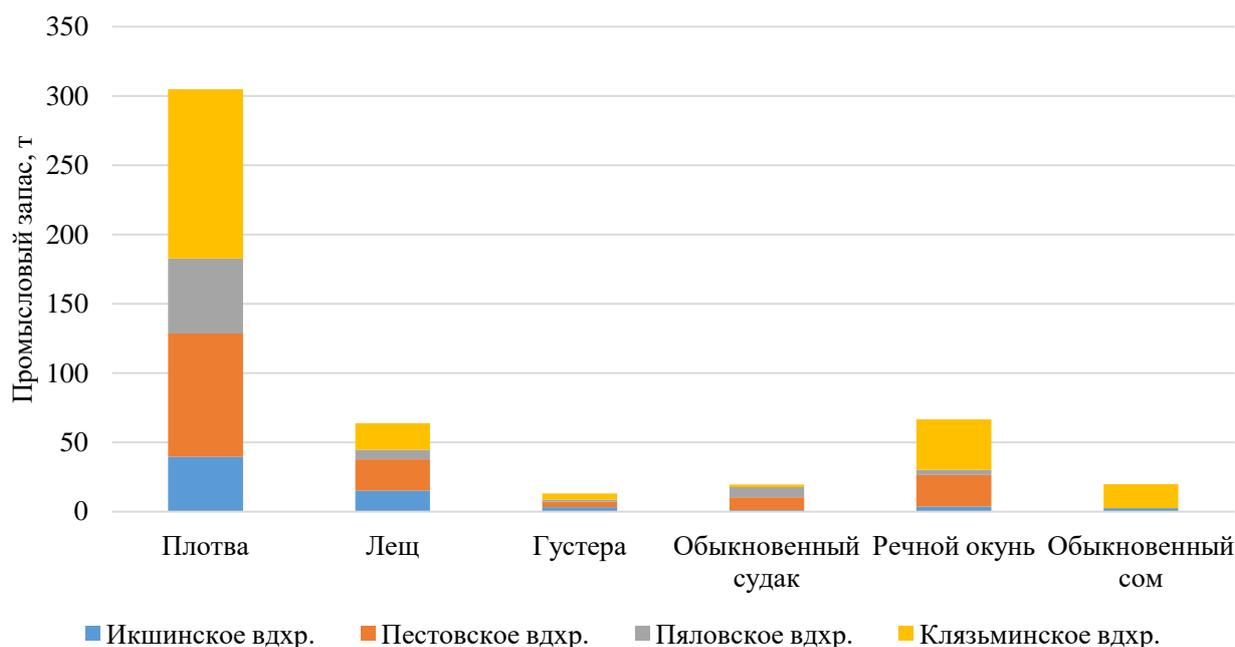


Рис. 4 Промысловый запас (т) водных биоресурсов водохранилищ канала имени Москвы, 2023 г.

На основании наших исследований были рассчитаны среднемноголетние показатели рыбопродуктивности для Икшинского водохранилища – 100,4 кг/га, Пестовского – 83,6 кг/га, Пяловского – 104,3 кг/га, Клязьминского – 140,4 кг/га.

Объемы вылова рыбаками-любителями в 2023 г. составили: в Икшинском водохранилище – 5,5 т, Пестовском водохранилище – 5,7 т, Пяловском водохранилище – 6,2 т, Клязьминском водохранилище – 5,4 т, что суммарно составляет 15,3% от объемов рекомендованного вылова, рассчитанных для данных водохранилищ. Исследования влияния любительского рыболовства на запасы водных биоресурсов показали, что освоение объемов рекомендованного вылова по сравнению с 2020-2021 гг. [5] увеличилось.

Выводы

Исследования показали, что в водохранилищах канала имени Москвы доминировали рыбы семейства карповых, одним из многочисленных видов водных биоресурсов являлась плотва (63%), запас преобладающих видов водных биологических ресурсов водохранилищ составляет 490 т.

На исследуемых водоемах осуществляется только рыболовство в научно-исследовательских целях и любительское рыболовство. В связи с тем, что рыбаками-любителями запасы осваиваются в среднем на 15,3% от рекомендованного вылова, считаем целесообразным развитие промышленного рыболовства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков, А. Д. Современный состав ихтиофауны водохранилищ Москворецкой водной системы и водораздельного бьефа канала имени Москвы / А. Д. Быков, Ю. А. Митенков // Труды ВНИРО. – 2020. – Т. 182. – С. 74-91.
2. Кондуков, С. А. Эколого-фаунистический анализ рыбного сообщества Икшинского водохранилища канала имени Москвы / С. А. Кондуков // Актуальные проблемы и перспективы рыболовства, аквакультуры и экологического мониторинга водных экосистем РФ: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Махачкала, 30 марта 2022 года. – Махачкала: ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 2022. – С. 149-156.
3. Вундцеттель, М. Ф. Ихтиофауна малых рек и водоемов северного Подмосковья (эколого-фаунистический очерк) / М. Ф. Вундцеттель // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 7-14.
4. Особенности паразитофауны карповых и окуневых рыб в водохранилищах канала им. Москвы / Н. Н. Романова, Н. А. Головина, А. А. Вишгорская, П. П. Головин // Российский паразитологический журнал. – 2021. – Т. 15, № 3. – С. 32-47.
5. Анализ объема вылова рыбаками-любителями на водохранилищах канал имени Москвы / З. Н. Родимова, Н. Н. Клец, В. Ю. Жарикова, А. И. Никитенко // Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития: I Международная научно-практическая конференция, Москва, 28-29 марта 2023 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2023. – С. 239-243.
6. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
7. Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Изд. АН СССР, 1959. – 163 с.
8. Рыбы в заповедниках России: [в 2 т.] / Под ред. Ю.С. Решетникова. Т 1. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. – 627 с.
9. Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И., Васильев Д.А., Ильин О.И., Ковалев Ю.А., Михайлов А.И., Михеев А.А., Петухова Н.Г., Сафаралиев И.А., Четыркин А.А., Шереметьев А.Д. 2018. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. – М.: ВНИРО. – 312 с.
10. Малкин Е.М. Принцип регулирования промысла на основе концепции репродуктивной изменчивости популяций // Вопросы ихтиологии. 1995. – Т. 35. №4. С. 537-540.
11. Fulton T. Rate of growth of sea fishes // Fish Scotl. Sci Invest. Rep. V.20. 1902. P. 146-173.
12. Методические указания по изучению влияния любительского рыболовства на состояние рыбных запасов внутренних водоемов. / Под ред. Ю.И. Никанорова. – М.: Изд-во ГосНИОРХ, 1979. – 19 с.

BIOLOGICAL INDICATORS AND FISH STOCK OF THE FAMILY CYPRINIDAE (CYPRINIDAE) RESERVOIRS OF THE MOSCOW CANAL

¹Klets Natali Nikolaevna, Deputy Head of the Laboratory of Aquatic Bioresources

²Rodimova Zarifa Navehanovna, Leading Specialist of the Laboratory of Aquatic Bioresources

³Zharikova Valentina Yurievna, PhD in Agricultural Sciences, Head of Research; Associate Professor, Department of Aquaculture and Ecology

⁴Goryachev Dmitry Vladimirovich, Head of the Laboratory of Aquatic Bioresources

⁵Zingis Igor Vitalievich, Specialist of the Laboratory of Aquatic Bioresources

⁶Nazarov Alexey Sergeevich, Specialist of the Laboratory of Aquatic Bioresources

⁷Nikitenko Alexey Ivanovich, Head of the Hydrobiology Group

^{1,2,3,4,5,6,7}Branch for Freshwater Fisheries of the Federal State Budgetary Scientific Institution "VNIRO" ("VNIIPRH"), Russia, Moscow region, pos. Rybnoe, e-mail: 6320236@mail.ru

³Dmitrovsky Fishery Technological Institute (branch) Astrakhan State Technical University (DRTI AGTU) Russia, Moscow region, pos. Rybnoe

This study is necessary to acquire knowledge regarding the biological indicators and the stock status of fish populations inhabiting the Moscow Canal reservoirs in order to develop recommendations for the sustainable exploitation and conservation of aquatic biological resources.

The objective of this study is to assess the biological indicators and analyze the stock status of key commercial fish species in the Moscow Canal in 2023.

*A 2023 survey of the fish community revealed that the ichthyofauna of the Moscow Canal reservoirs comprises four families: Cyprinidae, Percidae, Siluridae, and Esocidae. Size-at-age, weight characteristics, and commercial stock estimates were determined for the most abundant species. Roach (*Rutilus rutilus*) was identified as the dominant species. The volume of aquatic biological resources harvested by recreational anglers in 2023 increased compared to 2020-2021, reaching a total of 15.3% of the recommended catch volume calculated for the studied reservoirs.*

ИХТИОПЛАНКТОН ЧЕРНОГО МОРЯ У КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В ПЕРИОД ОСЕННЕГО МЕЖСЕЗОНЬЯ В 2016–2023 ГГ.

¹Климова Татьяна Николаевна, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник

²Вдодович Ирина Вячеславовна, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник

³Забродин Дмитрий Александрович, ведущий инженер

⁴Петрова Татьяна Николаевна, аспирант

^{1,2,3,4}Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, Россия,
e-mail: ¹tnklim@mail.ru

Отмечено расширение видового разнообразия ихтиопланктона в районе Крымского полуострова в период осеннего межсезонья 2016–2023 гг. за счет тепловодных видов рыб и умеренноводных средиземноморских вселенцев. Идентифицированы 25 видов икры и личинок рыб (7 видов умеренноводных и 19 – тепловодных). Межгодовые изменения численности и структуры видового состава ихтиопланктона происходили в соответствии с особенностями температурного режима в период съемки. Коэффициент корреляции численности икры с температурой поверхности моря составлял + 0,981, а личинок – + 0,955.

1.1. Введение

Сроки нерестовых сезонов рыб тепловодного и умеренноводного комплексов в морях умеренного пояса Атлантического и Тихого океанов, к каковым относится и Черном море, имели четкие сезонные различия. Потепление климата уже к началу 2000-х годов привело к пространственно-временным сдвигам ареала обитания и нереста природных популяций как тепловодного, так и умеренноводного комплексов, отмечено одновременное присутствие личинок умеренноводных и тепловодных рыб в период межсезонья, снижение размерно-массовых характеристик личинок рыб из-за изменения сроков эмбрионального и постэмбрионального развития в связи с повышением температуры поверхности моря [1-6]. Обычно с началом осеннего гидрологического сезона (сентябрь-октябрь) происходит перестройка системы поверхностных течений от летнего типа циркуляции к зимнему, наблюдается резкий перепад температуры поверхности моря, нерест тепловодных видов рыб прекращается и начинается нерест умеренноводных рыб [7]. Климатические изменения, наблюдающиеся с середины 1990-х гг. привели к изменениям в системе циркуляции поверхностных вод. Активное меандрирование струи Основного Черноморского Течения в летний гидрологический сезон вдоль континентального склона способствует сохранению летних квазистационарных синоптических образований у Крымского полуострова вплоть до осеннего гидрологического сезона. В результате наблюдается запаздывание перехода летнего гидрологического сезона к осеннему, благодаря сохранению основных синоптических образований характерных для летнего гидрологического сезона, в октябре отмечается высокая температура поверхности моря [8-10].

В данной работе проведен анализ состояния ихтиопланктонного комплекса у Крымского полуострова за пятилетний период в 2016, 2019, 2020, 2022 и 2023 гг. Целью исследования было изучение динамики видового разнообразия и численности ихтиопланктона в период осеннего межсезонья в связи с особенностями гидрологического режима Черного моря у Крымского полуострова.

1.2. Материал и методика

Ихтиопланктон собирали в шельфовых и глубоководных районах Чёрного моря у Крымского полуострова в 5 рейсах НИС «Профессор Водяницкий» октябре 2016 г. (89 рейс), 2019 г. (110 рейс), 2020 г. (114 рейс), 2022 г. (124 рейс) и 2023 г. (129 рейс). Отбор проб производили с борта судна обратноконической сетью БР-80/113, конической сетью ИКС-80 с диаметром входного отверстия

0,8 см и сетью Hensen с диаметром входного отверстия 0,7 см. Ячея ситного конуса у всех, использованных планктонных сетей составляла 400 мкм. Пробы собирали в режиме вертикальных ловов от дна до поверхности моря в области мелководного шельфа и от нижней границы кислородной зоны ($\sigma_t = 16.2$ – по данным зонда “Sea-Bird’s STD plus”) до поверхности моря на глубоководных станциях. Пробы фиксировались 4% раствором формальдегида и обрабатывались в стационарных условиях в течение месяца после сбора. Весь ихтиопланктон определен до вида [7,12]. Индексы видового разнообразия рассчитаны по [13-16].

1.3. Результаты исследований

В октябре месяце в период с 2016 по 2023 гг. в районе Крымского полуострова в ихтиопланктоне были идентифицированы 25 видов икры и личинок рыб (7 видов умеренноводных и 19 – тепловодных). Наибольшее количество видов (15) было отмечено в октябре 2016 и 2022 гг., а наименьшее (8) – в 2023 г. Средняя численность икры колебалась от 1,11 экз./м² в 2019 г. до 5,6 экз./м² в 2020 г., а личинок – от 0,66 экз./м² в 2023 г. до 6,6 экз./м² в 2020 г.

Пространственное распределение ихтиопланктона представлено на рис. 1.

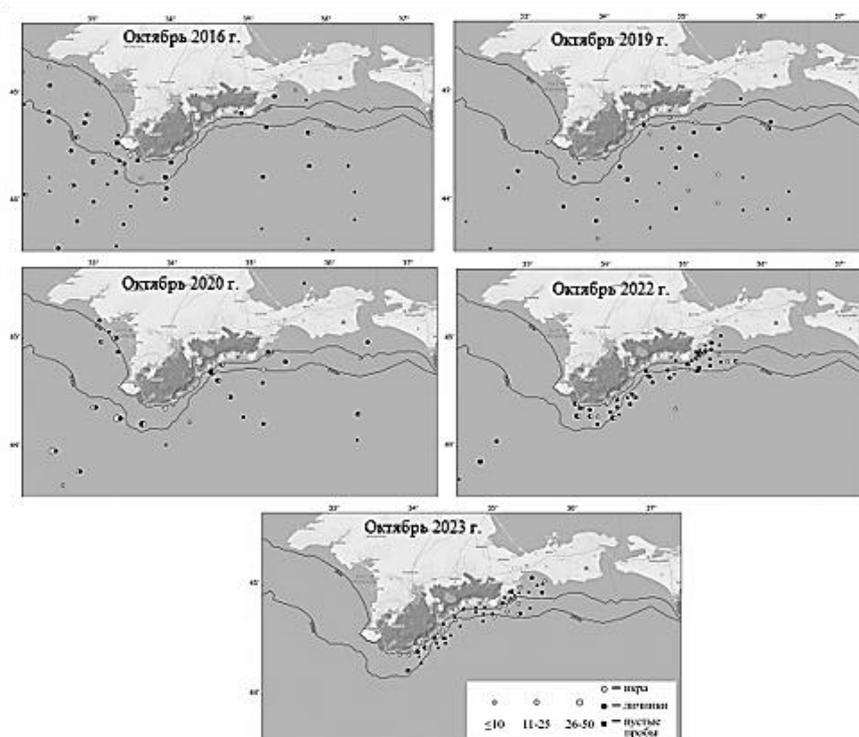


Рис. 1. Пространственное распределение икры и личинок рыб в октябре 2016, 2019, 2020, 2022 и 2023 гг. у Крымского полуострова

В 2016 г. ихтиопланктонные исследования выполнялись с 30 сентября по 19 октября на траверзе Крымского полуострова в юго-западном секторе от м. Тарханкут до г. Алушка и в восточном секторе от м. Меганом до Керченского пролива [10] (рис. 1). Период ихтиопланктонной съемки соответствовал начальной фазе осеннего гидрологического сезона. Температура поверхности воды колебалась от 21 до 16,5°C и в среднем составляла 19,5°C. В ихтиопланктоне были идентифицированы 15 видов икры и личинок рыб (6 видов умеренноводных и 9 тепловодных). Средняя численность икры составляла 2,92, а личинок – 3,56 экз./м². В пробах доминировали икра умеренноводных видов (72%) и личинки тепловодных видов (78%). Среди икры преобладали шпрот *Sprattus sprattus* (42,5%) и мерланг *Merlangius merlangus* (20,5%). Доля личинок умеренноводных видов рыб составляла 22%, кроме шпрота, они были представлены личинками мерланга и французской тресочкой *Trisopterus luscus* [4] из сем. Gadidae, а также морским налимом *Gaidropsarus mediterraneus* и средиземноморской щукой *Molva macrophthalma* [4, 17] из сем. Lotidae. Среди личинок тепловодных видов рыб преобладали хамса *Engraulis encrasicolus* (39,4%) и морская пелагическая игла *Syngnathus schmidti* (28,1%), личинки четырех видов из сем. Gobiidae в сумме составляли 7,1%, а остальные виды встречались единично (табл.).

**Структура (%) видового состава икры (числитель) и личинок (знаменатель)
у Крымского полуострова в октябре 2016, 2019, 2020, 2022, 2023 гг.**

Таксономический состав	30/IX-19/X 2016 г.	04-10/X 2019 г.	01-08/X 2020 г.	02-19/X 2022 г.	06-24/X 2023 г.
Умеренноводные виды					
Family: Clupeidae <i>Sprattus sprattus</i> (Linnaeus, 1758)	42,5 0,8	71,2 0	19,6 0	51,7 1,2	17,6 0
Family: Lotidae <i>Gaidropsarus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)	4,5 0,8	10,8 0	-	12,0 1,2	23,1 0
<i>Molva macrophthalma</i> Rafinesque, 1810	0 0,8	-	-	-	-
Family: Gadidae Merlangius merlangus (Linnaeus, 1758)	20,5 5,3	18,0 4,0	5,4 0	17,5 2,7	53,3 0
<i>Trisopterus luscus</i> (Linnaeus 1758)	4,5 10,7	0 23,7	0 1,5	0 13,3	-
<i>Trisopterus minutus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	0 21,2
<i>Gadidae</i> sp.	0 3,6	0 4,0	-	-	-
Тепловодные виды					
Family: Engraulididae <i>Engraulis encrasicolus</i> Linnaeus, 1758	27,0 39,4	0 7,9	73,2 86,5	14,5 38,1	6,0 45,5
Family: Ophidiidae <i>Ophidion rochei</i> Muller, 1845	-	-	-	0 1,2	-
Family: Syngnathidae <i>Syngnathus schmidti</i> Popov, 1927	0 28,1	0 37,6	0 1,5	0 20,4	-
Family: Gobiesocidae <i>Diplecogaster bimaculata</i> (Bonnaterre, 1788)	-	-	-	-	0 6,1
Family: Mugilidae <i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	1,0 1,8	-	1,8 0	-	-
<i>Chelon saliens</i> (Risso, 1810)	-	-	-	1,3 3,9	-
Family: Callionymidae <i>Callionymus</i> sp.	-	0 3,0	-	0 3,9	-
Family: Scorpaenidae <i>Scorpaena porcus</i> Linnaeus, 1758	0 0,8	-	-	-	-
Family: Gobiidae <i>Pomatoschistus marmoratus</i> (Risso, 1810)	0 0,8	0 15,8	0 4,5	0 3,9	0 15,1
<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas, 1770)	0 3,7	-	-	0 3,9	-
<i>Pomatoschistus pictus</i> Malm, 1865	0 1,8	-	0 1,5	-	0 12,1
<i>Gobius bucchichi</i> Steindachner 1870	-	-	-	0 1,2	-
<i>Knipowitschia longicaudata</i> (Berg, 1916)	-	-	-	0 3,9	-
<i>Gobius</i> sp.	0 0,8	0 4,0	-	-	-
Family: Carangidae					

Таксономический состав	30/IX-19/X 2016 г.	04-10/X 2019 г.	01-08/X 2020 г.	02-19/X 2022 г.	06-24/X 2023 г.
<i>Trachurus mediterraneus</i> Steindachner, 1868	-	-	0 1,5	-	-
Family: Sparidae <i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	0 1,5	-	-
Family: Trachinidae <i>Trachinus draco</i> Linnaeus, 1758	-	-	0 1,5	0 1,2	-
Family: Uranoscopidae <i>Uranoscopus scaber</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	3,0 0	-
Family: Bothidae <i>Arnoglossus kessleri</i> Schmidt, 1915	0 0,8	-	-	-	-
Всего, экз./м²	2,92 3,56	1,11 1,01	5,6 6,6	2,34 2,55	1,82 0,66
Стандартное отклонение	5,05 5,14	1,97 1,48	6,94 9,07	3,71 3,82	3,10 1,33
Количество видов	6 15	3 8	4 8	6 14	4 5
	15	10	11	15	8

Индексы разнообразия были сопоставимы с таковыми, в октябре 2005 г. в западном секторе Черного моря, когда в ихтиопланктоне были идентифицированы всего 11 видов икры и личинок рыб [11] (рис.2).

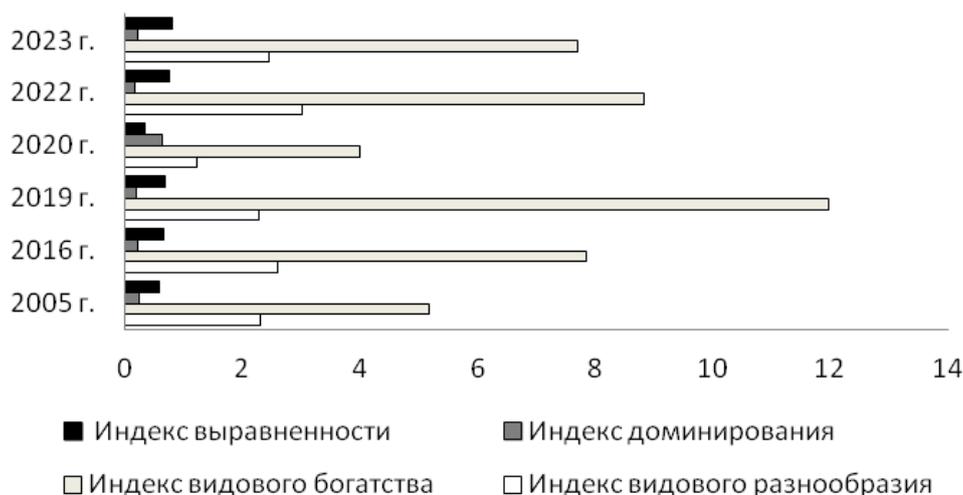


Рис. 1. Индексы разнообразия ихтиопланктона в октябре 2005-2023 гг.

Благодаря большому количеству видов в ихтиопланктоне октября 2016 г. и отсутствию выраженного доминирования отдельных видов (индекс доминирования 0,23), были получены сравнительно высокие показатели индексов видового разнообразия (2,8) и выравненности (0,67) (рис. 2).

В 2019 г. ихтиопланктон собирали в районе Крымского полуострова с 4 по 15 октября на траверзе Крымского полуострова от м. Херсонес до Керченского полуострова (рис.1). Температура воды в море колебалась в пределах 15,6 – 20,4°C, в среднем составляя 18,4°C. Структура видового состава была типичной для осеннего межсезонья и вполне сопоставима с данными октября 2016 г., однако было отмечено снижение как количества видов, так и численности ихтиопланктона [10]. Были идентифицированы всего 10 видов икры и личинок рыб (5 видов умеренноводных и 5 тепловодных). Средняя численность икры составляла 1,11, а личинок 1,01 экз./м². Икра была представлена тремя умеренноводными видами: шпротом, мерлангом и налимом. Личинки умеренноводных (три вида из сем. Gadidae) в сумме составляли 31,7%, среди них преобладала (23,7%) французская тресочка (табл.). Доминировали в пробах пять видов личинок тепловодных рыб (68,3%), преобладали пелагическая игла *Syngnathus schmidtii* (37,6%) и два вида морских бычков (19,8%) (Табл.). Отсутствие выраженного доминирования (индекс доминирования 0,21) способствовало получению

сравнительно высоких индексов разнообразия: индекс видового разнообразия составлял 2,29, видового богатства – 11,98, выравненности – 0,69 (рис. 2).

В 2020 г. ихтиопланктон собирали с 1 по 8 октября от Каламитского залива до мыса Меганом. Температура поверхности воды в море колебалась от 23,4 до 21,5°C и в среднем составляла 22,5°C, что соответствовало летнему гидрологическому сезону. В пробах были идентифицированы 11 видов икры и личинок рыб (3 вида умеренноводных и 8 тепловодных) (табл.). По сравнению с октябрём 2019 г. средняя численность икры и личинок возросла почти вдвое и составляла икры 5,6 и 6,6 экз./м² соответственно. В ихтиопланктоне было столько же видов, как и в октябре 2005 г. [16], однако структура видового состава соответствовала не осеннему, а летнему гидрологическому сезону. В пробах доминировали икра и личинки тепловодных видов составляя 75,0 и 98,5% соответственно (табл.). Икра хамсы доминировала в пробах, составляя 73,2%, ее максимальная численность (18 экз./м²) наблюдалась в Каламитском заливе над глубиной 30 м. Несмотря на сравнительно высокую долю мертвой икры в пробах (61%) нерест был результативен, что подтверждалось преобладанием (свыше 60%) личинок младшей возрастной группы на желточном типе питания. Личинки хамсы доминировали в пробах составляя 86,5%, их максимальная численность (34 экз./м²) наблюдалась на траверзе Гурзуфа над глубиной 75 м. Личинки двух видов бычков составляли 6%. Икра и личинки остальных тепловодных видов рыб встречались единично. Доля икры умеренноводных шпрота и мерланга в сумме составляла всего 25%. Преобладала икра шпрота (19,6%), доля мертвой икры у него не превышала 38%, однако личинки в пробах отсутствовали. Мерланг был представлен только единичными мертвыми икринками (табл.). Единственная личинка умеренноводной французской тресочки была поймана у мыса Меганом над глубиной 72 м. В октябре 2020 г. структура видового состава ихтиопланктонного комплекса Черного моря в районе Крымского полуострова соответствовала таковой в разгар летнего нерестового сезона (конец июля-август), когда в ихтиопланктоне доминирует массовый промысловый вид – хамса [7]. Доминирование хамсы (индекс доминирования 0,65) привело к снижению индексов разнообразия ихтиопланктона. Индексы видового разнообразия и выравненности по сравнению с октябрём 2016 г. снизились вдвое и составили всего 1,23 и 0,35 соответственно (рис. 1).

С 2 по 19 октября 2022 г. ихтиопланктон собирали у Крымского полуострова от бухты Ласпи до Керченского полуострова (рис. 1). В период исследований температура воды у поверхности моря колебалась от 21,3 до 18,6°C и в среднем составляла 19,8°C. В ихтиопланктоне были идентифицированы 15 видов икры и личинок рыб из 11 семейств (4 вида умеренноводных и 11 видов тепловодных рыб) (табл.). Средняя численность икры составляла 2,34, а личинок 2,55 экз./м². Несмотря на сравнительно высокую температуру поверхности моря, структура видового состава была типичной для осеннего межсезонья. В пробах доминировала икра трех умеренноводных видов (шпрот, мерланг и морской налим), составляя 81,2% от общей численности, их нерест был результативен, однако, доля их личинок не превышала 5%. Среди личинок умеренноводных видов рыб преобладала французская тресочка чья доля в общей численности личинок составляла 13,3%. Температура поверхности воды в море была все еще благоприятной для ихтиопланктона тепловодного комплекса. Личинки тепловодных видов доминировали в пробах, составляя 81,6%, среди них преобладали хамса, (38,1%) и пелагическая игла (20,4%). Личинки 4-х видов семейства Gobiidae в сумме составляли 13%. Икра и личинки остальных видов рыб встречались единично (табл. 1). Видовой состав и численность ихтиопланктона в октябре 2022 г. были сопоставимы с данными первой декады октября 2016 г., когда в пробах были также идентифицированы 15 видов икры и личинок рыб [10]. Снижение численности икры хамсы в пробах способствовало низкому индексу доминирования в ихтиопланктоне (0,17), в результате показатели индексов видового разнообразия и выравненности составляли 3,03 и 0,77 соответственно, а индекс видового богатства – 8,82 (рис. 2).

В 2023 г. ихтиопланктон собрали с 6 по 24 октября в том же районе исследований, что и в 2022 г. (рис.1) Температура поверхности моря была на один градус ниже, чем в 2022 г. и колебалась от 21,6 до 16,3°C, в среднем составляя 18,8°C. Ихтиопланктон был представлен икрой и личинками 8 видов рыб из 6 семейств (4 вида тепловодных и 4 умеренноводных). Средняя численность икры составляла 1,82, а личинок – 0,66 экз./м². Доминировала икра трех умеренноводных видов, составляя 94%. Преобладала икра мерланга (53%) и налима (23,1%), а доля шпрота не превышала 17,6%. Нерест всех трех видов был безрезультативен. Тепловодные виды были представлены только икрой

хамсы, которая уже завершала свой нерест, доля ее икры в пробах составляла всего 6%. Среди личинок доминировали тепловодные виды рыб, в сумме составляя 78,8%. Преобладали личинки хамсы (45,5%), три вида личинок из демерсальной икры сем. Gobiidae и Gobiesocidae в сумме составляли 33,3%. Личинки умеренноводных видов представлены только тресочкой малой *Trisopterus minutus* из сем. Gadidae, чья доля в общей численности личинок составляла 21,2% (табл.). Ранее данный вид трески в ихтиопланктоне района Крымского полуострова не был отмечен. Резкое снижение температуры поверхности воды в море с 21,6 до 16,3°C, по-видимому, послужило причиной снижения количества тепловодных видов в пробах до 4, при этом средняя численность их икры и личинок снизилась в четыре раза. Несмотря на минимальное по сравнению с остальными октябрьскими рейсами количество видов в ихтиопланктоне, индексы разнообразия были вполне сопоставимы с таковыми в 2016 и 2019 гг. Индекс доминирования составлял 0,23, видового богатства – 7,71, видового разнообразия – 2,45, а индекс выравненности – 0,82 (рис. 2).

1.4. Обсуждение

Во второй половине XX в. районе Крымского полуострова нерест большинства тепловодных видов заканчивался в первой половине сентября [7]. В октябре, когда среднемесячная температура поверхности моря падала ниже 17°C икра рыб была представлена только единичными экземплярами тепловодного морского дракона – *Trachinus draco* и умеренноводных – шпрота, мерланга и морского налима. Личинки тепловодных видов рыб в октябре встречались единичными экземплярами только старших возрастных групп [7]. В первой декаде октября 2004 г. у Крымского полуострова в прибрежной акватории Севастополя над глубиной от 15–70 м, видовой состав ихтиопланктона был еще типичен для осеннего межсезонья. Икра встречалась только единично, причем, нерест был безрезультативен как у тепловодных хамсы, кефали лобана *Chelon auratus* и Sparidae sp., так и умеренноводного морского налима. Была поймана только одна личинка морской собачки *Parablennius zvonimiri*. В октябре 2005 г. в западной части Черного моря с 6 по 14 октября в ихтиопланктоне были отмечены 11 видов икры и личинок рыб (3 умеренноводных и 8 тепловодных видов) [11]. Температуры поверхности моря колебалась в пределах 21,1–14,4°C, в среднем составляя около 19°C. Средняя численность икры составляла 1,77, а личинок 3,27 экз./м². Икра была представлена только обычными холодноводными видами мерлангом, шпротом и налимом. Результативным нерест был только у мерланга. В пробах доминировали личинки тепловодных рыб, составляя 71%. Преобладали личинки хамсы (38%) и пелагической шиповатой иглы (19%), остальные виды встречались единично [11]. У Крымского полуострова наблюдались благоприятные условия для развития теплолюбивого зоопланктона, что подтверждали данные по питанию личинок рыб [11]. Во второй декаде 2000-х гг. наметилась тенденция к увеличению обилия всего рачкового зоопланктона. В октябре 2016 г. численность и биомасса кормового зоопланктона, как на шельфе, так и в глубоководных участках моря у Крымского полуострова были на уровне верхнего предела данных 2005 г., в то же время наблюдалось снижение пресса хищного желетелого макропланктона [10, 11]. Биомасса мелкоразмерных форм кормового зоопланктона повышалась от открытой пелагиали (983 мг/м²) к шельфовым водам (1022 мг/м²). С удалением от берега возрастала доля холодноводных видов. В октябре 2016 г. наблюдался результативный нерест хамсы, ее личинки были представлены всеми размерными группами (желточный тип питания 9%, смешанный – 27% и внешний – 63%). Видовой состав и численность кормового зоопланктона в кишечниках личинок хамсы и пелагической шиповатой иглы свидетельствовали о благоприятных условиях для их выживания [10, 11]. Большинство видов рыб черноморской ихтиофауны имеют многопорционный тип икрометания, что позволяет обеспечить пополнение их поколений при нестабильных условиях нереста [18]. Благоприятные температурные условия и хорошая кормовая база способствуют созреванию очередной порции икры и пролонгированию летнего нерестового сезона тепловодных видов рыб на осеннее межсезонье. Хамса отличается наиболее широким диапазоном оптимальных температур для нереста, а также эмбрионального и постэмбрионального развития. Ее икра и разновозрастные личинки встречались во всех рейсах, выполненных в октябре с 2019 по 2023 гг. Температура поверхности моря колебалась от 21,6 до 16,0°C, а в первой декаде октября 2020 г. – от 23,4 до 21,5°C, что привело к возрастанию численности ихтиопланктона в пробах за счет хамсы. Доля ее икры в 2020 г. составляла 73,2%, а личинок – 86,5%, что было сопоставимо с данными массового нереста в летний нерестовый

сезон в конце июля-августе [7].

С 2016 по 2023 гг. в ихтиопланктоне были отмечены икра и личинки 19 видов тепловодных рыб. Характер распределения численности икры и личинок рыб в октябре 2016, 2019, 2020, 2022 и 2023 гг. соответствовал распределению средних значений температуры поверхности моря в период исследований (рис. 3).

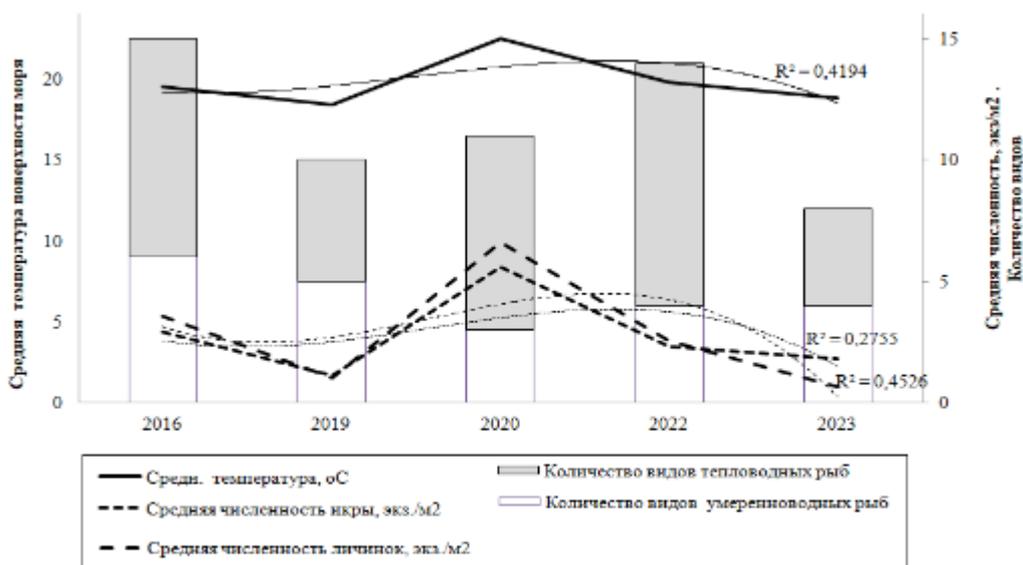


Рис. 3. Колебания количества видов, средней численности (экз./м²) икры и личинок рыб и средних показателей температуры воды в море (°C) в октябре 2016, 2019, 2020, 2022 и 2023 гг.

Количество видов в ихтиопланктоне осеннего межсезонья в последние годы исследований в основном формируется за счет тепловодных видов рыб (рис. 2). Средняя численность икры и личинок рыб в октябре с 2016 по 2023 гг. в наибольшей степени зависела от показателей температуры поверхности моря. Коэффициент корреляции икры со средней температурой поверхности моря составлял +0,9802, а личинок – +0,9552. Количество видов икры умеренноводных видов рыб возрастало с понижением средней температуры поверхности моря, коэффициент корреляции составлял -0,6597. Одновременно происходило снижение количества видов икры тепловодных видов рыб, коэффициент корреляции составлял +0,6606. Зависимость количества видов личинок рыб от температуры поверхности моря была слабее выражена, вероятно, это связано с тем, что старшая возрастная группа, личинок способна как к вертикальным, так и горизонтальным миграциям. Коэффициент корреляции для умеренноводных видов личинок и температурой поверхности моря был отрицательным и составлял -0,3152, а для тепловодных видов – положительным и составлял +0,3171.

Повышение температуры верхнего 100-метрового слоя Черного моря по сравнению с серединой 1990-х гг., наряду с повышением солености [3] оказались благоприятными факторами для миграции умеренноводных рыб из Мраморного моря. В октябре 2016-2023 гг. в ихтиопланктоне были идентифицированы личинки умеренноводных обитателей Средиземного моря: *Molva macrophthalma* из сем. Lotidae, *Trisopterus luscus* и *Trisopterus minutus* из сем. Gadidae [4, 17]. Присутствие личинок в ихтиопланктоне свидетельствует не только о миграции данных видов в Черное море, но и успешной адаптации, размножению и выживанию на ранних стадиях развития в новых условиях обитания. Все три средиземноморские вселенцы также, как и обычные для Черного моря виды шпрот и мерланг, нерестятся круглый год и встречаются в ихтиопланктоне в летний гидрологический сезон под слоем термоклина, а в зимний – во всем кислородном слое моря.

1.5. Заключение

В октябре 2016, 2019, 2020, 2022 и 2023 гг. в ихтиопланктоне Черного моря в открытых водах Крымского полуострова были идентифицированы икра и личинки 25 видов икры и личинок рыб (7 видов умеренноводных и 19 – тепловодных). Если средняя численность ихтиопланктона не превышала средних показателей осеннего межсезонья 1950-1970 гг. и первой декады 2000 гг., то видовой состав

тепловодных и умеренноводных видов возрос более чем вдвое. Потепление верхнего 100-метрового слоя Черного моря и повышение солености, способствуют улучшению кормовой базы планктонных рыб в осеннее межсезонье за счет эвритермных и эвригалинных видов зоопланктона (в том числе средиземноморских вселенцев). Благоприятная температура поверхности моря, снижение пресса хищного желетелого макропланктона и улучшение кормовой базы личинок рыб способствуют пролонгированию результативного нереста тепловодных видов рыб с многопорционным типом созревания икры на осеннее межсезонье. Повышение температуры и солености Черного моря привлекает сюда умеренноводных средиземноморских хищников. В октябре 2016-2023 гг. в ихтиопланктоне были идентифицированы личинки трех средиземноморских вселенцев *Molva macrophthalma* Rafinesque, 1810 из сем. Lotidae, *Trisopterus luscus* (Linnaeus 1758) и *Trisopterus minutus* Linnaeus, 1758 из сем. Gadidae. Наличие разновозрастных личинок, свидетельствует об их успешной адаптации к новым условиям обитания. Увеличение численности ихтиопланктона в октябре происходило, прежде всего, за счет массового тепловодного вида хамсы, у которой наиболее широкий диапазон оптимальных температур для нереста, эмбрионального и постэмбрионального развития.

Работа выполнена по темам: госзадания № 121030100028-0 «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Auth T.D., Daly E.A., Brodeur R.D., Fisher J.L. Phenological and distributional shifts in ichthyoplankton associated with recent warming in the northeast Pacific Ocean // *Global Change Biol.* – 2017. – V. 24. – № 1. – P. 259-272.
2. Turan C., Gürlek M. Climate Change and Biodiversity Effects in Turkish Seas // *Natural and Engineering Sciences.* – 2016. – V. 1. – № 2. – P. 15-24.
3. Белокопытов В.Н. Климатические изменения гидрологического режима Черного моря. автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. – Севастополь, МГИ, 2017. – 42 с.
4. Klimova T., Podrezova P. Seasonal distribution of the Black Sea ichthyoplankton near the Crimean Peninsula // *Regional studies in Marine Science.* – 24 (2018). – P. 260-269.
5. Klimova T., Vdodovich I., Podrezova P. Ichthyoplankton of the shelf and deepwater areas of the north and northeast of the Black Sea in the spring season // *Turk. J. Fish. & Aquat. Sci.* – 2021(5). – P. 255-263.
6. Klimova T. N., Podrezova P. S., Subbotin A. A., Vdodovich I. V., Georgieva E. Yu. Ichthyoplankton of the Black Sea at the Beginning of the Summer Spawning Season 2018 // *Water Resources.* – 2022. – Vol. 49. – iss. 3. – P. 493-502.
7. Дехник Т. В. Ихтиопланктон Черного моря. – Киев: Наук. думка. – 1973. – 234 с.
8. Артамонов Ю. В., Алексеев Д. В., Скрипалева Е. А и др. Особенности сезонной и синоптической изменчивости структуры вод в зоне основного черноморского течения в осенне-зимний период 2016 г. // *Экол. безопасность прибрежной и шельфовой зон моря.* – 2018. – № 1. – С. 32-43.
9. Трощенко О. А., Субботин А. А. Абиотические факторы и условия обитания гидробионтов прибрежн, ой зоны Юго-Восточного Крыма. Гидрологические особенности // *Биология Чёрного моря у берегов Юго-Восточного Крыма / под ред. Н. С. Костенко – Симферополь. ИТ «АРИАЛ».* – 2018. – С. 46-59.
10. Klimova T. N., Anninsky B. E., Subbotin A. A., Vdodovich I. V., Podrezova P. S. State of the ichthyo-, meso-, and macroplankton complexes off the Crimean Peninsula (the Black Sea) in connection with the hydrobiological regime features in October 2016 // *Marine Biological Journal.* – 2023. – Vol. 8. – no. 2. – P. 55–73.
11. Klimova T.N., Vdodovich I.V., Anninskyi B.E. Ichthyoplankton in the Plankton Community of the Western Sector of the Black Sea in October 2005. // *Journal of Ichthyology.* –2010, –Vol. 50. – No.4. – P. 314-320.
12. Russell, F.R.S. The Eggs and Planktonic Stages of British Marine Fishes. Family Gadidae. – London-New York-San Francisco. – 1976. – ACADEMIC PRESS. – P 94–178.
13. Margalef R. Information theory in ecology. *General Systems.* – 1958, vol. 3. – P. 36-71.
14. Pielou E. C. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession.

Journal of Theoretical Biology. – 1966. – vol. 10. – iss. 2. – P. 70-83.

15. Shannon C. E., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press. – 1949. – 117 p.

16. Simpson E. H. Measurement of diversity. Nature. – 1949. – iss. 163. – 688 p.

17. Klimova T.N., Vdodovich I.V., Zagorodnaya Yu., Dotsenko V.S. Ichthyoplankton of Feodosiya Bay in December 2006 // Journal of Ichthyology. – 2009. – Vol. 49. – No. 2. – P. 193-199.

18. Овен Л.С. Особенности оогенеза и характер нереста морских рыб. – Киев: Наук. Думка. – 1976. – 131 с.

ICHTHYOPLANKTON OF THE BLACK SEA OFF THE CRIMEAN PENINSULA DURING THE AUTUMN OFF-SEASON IN 2016–2023

¹Klimova Tatyana Nikolaevna, PhD. Biol. sciences, art. scientific. employee

²Vdodovich Irina Vyacheslavovna, PhD of biological sciences, senior researcher

³Zabrodin Dmitry Alexandrovich, lead engineer

⁴Petrova Tatyana Nikolaevna, graduate student

^{1,2,3,4}A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS,

e-mail: ¹tnklim@mail.ru

The expansion of the species diversity of ichthyoplankton in the area of the Crimean Peninsula during the autumn off-season 2016–2023 was noted due to warm-water Black Sea fish species and the larvae of temperate-water fish from Mediterranean. 25 species of eggs and fish larvae have been identified (7 of temperate-water fish and 19 of warm–water fish). Interannual changes in the abundance and structure of the species composition of ichthyoplankton occurred in accordance with the peculiarities of the hydrological regime during the survey period. The correlation coefficient of the number of eggs with the sea surface temperature was + 0.981, and the larvae – + 0.955.

ПИТАНИЕ МАССОВЫХ ВИДОВ ЛОСОСЕЙ (ГОРБУШИ, КЕТЫ И НЕРКИ) И СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА КРУПНОЙ ФРАКЦИИ В ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОСЕННЕЙ СЪЕМКИ, СЕНТЯБРЬ–ОКТЯБРЬ 2023 Г.

¹Кузнецова Наталья Алексеевна, канд. биол. наук, вед. научный сотрудник

²Шебанова Марина Анатольевна, канд. биол. наук, вед. научный сотрудник

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), Владивосток, Россия

¹e-mail: natalya.kuznetsova@tinro.vniro.ru; ²e-mail: marina.shebanova@tinro.vniro.ru

В ходе экспедиции в осенний период 2023 г. получены новые данные о составе и структуре планктонных сообществ и питании рыб. Цель – мониторинг состояния планктонного сообщества в период нагула и миграций тихоокеанских лососей, анализ их питания и пищевой обеспеченности. При сравнении биомассы выедания групп зоопланктона, составляющих рацион, сеголетками горбуши, кетой, неркой, и их продукции было определено, что степень потребления продукции, преобладающих в пище гиперид, низкая – 0,7–0,2 %.

Итоги многолетних исследований по экологии тихоокеанских лососей в северо-западной части Тихого океана и в дальневосточных морях, полученные в комплексных экспедициях ТИНРО начиная с 1991 г. обобщены в монографии В.П. Шунтова, О.С. Темных [1, 2, 3] и К.М. Горбатенко [4]. Многолетние данные и исследования последних лет по кормовой базе и питанию рыб, и их обеспеченности пищей опубликованы в диссертации и статьях С.В. Найденко, С.В. Найденко, А.А. Сомова и др.; С.В. Найденко, А.А.Сомова; Е.П. Дулеповой, Напазакова и др.; Е.П. Дулеповой [5,6,7,8,9]

Материал и методика

В западной части Берингова моря и в тихоокеанских водах Командорских островов многие годы в осенний период проводятся траловые съемки по учету и распределению численности молоди тихоокеанских лососей. Кроме того, осуществляется сбор данных по питанию рыб и их кормовой базе. С 23 сентября по 04 октября 2023 г. в октябре такая съемка была проведена двумя судами НИС «ТИНРО» и НИС «Профессор Кагановский» (рис. 1). В общей сложности было выполнено 68 тралений на акватории суммарной площадью 459 тыс. км². Выполнение съемок двумя судами позволяет за короткий срок (12 суток) охватить всю акваторию нагула лососей [10]. Сбор и обработку данных по питанию лососей проводили в соответствии стандартными методиками [11, 12]. Объем материала собранного и обработанного в Беринговом море составил 397 проб, 2772 желудка горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*), кеты (*Oncorhynchus keta*) и нерки (*Oncorhynchus nerka*), биомасса которых составляла 166,75 тыс.т. По биомассе доминировали неполовозрелые кета и нерка и сеголетки горбуши, соответственно 70,99, 63,14 и 21,5 тыс. т. К сеголеткам были отнесены рыбы до 30 см, особи 30–60 см – к неполовозрелым. Расчет величин суточных рационов лососей как для рыб со смешанным типом питания применяли по метод Н.С. Новиковой [13], усовершенствованный Г.П. Романовой [14], в модификации А.В. Коган [15]. Полученные данные усредняли по стандартным биостатистическим районам. При недостатке количества тралений, в отдельных районах, а также отсутствием различий в характере питания рыб смежные районы объединялись. Пищевую обеспеченность определяли как соотношение «биомассы кормового зоопланктона и количества потребленной пищи, также выедания лососями суточной продукции основных групп планктона [1, с. 439-440]. Суточная продукция планктона рассчитана с использованием литературных данных по их Р/В-коэффициентам в осенний период [16, 17, 18, 19].

Перед каждым тралением планктон облавливался стандартной сетью Джеди (БСД, капроновое сито с ячейей 0,168 мм, площадь входного отверстия 0,1 м², скорость подъема сети составляла 0,7-1,0 м/сек), таким образом, количество планктонных станций соответствует схемам тралений координатам и времени суток. Материалом для исследования послужили сборы планктона в слое 50-0 м (64 пробы). Обработка проб проведена по разработанной в ТИНРО-Центре единой фракционной количественной методике с применением поправок на уловистость [12, 20, 21].

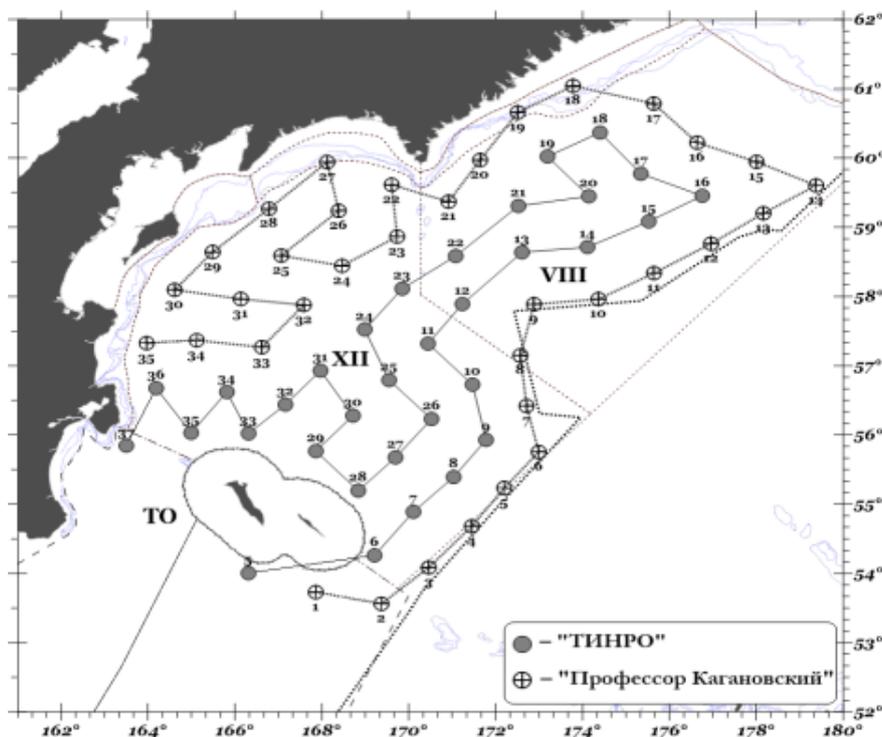


Рис. 1. Схема траловых станций НИС «ТИНРО» и НИС «Профессор Кагановский» в водах западной части Берингова моря и в тихоокеанских водах Командорских островов осенью 2023 г. Цифрами обозначены номера биостатистических районов и номера траловых станций. Пунктирные линии – границы биостатистических районов [10].

Результаты и обсуждение

1.1 Состав кормовой базы в слое 50-0 м глубоководных районах Берингова моря (сентябрь-октябрь 2023 г.)

Состояние планктонного сообщества эпипелагиали Берингова моря в период съемки можно охарактеризовать как осеннее. Проведение работ совпало с периодом перестройки полей гидрохимических элементов с летнего типа на зимний [10]. Пространственное распределение биогенных элементов в поверхностном слое на большей части исследованной акватории характеризовалось низкими значениями, что свидетельствовало о прошедшем интенсивном фотосинтезе. Биомасса фитопланктона была незначительной и изменялась от 0,06 до 10 мг/м³. В период исследований биомасса зоопланктона в слое 50-0 м менялась в пределах от 722 (Олюторская котловина, район 8) до 892 мг/м³ (Командорская котловина, район 12), Район ТО – тихоокеанские воды Командорских островов (табл. 1, рис. 2).

Основной в планктоне была крупная фракция зоопланктона, на ее долю приходилось от 54 до 77 %. Ядро этой фракции составляли сагитты и копеподы, эвфаузииды и гиперииды, третьими по значимости были медузы. Состав первых пяти доминирующих видов в Беринговом море во всех районах остается постоянным. Основную биомассу зоопланктона создают несколько видов: в мелкой фракции - 2, средней - 3, крупной - 5. Первые 10 видов формируют 90 % биомассы зоопланктона. Среди мелкого и среднеразмерного зоопланктона доминировали копеподы *Oithona similis* (58,2 -134 мг/м³) и р. *Pseudocalanus* (11,2-32,9 мг/м³) и молодь гипериид (*Themisto pacifica* -29,8 мг/м³). Основу крупноразмерного зоопланктона составляли сагитты (*Parasagitta elegans*), копеподы (*Neocalanus*

plumchrus, *Eucalanus bungii*), эвфузииды (*Thysanoessa longipes*, *Euphausia pacifica*) и гиперииды (*T. pacifica*) (табл.1, рис.1). В целом биомасса зоопланктона в 2023 г. была на уровне среднемноголетних значений 700-900 мг/м³ (рис. 3). Запас крупной фракции зоопланктона в 2023 г. в слое 50-0 (12 676, 96 тыс. т) был сформирован преимущественно веслоногими ракообразными – 2714,9 тыс. т; щетинкочелюстными – 7760,2 тыс. т; эвфузиидами – 836,97 тыс. т; гипериидами – 896,97 тыс. т, кишечнополостными – 348,1 тыс. т. и птероподами – 80,9 тыс.т. Общий запас планктона в глубоководных районах (8,12) Берингова моря в период съемки в слое 50-0 м составил в сумме 18626,1 тыс. т., среднемноголетний показатель за 2002-2020 гг. запаса кормовых ресурсов для этого слоя был несколько выше – 23054 тыс.т. [6, с. 23].

Таблица 1

**Биомасса (мг/м³), плотность (т/км²) и запас зоопланктона (тыс. т),
и его размерных фракций и групп крупной фракции в эпипелагиали Берингова моря
в слое 50-0 м**

Район	Биомасса, мг/м ³			Плотность, т/км ²			Запас, тыс.т		
	ТО	8	12	ТО	8	12	ТО	8	12
Фитопланктон	0,06	8,41	10,26	0,003	0,43	0,52	0,13	71,44	130,91
Зоопланктон	722,39	852,32	892,31	38,648	43,37	45,35	1584,57	7242,109	11384,00
Мелкая фракция	267,10	119,16	225,93	14,29	6,06	11,48	585,89	1012,49	2882,38
Средняя фракция	60,58	72,38	112,81	3,24	3,68	5,73	132,88	615,00	1439,28
Крупная фракция, в том числе	394,71	660,78	553,56	21,12	33,62	28,14	865,79	5614,62	7062,35
Euphausiacea	33,74	28,47	46,64	1,80	1,45	2,37	74,00	241,93	595,01
Copepoda	110,81	134,09	123,50	5,93	6,82	6,28	243,07	1139,32	1575,60
Amphipoda	24,67	42,79	41,81	1,32	2,18	2,12	54,11	363,61	533,36
Decapoda		0,27	0,37		0,01	0,02	0,00	2,27	4,72
Pteropoda	0,22	5,51	2,67	0,01	0,28	0,14	0,47	46,82	34,06
Chaetognatha	156,70	435,18	318,43	8,38	22,14	16,19	343,71	3697,73	4062,51
Coelenterata	60,80	12,78	18,77	3,25	0,65	0,95	133,37	108,58	239,49
Appendicularia	0,10	0,58	0,53	0,01	0,03	0,03	0,22	4,95	6,80
Ostracoda	0,17	0,78	0,54	0,01	0,04	0,03	0,38	6,64	6,88
Polychaeta		0,32	0,19		0,02	0,01	0,00	2,71	2,47
Mysidacea			0,07			0,00	0,00	0,00	0,87
Doliolidae		0,01			0,00		0,00	0,07	0,00
Прочие	7,50	0,00	0,05	0,40	0,00	0,00	16,45	0,00	0,58
Площадь, тыс.км ²	41	167	251						
Средний слой, м	53,5	50,9	50,8						

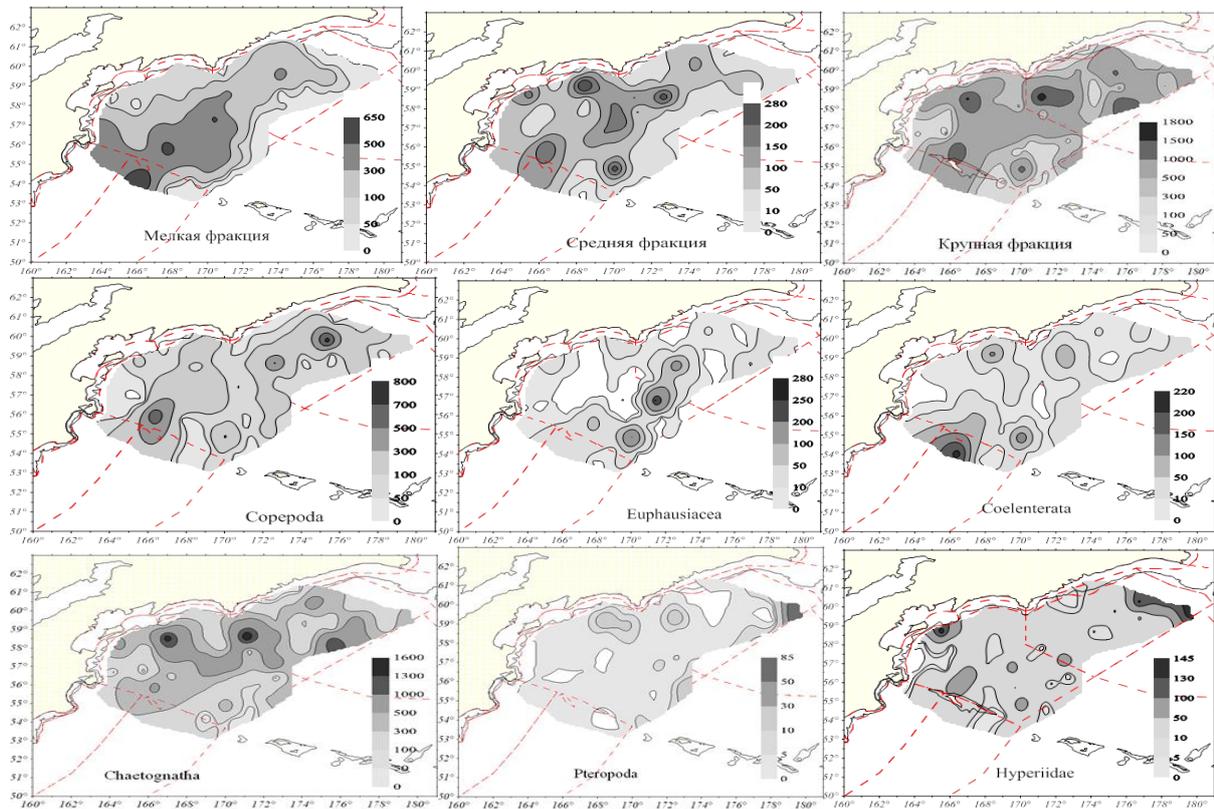


Рис. 2. Распределение биомассы (мг/м³) размерных фракций зоопланктона и групп крупной фракции в эпипелагиали Берингова моря в слое 50-0 м (сентябрь-октябрь 2023 г.)

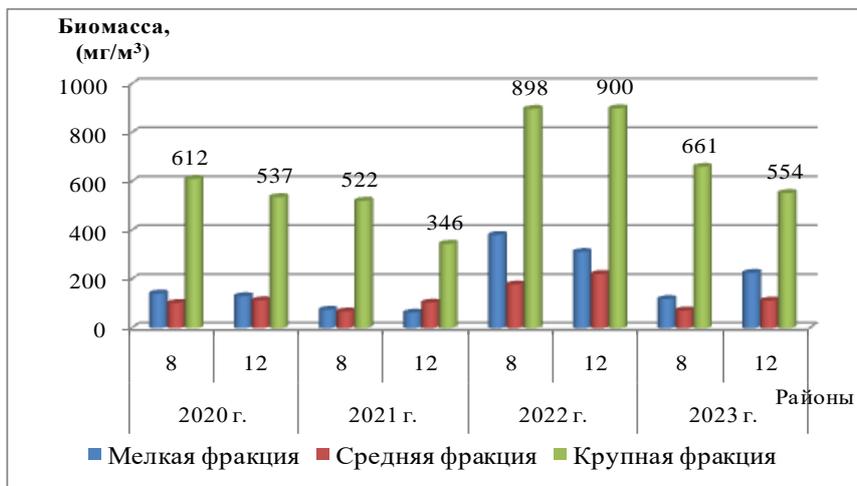


Рис. 3. Межгодовая динамика биомассы (мг/м³) зоопланктона в глубоководных районах Берингова моря в слое 50-0 м в осенний период 2020-2023 гг.

2.1. Питание тихоокеанских лососей и обеспеченность их пищей в эпипелагиали Берингова моря осенью 2023 г.

К первой декаде октября сеголетки горбуши еще находились в море, располагаясь в западном секторе Алеутской (район 8) и Командорской котловин (район 12), основная ее часть была учтена в юго-западной части Берингова моря [10]. В рационе сеголеток горбуши доминировали гипериды *T. pacifica* (73,4-70,9 %). Вторыми по значимости компонентами питания в 8-ом районе являлись птероподы *Limacina helicina* (20,5 %), в 12-ом районе почти в равных долях выступали птероподы и копеподы (в основном *N. plumchrus*) (9,5-6,2 %), кальмары и рыбы (6,9-4,7 %). Исключения наблюдались в прикурильских водах Командорских островов (район ТО) доминировали гипериды и молодь декапод (рис. 4). Интенсивность питания сеголеток горбуши была высокой, особенно в 8 районе, средние индексы наполнения желудков (ИНЖ) составляли 206,5, 120,3, 122,2 ‰.

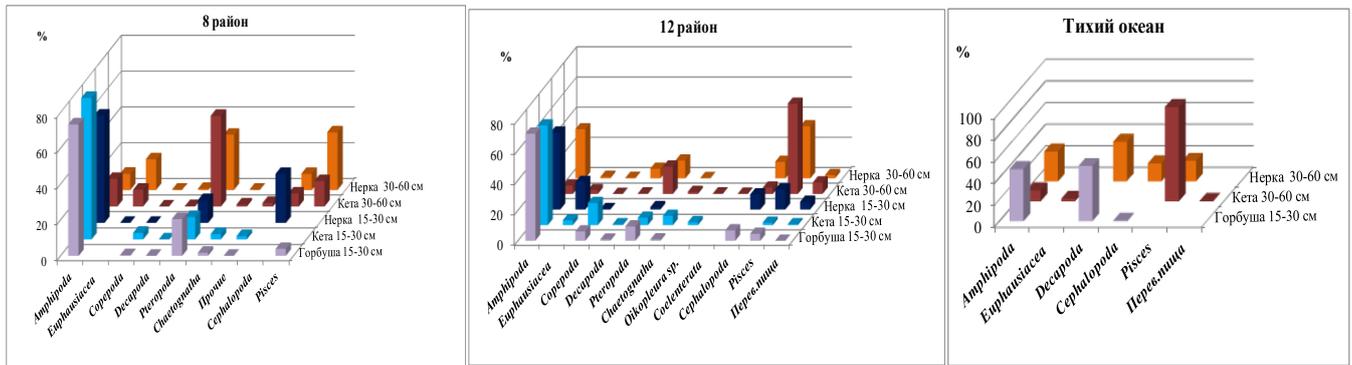


Рис. 4. Состав пищи лососей в различных районах Берингова моря осенью 2023 г.

В период проведения работ сеголетки кеты также нагуливались в море [10]. Кета во всех беринговоморских районах предпочитала также гипериид (*T. pacifica*) и в 8 и 12 районах (79,0–66,1%). В 8 районе, как и в 12, были отмечены птероподы (*L. helicina*), копеподы, щетинкочелюстные и аппендикулярии. ИНЖ в этих районах был высоким 186,4 и 109,7 ‰ (рис. 2). Основная биомасса нерки длиной 15-30 см была учтена в 12 районе (85,9 %), в рационе сеголеток доминировали гиперииды *T. pacifica* (59,9 и 51,1 %). В 8 районе отмечены птероподы и кальмары, в 12 районе - птероподы и эвфаузииды (фурцилии и *Th. longipes*) и сагитты (рис. 4). Средний ИНЖ в 8 районе составил 222,3 ‰ и в 12 районе - 43,8 ‰.

Основное потребление пищи лососями происходит в светлое время суток. После 6-9 час утра рыбы начинали активно питаться. Днем с 9-12-15 и вечером (18-21 час) в желудках отмечалось максимальное наполнение, к полуночи оно снижалось и к утру (6-8 час) достигало минимума. Для сеголеток горбуши были рассчитаны суточные пищевые рационы (СПР), которые составили в 8 районе – 7,2 % от массы тела, в 12 районе – 5,95 % (рис. 5).

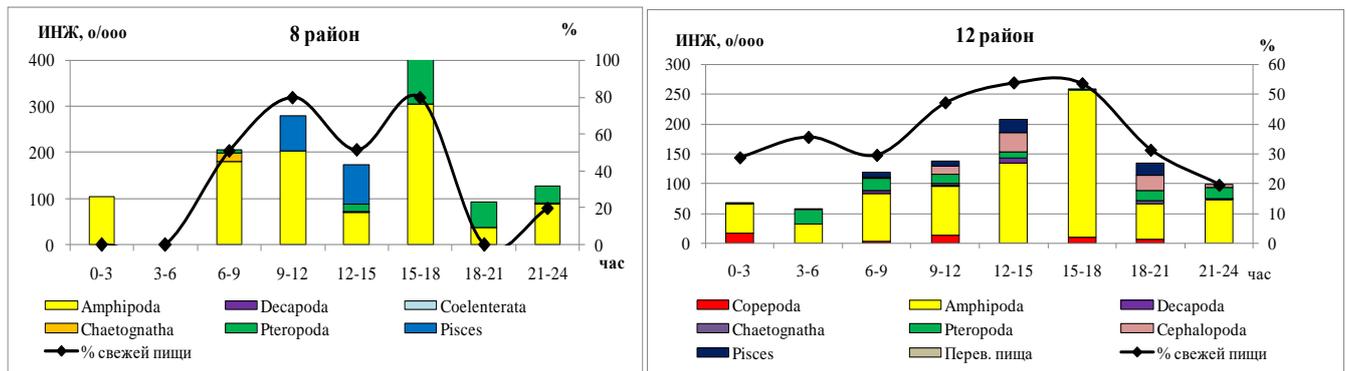


Рис. 5. Питание молоди горбуши в течение суток в 8 и 12 районах

Сеголетки в течение дня активно питались гипериидами, они образуют малоподвижные стайки, наткнувшись на которые, рыбы активно ими кормятся, хотя днем основная часть, но преимущественно более крупные особи *T. pacifica* опускается глубже 200 м [22, с. 572, 578]. Молодь кеты и нерки также питались в основном гипериидами. СПР сеголеток кеты составил 4,18%, нерки 4,3% - 2,4%.

По характеру пространственного распределения неполовозрелой кеты и нерки видно, что они в массе своей продолжали нагуливаться в западной части моря. Повсеместное распространение и высокие уловы неполовозрелой кеты и нерки второго морского года жизни над Командорской котловиной западной части моря скорее соответствовали картине их летнего распределения [10]. В сентябре–октябре 2023 г. размеры неполовозрелой молоди кеты в уловах варьировали в пределах от 31 до 63 см. Из всех размеров у неполовозрелой кеты выделялись модальная группа 35-40 см (65 % от суммарной численности), которая соответствовала рыбам в возрасте двух лет (1+). В 8-ом районе доминировали птероподы (50,6 %, *Clione limacina*, *L. helicina*), гиперииды и рыбы (15,4-14,2 %), в меньшей степени эвфаузииды и кальмары (9,3 и 7,3 %). В 12-ом районе основными компонентами были рыбы (*Symbolophorus californiensis*) и птероподы (59,6 и 18,1%), что хорошо видно и на графиках суточного питания (рис. 6). Увеличение доли мелкого нектона обусловлено наличием и доступностью мелкоразмерных рыб, в частности молоди минтая, сайры и др., которые встречались в

юго-западной части Командорской котловины [10]. Накормленность по всем районам была невысокой. ИНЖ были равны 53,8 и 42,5 ‰, СПР составили 2,94 и 2,88 % от массы тела. В тихоокеанских водах основными компонентами в питании кеты были преимущественно те же виды гиперииды *T. pacifica*, рыбы и эвфаузииды (*Th. longipes*), ИНЖ – 33,8 ‰.

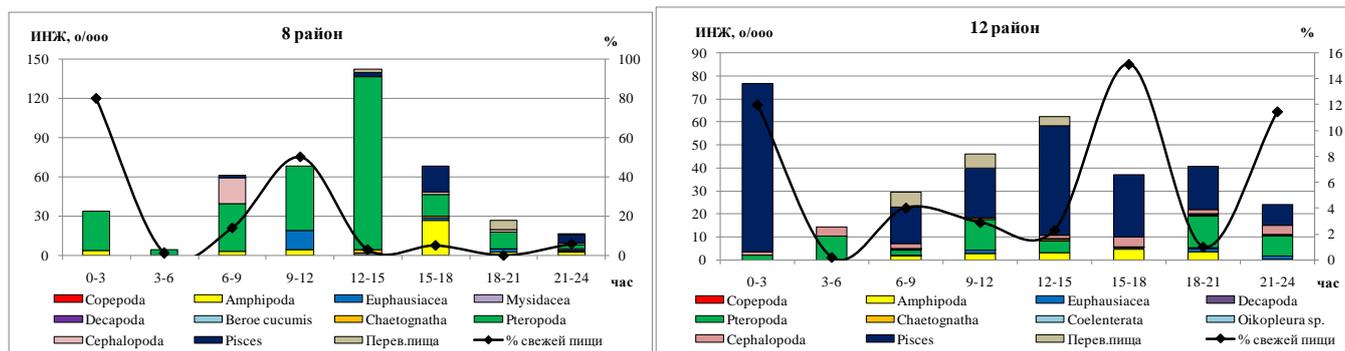


Рис. 6. Питание неполовозрелой кеты в течение суток в 8 и 12 районах

Среди неполовозрелой нерки 30-60 см по биомассе группа 35-39 см составляла 48,3%; группа 46-48 см – 13,0% [10]. В рационе неполовозрелой нерки в 8 районе доминировали птероподы *L. helicina* и рыбы (31-32,5%), эвфаузииды -17,2% (в основном *furcilia* и *Th. longipes*). Доля гипериид и кальмаров составляла (9-9,1%). В 12 районе основу рациона составляли гиперииды *T. pacifica* и рыбы, *Muystophidae* (32,5-34,5 %), птероподы и кальмары (11,9-11%), декаподы – (6,2 %). В тихоокеанских водах (район ТО) присутствовала исключительно неполовозрелая нерка (длиной более 30 см), здесь же была отмечена и наибольшая средняя длина рыб – 42,2 см. В ТО амфиподы были представлены гипериидами, в основном *Hyperia galba*, и декаподами *Larvae Brachyura* (27,6-36,7%), кальмарами и рыбами. Средние ИНЖ у всей группы был невысоким 35,5-20,7-23,6 ‰. СПР составили у нерки в 8-ом районе 2 %, а в 12-ом районе 1,02 % (рис. 7).

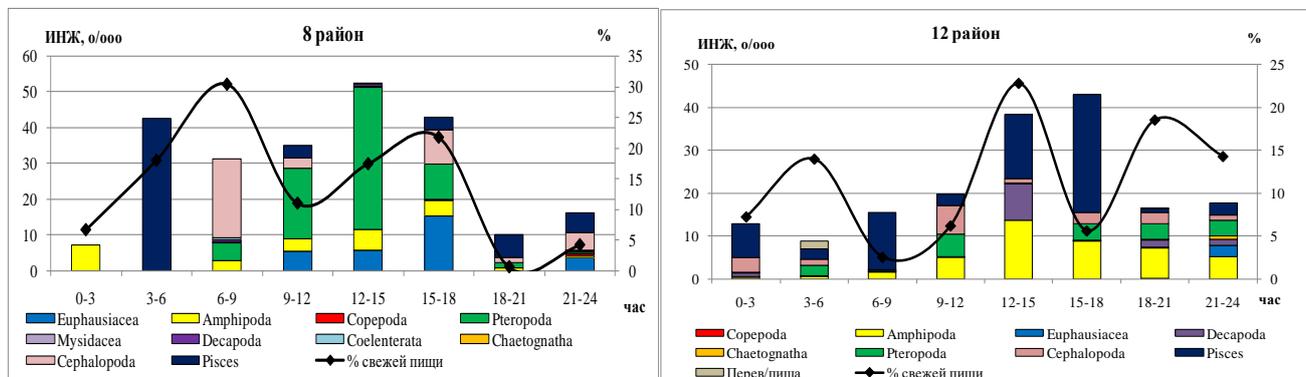


Рис. 8. Питание неполовозрелой нерки в течение суток в 8 и 12 района

Осенью 2023 г. основными компонентами в рационе хищных лососей были рыбы и кальмары. Неполовозрелый кижуч большей частью был отмечен в 12-ом районе основная (66,8 %, от биомассы), и посткатадромная молодь чавычи облавливалась почти исключительно в западной части Берингова моря [10]. Основными компонентами в рационе хищных лососей были рыбы и кальмары. У молоди кижуча 20–30 см питание включало рыб (молодь минтая и миктофид) и молодь кальмаров. У чавычи длиной 20–30 см в рационе доминировали кальмары и рыбы, а в ТО – рыбы р. *Sebastes sp.* Средние ИНЖ были высокими – 243,45 и 196,8 ‰.

На основе полученных данных были рассчитаны объемы суточного потребления кормовых организмов лососями в каждом районе (табл. 2, 3, 4). В 8-ом районе лососи потребляли 2,659 тыс. т, основным потребителем были сеголетки горбуши 1,041 тыс. т, за счет гипериид – 0,764 тыс. т. В объеме суточного потребления зоопланктона всеми лососями на гипериид приходилось - 36,7 %, птеропод – 33,5 %, эвфаузиид – 7,7 %, доля других групп зоопланктона незначительна, на нектон: рыб – 14,8 % и кальмаров – 4,9 %.

Суточное потребление зоопланктона лососями осенью 2023 г. в 8 районе

Вид	Размер, см	Биомасса рыб, тыс.т	СПР, % от массы тела	Euphausiacea	Amphipoda	Copepoda	Decapoda	Pteropoda	Chaetognatha	Coelenterata	Mysidacea	Polychaeta	Oikopleura sp.	Cephalopoda	Pisces	Перев.пища	Выедание тыс.т	%%
Горбуша	15-30	14,46	7,2		0,764	0,004	0,001	0,213	0,018	0,000					0,041		1,041	39,2
Кета	15-30	0,17	4,18		0,006	0,000		0,001	0,000				0,000				0,007	0,3
Нерка	15-30	0,1	4,3		0,003			0,001						0,001			0,004	0,2
Кета	30-60	30,92	2,94	0,085	0,140	0,000	0,002	0,460	0,010	0,001	0,001		0,066	0,128	0,016		0,909	34,2
Нерка	30-60	34,86	2,0	0,120	0,063	0,001	0,004	0,215	0,001	0,001	0,001		0,063	0,224	0,001		0,697	26,2
Всего	тыс.т	65,78		0,204	0,976	0,006	0,007	0,890	0,029	0,003	0,002	0,001	0,000	0,130	0,393	0,017	2,659	100,0
	%			7,7	36,7	0,2	0,2	33,5	1,1	0,1	0,1	0,1	0,0	4,9	14,8	0,6	100,0	

В 12 районе объем суточного потребления составил 1,814 тыс. т, причем почти 50 % составлял нектон, преобладали рыбы – 40,5% и кальмары – 5,7%. Увеличение доли мелкоразмерного нектона в рационе лососей обусловлено наличием и доступностью мелкоразмерных рыб, в частности мелкого минтая, миктофид [10]. Среди зоопланктона также доминировали гиперииды и птероподы (27,5 % и 14,5%), но и доля других групп зоопланктона была выше. Основным потребителем была неполовозрелая кета – 1,04 тыс. т, за счет питания рыбами – 0,622 тыс. т, и сеголетки горбуши – 0,417 тыс. т, половину рациона которых приходилось на гипериид – 0,295 тыс. т (табл. 3). В тихоокеанских водах Командорских островов доминировали рыбы (81%) (табл. 4). Основными потребителями кормовых ресурсов в глубоководных районах были сеголетки горбуши и неполовозрелые кета и нерка. Интенсивность питания последних была невысокой. Снижение интенсивности питания неполовозрелых кеты и нерки наблюдалось и ранее на разных уровнях обилия корма или численности его потребителей. Но, как отмечено С.В. Найденко [5, с. 29-30] коэффициенты корреляции показали слабую зависимость между этими параметрами.

Одним из подходов определения обеспеченности нектона пищей, является соотношение между «биомассами кормового макропланктона» и рационом лососей за определенный период (12 суток). Как видно из табл. 5, наблюдалась незначительная степень выедания лососями как в целом запаса макропланктона (0,5-0,2 %), так и основных его групп (0,1-1,1 %). Потребление гипериид составило 1,1–3% от запаса. Например, в Охотском море доля выедания лососями (среди других видов нектона) валового запаса зоопланктона и его основных групп также очень мала – 0,2 %, кроме амфипод, и в основном – гипериид *T. pacifica* – 3,4 % [4, с. 16]. Доля выедания запаса десятиногих раков составила 3-6 %, а наиболее высоким было потребление птеропод в 8 районе – 23 % и 9,3 % – в 12 районе. Как видно, ресурсы зоопланктона, которые формировали основной рацион лососей осенью 2023 г. превосходили объемы их потребления (табл. 5), что говорит о хорошей обеспеченности рыб указанными группами зоопланктона.

Таблица 3

Суточное потребление зоопланктона лососями осенью 2023г. в 12 районе

Вид	Размер, см	Биомасса рыб, тыс.т	СПР, % от массы тела	Euphausiacea	Amphipoda	Copepoda	Decapoda	Pteropoda	Chaetognatha	Coelenterata	Oikopleura sp.	Cephalopoda	Pisces	Перев.пища	Выедание тыс.т	%%
Горбуша	15-30	7,0	5,95		0,295	0,026	0,003	0,040	0,004			0,029	0,019	0,000	0,417	23,0
Кета	15-30	1,93	4,18	0,003	0,053	0,012	0,001	0,004	0,005		0,002		0,001	0,000	0,081	4,4
Нерка	15-30	0,62	2,4	0,003	0,008	0,000		0,000				0,002	0,002	0,001	0,015	0,8
Кета	30-60	36,13	2,88	0,027	0,058	0,001	0,003	0,188	0,014	0,002	0,003	0,044	0,622	0,079	1,040	57,4
Нерка	30-60	25,61	1,02	0,003	0,085	0,001	0,017	0,031	0,000			0,029	0,090	0,006	0,261	14,4
Всего	тыс.т	71,29		0,034	0,499	0,039	0,024	0,263	0,023	0,002	0,005	0,103	0,734	0,087	1,814	100,0
	%			1,90	27,54	2,16	1,30	14,52	1,28	0,11	0,25	5,67	40,48	4,79	100,00	

Суточное потребление зоопланктона лососями осенью 2023 г. в районе ТО

Вид	Размер, см	Биомасса рыб, тыс.т	СПР, % от массы тела	Euphausiacea	Amphipoda	Larvae Brachyura	Cephalopoda	Pisces	Выедание тыс.т	%%
Горбуша	15-30	0,02	5,95		0,001	0,001	0,000		0,001	1,0
Кета	30-60	3,94	2,88	0,003	0,012			0,099	0,114	90,7
Нерка	30-60	1,02	1,02		0,003	0,004	0,002	0,002	0,010	8,3
Всего	тыс.т	4,98		0,003	0,015	0,004	0,002	0,101	0,125	100,0
	%%			2,1	12,0	3,5	1,4	81,0	100,0	

Таблица 5

Соотношение запаса основных групп зоопланктона и объема его потребления осенью 2023 г. в Беринговом море

Компонент	Запас зоопланктона, тыс.т		Выедание, тыс.т, за съемку		Соотношение запаса зоопланктона и рациона		% от биомассы зоопланктона	
	Район 8	Район 12	Район 8	Район 12	Район 8	Район 12	Район 8	Район 12
Euphausiacea	241,93	595,01	2,45	0,41	99	1438	1	0,1
Amphipoda	363,61	533,36	11,71	5,99	31	89	3	1,1
Copepoda	1139,32	1575,60	0,07	0,47	16071	3353	0	0,0
Decapoda	2,27	4,72	0,08	0,28	29	17	3	6,0
Pteropoda	46,82	34,1	10,68	3,16	4	11	23	9,3
Chaetognatha	3697,73	4062,5	0,35	0,28	10515	14620	0	0,0
Coelenterata	108,60	239,5	0,03	0,02	3518	9602	0	0,0
Oikopleura sp.	4,95	6,80		0,05	3019	126	0	0,8
Mysidacea			0,02					
Polychaeta	2,71		0,02		162,02		1	
Всего	5607,93	7051,55	25,42	10,68	221	660	0,5	0,2
Cephalopoda			1,56	1,23				
Pisces			4,72	8,81				
Перев.пища			0,20	1,04				

В 2023 г. основные трофические связи планктоноядных лососей замыкались на гипериид и птеропод, в меньшей степени эвфаузиид, декапод, копепод и нектон. У сеголеток горбуши в рационе доминировали гиперииды, доля других видов зоопланктона была весьма низкой, а эвфаузииды не встречались в пище, доля копепод обычно снижается в осенний период [23, с. 24]. У кеты в рационе доминировали гиперииды у сеголеток, и птероподы и рыбы у неполовозрелых рыб, в меньшей степени – эвфаузииды, желетелье и другие. В рационе нерки основными компонентами пищи были гиперииды, эвфаузииды, птероподы, также молодь кальмаров и рыб. С увеличением размеров значение нектона: рыб и кальмаров в рационе кеты и нерки возрастало. Осенью 2023 г. при низкой биомассе эвфаузиид (28,5-46,6 мг/м³) и высокой биомассе гиперииды *T. pacifica* (42,8-41,7 мг/м³, и молодь гипериид 1-2 мм в средней фракции -29 мг/м³), молодь горбуши и кеты и нерки питалась в основном гипериидами. Как было отмечено в разные годы по составу пищевых спектров, если какая-либо группа кормового планктона достигала высокой численности в определенном районе, это находило отражение в рационах всех дальневосточных лососей [9, с. 408]. Крупные особи эвфаузиид, вероятно, уже элиминировали, но существенной была доля молоди эвфаузиид, в дневное время они держатся в эпипелагиали. Поэтому эвфаузииды в качестве пищи были доступны и в светлое время суток. Такая ситуация отмечалась в Командорской котловине и раньше, осенью 2003 г. при низкой биомассе эвфаузиид и копепод молодь горбуши практически не питалась эвфаузиидами. Основу рациона рыб тогда формировали главным образом гиперииды и птероподы, биомасса

которых, обычно низкая. Отмечено, что, чем выше в планктоне Берингова моря доля крылоногого моллюска *L. helicina*, тем выше и его доля в рационе молоди горбуши [23, с. 24-26]. Гиперииды могут образовывать плотные скопления по вертикали, а высокие концентрации птероподы, частности *L. helicina* формируются в поверхностных слоях на участках где благоприятные условия для нереста и выживания ранних стадий в эпипелагиали и, особенно в шельфовых водах [22, с. 572, 578; 24, с. 317; 25, с. 592-593]. Найденко С.В., Сомов А.А. [7, с. 54] отмечали, что в межгодовой динамике потребления амфипод и птеропод были ситуации со значительной нагрузкой на их запасы со стороны потребителей: например, на амфипод - летом 2003 г. и осенью 2003, 2008 и 2013 гг. и на птеропод - летом 2007 и 2011 гг. и осенью 2008 г.

Для оценки уровня выедания кормовой базы более показательным является сравнение объемов потребления и продукции зоопланктона (табл. 6).

Таблица 6

Продукция и суточное потребление лососями основных групп зоопланктона (т/км²) в эпипелагиали Берингова моря осенью 2023 г.

Район	Показатель, т/тыс. км ²	<i>Copepoda</i>	<i>Themisto pacifica</i>	<i>Euphausiacea</i>	<i>Parasagitta elegans</i>	Всего
8	Продукция	0,24	0,03	0,09	0,58	0,93
	Потребление	0,00004	0,0002	0,0058	0,0012	0,0073
	% от продукции	0,01	0,7	6,8	0,2	0,8
12	Продукция	0,81	0,09	0,05	0,42	1,37
	Потребление	0,0006	0,0001	0,0020	0,0001	0,0028
	% от продукции	0,1	0,2	4,1	0,0	0,2
Всего	Продукция	1,1	0,1	0,1	1,0	2,3
	Потребление	0,0007	0,0003	0,0078	0,0013	0,0101
	% от продукции	0,1	0,3	5,8	0,1	0,4

Как видно из таблицы 6, степень выедания продукции зоопланктона в глубоководных районах Берингова моря не достигала высоких значений, лишь эвфаузиид - 6,8 % и 4,1 %. Основными потребителями были горбуша и неполовозрелые кета и нерка. Из зоопланктона основной пресс приходился на гиперид и птеропод, уровень потребления гиперид был невысокий 0,7-0,2 %. А доля потребления птеропод была высокой – 23 и 9,3 % от запаса (табл. 2, 3). Менее всего выедались копеподы и сагитты. Все это может характеризовать кормовую базу лососей осенью 2023 г. как благоприятную. Как отмечено Е.П. Дулеповой со авторами [8, с 544-545], для лососей, скопления которых нагуливаются в глубоководных районах моря, характерен низкий уровень использования кормовой базы, что связано с объемом кормовых ресурсов в глубоководных районах. При сравнении объемов выедания кетой и горбушей за осенний сезон в 2020 г. основных групп зоопланктона и их сезонной продукции в глубоководных котловинах было установлено, что наибольший пресс кета и горбуша в 2020 г. оказывали на гиперид, а наименьший – на хетогнат. В первом случае выедание не превышало 2,4 % продукции группы, а во втором – 0,02 %. Столь низкий уровень выедания лососями кормовой базы объясняется высоким уровнем продуцирования органического вещества зоопланктоном в глубоководных котловинах западной части Берингова моря в 2020 г. и, соответственно, высокой кормовой обеспеченностью этой группы нектона.

Очевидно, что с учетом питания остальных массовых видов пелагического нектона и планктонных хищников степень выедания продукции зоопланктона должна быть гораздо выше, что может свидетельствовать о недостаточной обеспеченности нектона основными компонентами корма и существовании в отдельных районах моря напряженности между потребителями.

В целом в дальневосточных морях объемы годового потребления нектоном продукции зоопланктона невелики [26, с. 159-160]. Многолетние наблюдения в верхнем слое эпипелагиали глубоководных котловин Берингова моря С.В. Найденко и А.А. Сомовым показали, что выедание рыбами и кальмарами продукции зоопланктона в летне-осенний период изменяется от 1 до 7 %, составляя в среднем 2–3 %, что свидетельствует о невысокой степени использования зоопланктонных ресурсов эпипелагическим нектоном [7 с. 54]. С.В. Найденко также отмечала, что зоопланктонными и нектонными консументами в слое

50-0 м используется в разных районах от 35 до 65 % продукции зоопланктона, из которых nekтоном выедается только от 1 до 15 %. Общие объемы зоопланктонных ресурсов многократно превышают потребности nekтона. Данные о запасах кормовых ресурсов и степени их использования, а также различные косвенные показатели позволяют оценить современный уровень пищевой обеспеченности рыб и кальмаров как относительно стабильный и достаточный для обеспечения нормального функционирования nekтонных сообществ верхней эпипелагиали [5 с. 37]. Сравнение объемов продуцирования органического вещества основными группами макрозоопланктона и величин их выедания лососями позволило заключить, что конкурентные отношения в глубоководных районах Берингова моря между нагуливающимися разными видами лососей, а также другими видами nekтона не достигали уровня, влияющего на динамику их численности. [9, с. 409].

Результаты многолетнего гидробиологического и трофологического мониторинга показали, что различные ситуации с кормовыми ресурсами и биомассой рыб не являются критическими в силу непродолжительности их существования, а также миграционной активности и высокой пластичности питания лососей, способных легко восполнять дефицит излюбленной пищи (амфипод и эвфаузиид) другими массовыми видами планктона и мелким nekтоном [1, 2, 3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах: монография. – Владивосток: ТИНРО-центр. – 2008. – Т. 1. – 453 с.
2. Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах: монография. – Владивосток: ТИНРО-центр. – 2011. – Т. 2. – 474 с.
3. Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России: монография. – Владивосток: ТИНРО-центр. – 2016. – Т. 2. – 604 с.
4. Горбатенко К.М. Трофодинамика гидробионтов в Охотском море: автореф. дис. д-ра биол. наук. – Владивосток – Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения РАН. – 2018. – 47 с.
5. Найденко С.В. Трофодинамика nekтонных сообществ в верхней эпипелагиали северо-западной части Тихого океана и западной части Берингова моря: автореф. дис. д-ра биол. наук. – Владивосток – Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения РАН. – 2023. – 47 с.
6. Многолетняя динамика кормовой вой обеспеченности nekтона верхней эпипелагиали западной части Берингова моря. Сообщение 1. Состав и обилие зоопланктона и мелкоразмерного nekтона / Найденко С.В., Сомов А.А., Кузнецова Н.А., Шебанова М.А. // Многолетняя динамика кормовой базы и пищевой обеспеченности nekтона верхней эпипелагиали западной части Берингова моря. Сообщение 1. Состав и обилие зоопланктона и мелкоразмерного nekтона // Изв. ТИНРО. – 2022. – Т. 202. – № 1. – С. 3–33. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-3-33.
7. Найденко С.В., Сомов А.А. Многолетняя динамика кормовой базы и пищевой обеспеченности nekтона верхней эпипелагиали западной части Берингова моря. Сообщение 2. Пищевая обеспеченность nekтона // Изв. ТИНРО. 2022. – Т. – 202. – № 1. – С. 34–60. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-34-60.
8. Структурно-функциональные характеристики зоопланктона и кормовая обеспеченность nekтона в западной части Берингова моря / Дулепова Е.П., Напазаков В.В., Кузнецова Н.А., Шебанова М.А. // Изв. ТИНРО. – 2023 –Т. 203. – № 3. – С. 529–549. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-529-549. EDN: ZTQBYU.
9. Дулепова Е.П. Кормовая база nekтона глубоководных районов западной части Берингова моря: динамика, современное состояние и ее потребление тихоокеанскими лососями // Изв. ТИНРО. – 2024. –Т. 204. –№ 2. – С. 399–414. DOI:10.26428/1606-9919-2024-204-399-414. EDN: IRPDRС.
10. Старовойтов А.Н. Рейсовый отчет о научно-исследовательских работах в Беринговом и Охотском морях на НИС «ТИНРО» и НИС «Профессор Кагановский» с 15 сентября по 01 ноября 2023 г. нач. рейса / Архив ТИНРО, N 28963. – Владивосток. – Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). – 2023 . – 276 с.
11. В.И. Чучукало, А.Ф. Волков / Руководство по изучению питания рыб. – Владивосток: ТИНРО. – 1986. – 31 с.
12. Волков А.Ф. Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию nekтона (пошаговые инструкции) // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 154. – С. 405–416.

13. Новикова Н.С. О возможности определения суточного рациона рыб в естественных условиях // Вестник МГУ. – 1949. – № 9. – С. 107–111.
14. Романова Г.П. Питание сеголетков судака в Рыбинском водохранилище // Труды биол. станции «Борок». – 1958. – № 3. – С. 20-25.
15. Коган А.В. О суточном рационе и ритме питания чехони Цимлянского водохранилища // Зоол. журн. – 1963. – Т. 42. – № 4. – С. 596–601.
16. Шебанова М.А. Продукция некоторых массовых видов копепод в Охотском море в летне-осенний период // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 148. – С. 221–237.
17. Шебанова М.А. Соматическая продукция и жизненные циклы сагитты *Parasagitta elegans* в Охотском и Беринговом морях // Мат-лы IV Междунар. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана». – Владивосток: Дальрыбвтуз. – 2016. – С. 218 – 222.
18. Шебанова М.А., Чучукало В.И., Горбатенко К.М. Жизненные циклы, соматическая продукция гиперид в Охотском и Беринговом морях // Изв. ТИНРО. – 2014. – Т. 176. – С. 155–176
19. Чучукало В.И., Шебанова М.А., Дулепова Е.П. Горбатенко К.М. Жизненные циклы, соматическая продукция эвфаузиид в Охотском море // Изв. ТИНРО. – 2013. – Т. 173. – С. 164–183.
20. Волков А.Ф. Рекомендации по экспресс-обработке сетного планктона в море / Владивосток. – ТИНРО. – 1984. – 31 с.
21. Стандартные таблицы сырых весов и некоторых энергетических характеристик (калорийность, жиры, белки, углеводы, минеральный остаток) зоопланктона дальневосточных морей Борисов Б.М., Волков А.Ф. Горбатенко К.М. Коваль М.В. Шершнева В.И. // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 139. – С. 355–367.
22. Волков А.Ф. Амфиподы в питании nekтона Охотского моря // Изв. ТИНРО. – 2023. – Т. 203. – № 3. – С. 567–580. DOI: 10.26428/1606–9919–2023–203–567–580. EDN: YSYARW.
23. Избирательность питания молоди горбуши в дальневосточных морях / Найденко С.В., Ефимкин А.Я., Лаженцев А.Е., Кузнецова Н.А., Косенок Н.С., Слабинский А.М. // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 152. – С. 18–36.
24. Волков А.Ф. Крылоногие моллюски (Pteropoda) Охотского моря: биомасса, численность, запас // Изв. ТИНРО. – 2003. – Т. 132. – С. 314– 330.
25. Чучукало В.И., Напазаков В.В. Распределение и некоторые черты биологии крылоногих моллюсков в Охотском и Беринговом морях и сопредельных водах Тихого океана // Изв. ТИНРО. – 1998. – Т. 124. – С. 584-601.
26. Дулепова Е.П. Использование кормовой базы nekтоном в периоды его высокой численности в Охотском море // Изв. ТИНРО. – 2013. – Т. 173. – С. 146–163.

FEEDING OF MASS SALMON SPECIES (RINK, CHUM AND SOCKEYE SALMON) AND STATE OF LARGE FRACTION ZOOPLANKTON IN THE DEEP- WATER PART OF THE BERING SEA: A COMPARATIVE ANALYSIS BASED ON THE RESULTS OF THE AUTUMN SURVEY, SEPTEMBER–OCTOBER 2023

¹Kuznetsova Natalya Alekseevna, PhD (Biology), leading researcher, Vladivostok, Russia

²Marina Anatolevna Shebanova, PhD (Biology), leading researcher, Vladivostok, Russia

^{1,2}Pacific Branch FSBSI "VNIRO" ("TINRO"), Vladivostok, Russia

e-mail: ¹natalya.kuznetsova@tinro.vniro.ru; e-mail: ²marina.shebanova@tinro.vniro.ru

During the expedition in the autumn of 2023, we obtained new data on the composition and structure of planktonic communities and fish feeding. The purpose of this work is to monitor the state of the plankton community during the feeding and migration period of the Pacific salmon, and analyze their feeding and supply. When comparing the biomass of grazing consumption of zooplankton groups, that make up the diet juveniles of pink salmon, chum salmon and sockeye salmon, and their products, it was determined that the degree of consumption the product, prevalent in the diet of hyperiids, is low – 0.7–0.2 %.

БАКТЕРИОПЛАНКТОН НЕКОТОРЫХ ВОДОЕМОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (ОЗЕРО ВИШТЫНЕЦКОЕ, ОЗЕРО ЧАЙКА) В ЛЕТНИЙ СЕЗОН 2022–2023 ГГ.

¹Моисеева Анастасия Ивановна, аспирант 4 курса кафедры ВБА

²Авдеева Елена Витальевна, канд. биол. наук, профессор

^{1,2}Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия, e-mail: ¹nastyam.1234@mail.ru; ²elena.avdeeva@klgtu.ru,

В пресных водоемах (озеро Виштынецкое, озеро Чайка) Калининградской области, различающихся по морфометрии и уровню трофии, определяли численность, морфологическую структуру и таксономический состав гетеротрофного бактериопланктона. Анализ численности, морфологической структуры и таксономического состава гетеротрофного бактериопланктона водоемов различного трофического статуса позволил выявить различия в составе бактериопланктона названных водоемов. Нами было выявлено, что количественные показатели бактериопланктона изменялись в широких пределах и возрастали в зависимости от трофии водоемов.

Введение

Трофический статус каждого конкретного водоема зависит от совокупности географических и экологических факторов: характера донных отложений, морфометрии озерной котловины, гидрохимического режима, структуры и биогенной нагрузки на водосборную территорию (Dodds, Cole, 2007; Karatayev et al. 2000). Трофический статус определяется согласно концепции Наумана об уровне продуктивности водной экосистемы (Nauman, 1927) [1, 2].

Любая популяция подвержена влиянию не только трофических взаимоотношений внутри сообщества, к которому эта популяция принадлежит, но также – влиянию факторов внешней среды [3]. Морфологическое разнообразие бактериопланктона пропорционально степени трофии водоема [4, 5]. В водоемах различного трофического уровня специалисты изучали динамику гидроэкологических показателей и влияние экологического состояния водоемов на изменение размерно-морфологической структуры бактериобентоса [6].

Основными модельными водоемами в рамках нашего исследования послужили озера Виштынецкое и Чайка. Озеро Виштынецкое «входит в Виштынецкую группу озер», расположено на юго-востоке Калининградской области [7]. Озеро имеет ледниковое происхождение, «рельеф дна – сложный, чаша озера поперечным порогом разделена на две обширных котловины: северную и южную» [8]. Виштынецкое озеро, по гидрохимическим показателям, – «олиготрофный водоем с некоторыми чертами мезотрофности в прибрежных частях. [7]. Озеро Чайка – единственный относительно крупный пресный водоём на Куршской косе [9]. Данный водоем имеет уникальное донно-эоловое происхождение [10]. Озеро Чайка относится к эвтрофным водоемам. [11]. В данном исследовании нами были определены численность, морфологическая структура и таксономический состав гетеротрофного бактериопланктона озер различного трофического уровня.

Материал и методы

Материалом для исследований послужили пробы воды, отобранные из озер Виштынецкое и Чайка в период с 2022 по 2023 гг. Сбор материала проводили в летний сезон. В пределах озера Виштынецкого отбор проб осуществлялся с 7 станций, расположенных по периметру, в центральной и южно-центральной частях водоема. На озере Чайка отбирали пробы воды с 7 станций, расположенных по периметру и в центральной части водоема (рис. 1, рис. 2). За период исследования

было отобрано 28 проб воды, выделено и изучено 949 штаммов бактерий. Пробы воды для микробиологического анализа отбирали из поверхностного горизонта и в толще воды при помощи батометра. Для изучения состава сапрофитных бактерий был использован рыбопептонный агар [12]. Агар Эндо применяли для учета грамотрицательных микроорганизмов. Для выявления грамотрицательных бактерий родов *Aeromonas* и *Pseudomonas* использовали дифференциально-диагностический агар [13].

Для количественной оценки изучаемых групп бактерий применяли метод десятикратных серийных разведений. Методика посева включала перемешивание анализируемой пробы воды, внесение из соответствующих разведений по 1 мл суспензии в стерильные чашки Петри и добавления в каждую чашку по 8–12 мл расплавленного и остуженного до 45–49 °С питательного агара [14]. Численность гетеротрофных бактерий, утилизирующих легкодоступное органическое вещество в воде, определяли по показателю общей бактериальной обсемененности или общему микробному числу воды. Родовую идентификацию микроорганизмов осуществляли по совокупности культуральных, морфологических и физиолого-биохимических признаков с помощью «Определителя бактерий Берджи» [15–16].

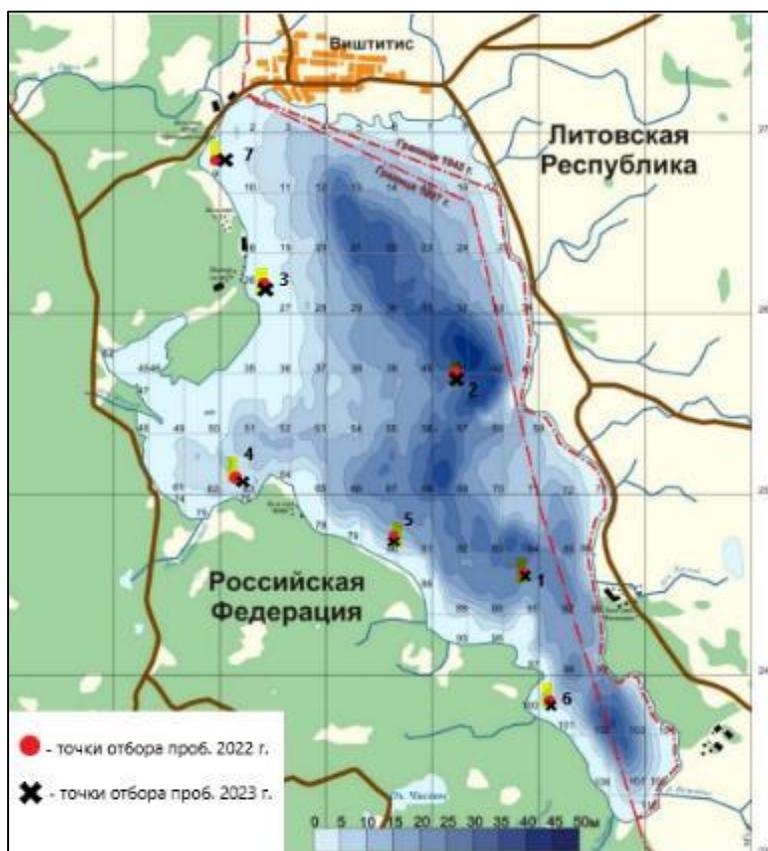


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб в озере Виштынецком

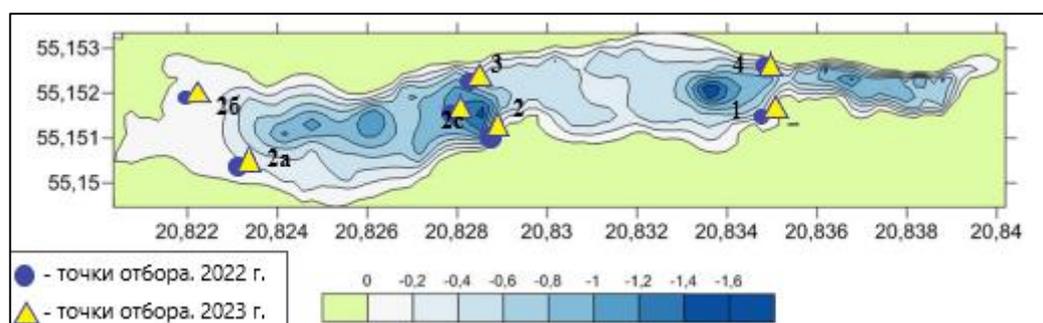


Рис. 2. Схема расположения станций отбора проб в озере Чайка

Результаты

Исследование пространственного распределения бактериопланктона по акватории пресных водоемов показало его вариабельность. Численность бактериопланктона в летний сезон 2022 года в озере Виштынецком колебалась в диапазоне от $0,1 \times 10^3$ до $1,7 \times 10^3$ КОЕ/мл. Среднее значение численности бактериопланктона составляло $0,5 \times 10^3$ КОЕ/мл. По мере продвижения к центральной и южно-центральной частям водоема отмечали снижение численности гетеротрофного бактериопланктона (ст.1, ст.2). Максимальные значения регистрировали на ст.3 ($1,7 \times 10^3$ КОЕ/мл), ст.7 ($1,2 \times 10^3$ КОЕ/мл). При анализе численности гетеротрофных бактерий в озере Виштынецком в 2023 году обнаружили следующий диапазон их колебаний от $0,1 \times 10^3$ до $2,0 \times 10^3$ КОЕ/мл. Высокие значения концентрации бактериопланктона зафиксировали на ст. 3 ($1,8 \times 10^3$ КОЕ/мл), ст. 7 ($2,0 \times 10^3$ КОЕ/мл) (рис.3).

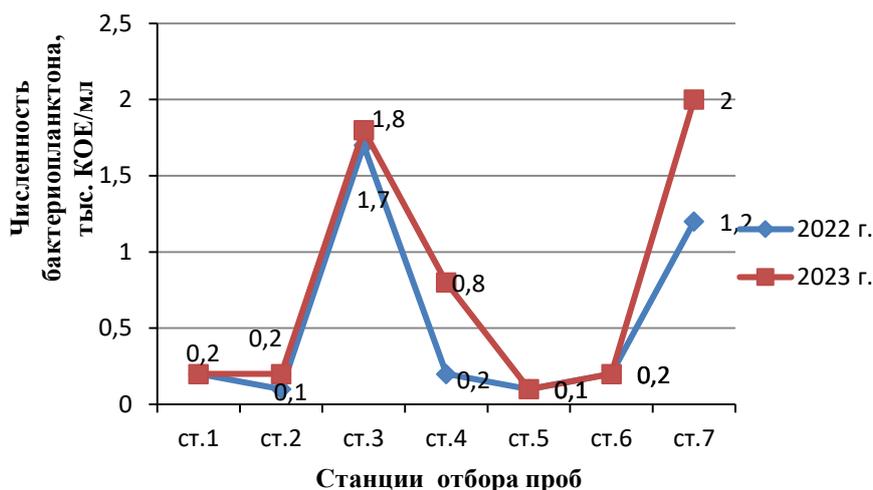


Рис. 3. Численность бактериопланктона оз. Виштынецкого в летний сезон 2022-2023 гг.

Значения концентрации гетеротрофного бактериопланктона озера Чайка в 2022 году варьировали в пределах от $4,4 \times 10^3$ КОЕ/мл до $9,8 \times 10^3$ КОЕ/мл. Показатели численности гетеротрофного бактериопланктона возрастали на ст.2 ($9,8 \times 10^3$ КОЕ/мл), ст.2а ($9,0 \times 10^3$ КОЕ/мл). Летом 2023 года отмечали колебания численности бактериопланктона в широком диапазоне от $3,0 \times 10^3$ КОЕ/мл до $19,0 \times 10^3$ КОЕ/мл. Высокие значения концентрации бактериопланктона зафиксировали на ст. 2а ($19,0 \times 10^3$ КОЕ/мл), ст. 2с ($17,0 \times 10^3$ КОЕ/мл) и ст. 2б ($15,1 \times 10^3$ КОЕ/мл) (рис.4).

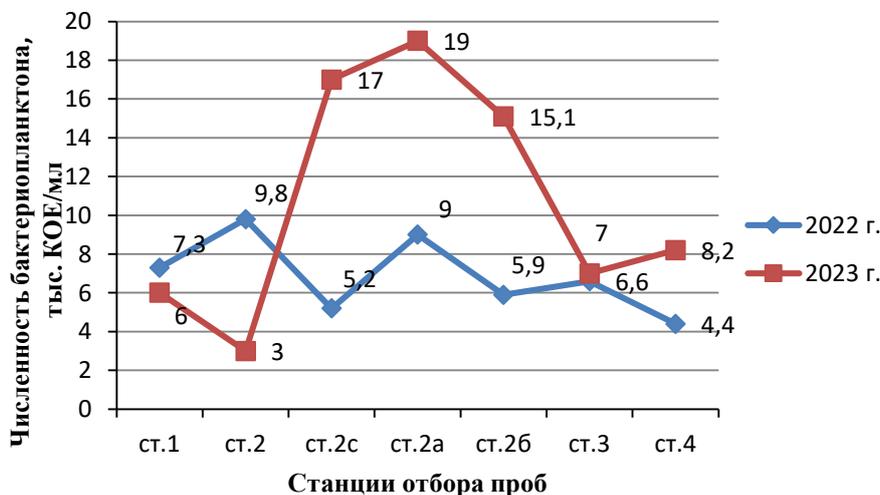


Рис. 4. Численность бактериопланктона оз. Чайка в летний сезон 2022-2023 гг.

Среди морфологических групп бактерий в озере Виштынецком в летний сезон 2022 года доминировали палочковидные бактерии (суммарная доля от общей численности выделенных штаммов составила 73,97 %). Численность кокковидных групп бактерий – 26,03 % от общей численности бактериопланктона (рис. 5).

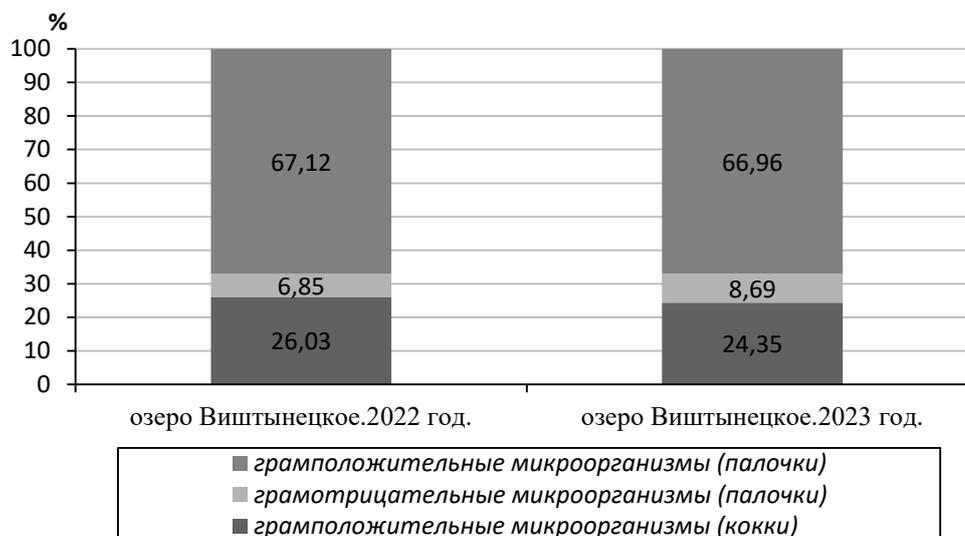


Рис. 5. Соотношение морфологических групп бактерий в микробном сообществе озера Виштынецкого в летний сезон 2022-2023 гг.

В составе бактериопланктона озера Виштынецкого в летний сезон 2023 года доминирующей группой были палочковидные микроорганизмы (75,65 %). Незначительную долю занимали кокковые группы бактерий (24,35 % от общей численности выделенных микроорганизмов).

Среди морфологических групп бактерий в озере Чайка в летний сезон 2022 года обнаружены только грамотрицательные (53,72%) и грамположительные палочковидные микроорганизмы (46,28 %) (рис. 6).

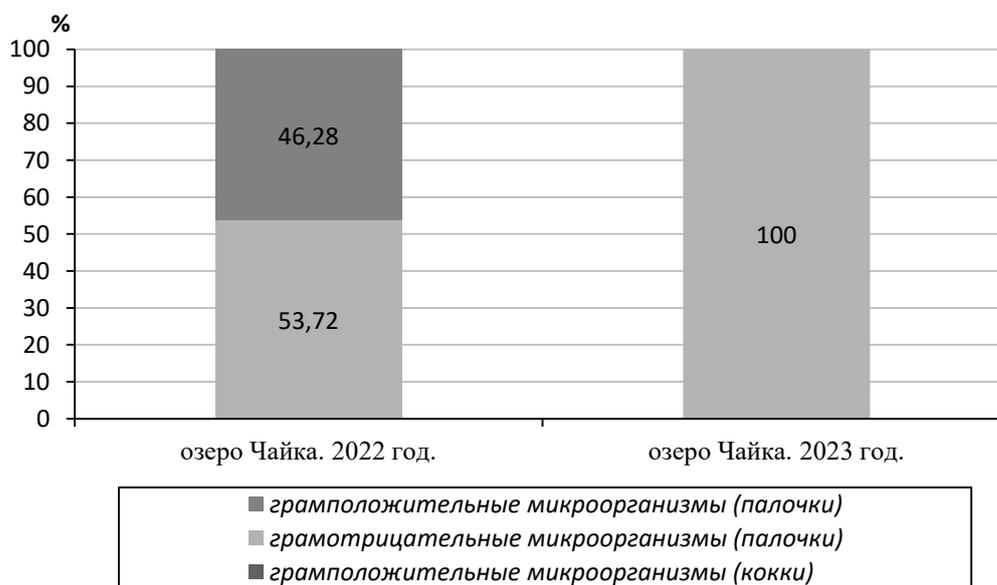


Рис. 6. Соотношение морфологических групп бактерий в микробном сообществе озера Чайка в летний сезон 2022-2023 гг.

В составе бактериопланктона озера Чайка в летний сезон 2023 года обнаружены только грамотрицательные палочковидные микроорганизмы (100 %).

Таксономический состав микробного сообщества озера Виштынецкого в летний сезон 2022-2023 гг. представлен грамотрицательными палочковидными бактериями семейств Enterobacteriaceae,

Vibrionaceae, Pseudomonadaceae. Грамположительная микрофлора включала микроорганизмы родов *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Sarcina*.

Таксономический состав гетеротрофного бактериопланктона озера Виштынецкого представлен в таблице 1.

Таблица 1

Таксономический состав гетеротрофного бактериопланктона озера Виштынецкого в летний сезон 2022-2023 гг.

Выделенные штаммы	Процент выделенных штаммов, %	
	Оз. Виштынецкое.2022 г.	Оз. Виштынецкое.2023 г.
р. <i>Pseudomonas</i>		
<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i>	1,37	1,28
р. <i>Aeromonas</i>		
<i>Aeromonas sobria</i>	2,74	3,85
<i>Aeromonas caviae</i>	-	1,28
<i>Aeromonas schubertii</i>	1,37	1,28
р. <i>Sarcina</i>		
<i>Sarcina ventriculi</i>	15,07	14,10
р. <i>Bacillus</i>		
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	12,33	12,82
<i>Bacillus brevis</i>	5,48	5,13
<i>Bacillus circulans</i>	2,74	2,56
<i>Bacillus sphaericus</i>	45,21	44,87
<i>Bacillus pantothenicus</i>	1,37	1,28
р. <i>Staphylococcus</i>		
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10,96	10,25
р. <i>Enterobacter</i>		
<i>Enterobacter hormaechei</i>	1,37	1,28

Бактериопланктон озера Виштынецкого в летний сезон 2022 года представлен 6 таксономическими группами. В озере Виштынецком в 2022 году доминировали бактерии 3 таксономических групп: палочковидные бактерии р. *Bacillus* (*Bacillus stearothermophilus* (12,33 %), *Bacillus sphaericus* (45,21 %)), кокковые бактерии р. *Sarcina* (*Sarcina ventriculi* (15,07 %)), и р. *Staphylococcus*: *Staphylococcus epidermidis* (10,96%). В единичных количествах встречали грамотрицательные палочковидные бактерии семейства Enterobacteriaceae: *Enterobacter hormaechei* (1,37 %), бактерии рода *Pseudomonas*: *Pseudomonas pseudoalcaligenes* (1,37%) и бактерии рода *Aeromonas*: *Aeromonas schubertii* (1,37%).

Следует отметить выявленные особенности микробного сообщества озера Виштынецкого в летний сезон 2023 года. Широкое распространение в микробных популяциях получили грамположительные бактерии р. *Bacillus* (*Bacillus stearothermophilus* (12,82 %), *Bacillus sphaericus* (44,87 %)), р. *Sarcina* (*Sarcina ventriculi* (14,10 %)) и р. *Staphylococcus*: *Staphylococcus epidermidis* (10,25%). В единичных количествах встречали грамотрицательные палочковидные бактерии родов *Pseudomonas*: *Pseudomonas pseudoalcaligenes* (1,28%) и *Aeromonas*: *Aeromonas caviae*, *Aeromonas schubertii*, семейства Enterobacteriaceae: *Enterobacter hormaechei* (1,28%).

Состав микробного сообщества озера Чайка в летний сезон 2022-2023 гг. представлен в таблице 2.

**Таксономический состав гетеротрофного бактериопланктона озера Чайка
в летний сезон 2022-2023 гг.**

Выделенные штаммы	Процент выделенных штаммов, %	
	Оз. Чайка.2022 г.	Оз. Чайка.2023 г.
<i>p. Pseudomonas</i>		
<i>Pseudomonas diminuta</i>	-	39,68
<i>p. Aeromonas</i>		
<i>Aeromonas sobria</i>	14,27	25,40
<i>Aeromonas caviae</i>	5,48	-
<i>Aeromonas schubertii</i>	2,74	-
<i>Aeromonas veronii</i>	-	25,40
<i>p. Citrobacter</i>		
<i>Citrobacter freundii</i>	-	9,52
<i>p. Bacillus</i>		
<i>Bacillus subtilis</i>	41,64	-
<i>Bacillus circulans</i>	4,68	-
<i>p. Enterobacter</i>		
<i>Enterobacter hormaechei</i>	6,85	-
<i>Enterobacter amnigenus</i>	0,27	-
<i>Enterobacter dissolvens</i>	24,11	-

Из грамотрицательных бактерий широкое распространение в исследуемой воде озера Чайка в летний сезон 2022 года получили бактерии рода *Enterobacter*: *Enterobacter dissolvens* (24,11 %), палочковидные бактерии рода *Aeromonas* (*Aeromonas sobria* (14,27%)). Среди грамположительных микроорганизмов обнаружены сапрофитные бактерии рода *Bacillus* (*Bacillus subtilis* (41,64%)) Единично в микрофлоре воды встречали грамотрицательные бактерии рода *Aeromonas*: *Aeromonas schubertii* (2,74 %) и палочковидные бактерии р. *Enterobacter*: *Enterobacter amnigenus* (0,27 %).

Бактериопланктон озера Чайка в летний сезон 2023 года представлен 3 таксономическими группами. Доминирующей группой в исследуемых участках озера Чайка были грамотрицательные бактерии *Pseudomonas diminuta* (39,68 %). В микрофлоре воды обнаруживали палочковидные бактерии родов *Aeromonas* и *Citrobacter*.

Таким образом, численность гетеротрофного бактериопланктона озера Виштынецкого в летний сезон изменялась в диапазоне от $0,1 \times 10^3$ до $1,7 \times 10^3$ КОЕ/мл в 2022 году, от $0,1 \times 10^3$ до $2,0 \times 10^3$ КОЕ/мл в 2023 году. Значения концентрации гетеротрофного бактериопланктона озера Чайка в летний сезон 2022 года варьировали в пределах от $4,4 \times 10^3$ КОЕ/мл до $9,8 \times 10^3$ КОЕ/мл, в 2023 году - от $3,0 \times 10^3$ КОЕ/мл до $19,0 \times 10^3$ КОЕ/мл. Количественные показатели бактериопланктона колебались в широких пределах и возрастали в зависимости трофии водоемов. Среди морфологических групп бактерий в озере Виштынецком в летний сезон 2022-2023 гг. доминировали палочковидные бактерии, кокковая группа занимала незначительную долю от общей численности выделенных штаммов бактерий. В составе бактериопланктона озера Чайка в летний сезон 2022-2023 гг. обнаружены только палочковидные микроорганизмы. Таксономический состав микробного сообщества озера Виштынецкого в летний сезон 2022-2023 гг. представлен грамотрицательными палочковидными бактериями семейств Enterobacteriaceae, Vibrionaceae, Pseudomonadaceae. Грамположительная микрофлора включала микроорганизмы родов *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Sarcina*. В микробном сообществе озера Виштынецкого в 2022 и 2023 гг. обнаружены 6 таксономических групп. Бактериопланктон озера Чайка в летний сезон в 2022 и 2023 гг. представлен 3 таксономическими группами. Состав микробного сообщества озера Чайка в летний сезон 2022 года включал грамотрицательные палочковидные бактерии семейств Enterobacteriaceae и Vibrionaceae. Грамположительную микрофлору составляли бактерии рода *Bacillus*. Таксономический состав микробного сообщества озера Чайка в летний сезон 2023 гг. включал только грамотрицательные палочковидные бактерии (семейств Enterobacteriaceae, Vibrionaceae, Pseudomonadaceae).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Expanding the concept of trophic state in aquatic ecosystems: It's not just the autotrophs / W.K. Dodds, J.J. Cole // *Aquatic Science*. – 2007. – V. 69. – P. 427–439.
2. Community analysis of Belarusian lakes: relationship of species diversity to morphology, hydrology and land use / A. Y. Karatayev, L. E. Burlakova // *Journal of Plankton Research*. – 2005. – V. 27. – P. 1045–1053.
3. Royama T. *Analytical Population Dynamics*. – London: Chapman & Hall, 1992. – 371 p.
4. Сезонная и многолетняя динамика гидроэкологических показателей в озерах разного трофического статуса / Б. В. Адамович, Т. М. Михеева, Т. В. Жукова и др. // *Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции: тезисы докладов Всероссийской конференции, посвященной 65-летию Института биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина Российской академии наук*, г. Борок, 22–26 ноября 2021 г. – Ярославль: Филигрань, 2021. С. 7.
5. Изменения размерно-морфологической структуры бактериопланктона в градиенте трофии пресных водоемов архипелага Шпицберген / Е.В. Кузнецова, Д.Б. Косолапов, А.В. Крылов // *Сибирский экологический журнал*. – 2021. – № 2. – P. 176–186.
6. Влияние экологического состояния водоемов на размерно-морфологическую структуру бактериобентоса (на примере водохранилищ Камского каскада) / Н.Г. Шерышева, Т.А. Ракитина, Л. П. Поветкина // *Карельский научный журнал*. – 2016. – Т. 5. № 3. – С. 102–106.
7. Алдушин А. В. Пространственно-временная динамика пелагического ихтиоценоза олиготрофного озера на примере озера Виштынецкого: диссертация на соискание учёной степени кандидата биологических наук. – Калининград, 2021. – 160 с.
8. Озеро Виштынецкое. Физико-географическая и гидрологическая характеристика / Т.А. Берникова // *Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов России (Калининградская область) и Литвы*. – Калининград: Издво «ИП Мишуткина», – 2008. – С. 94–97
9. История формирования озера Чайка как пример взаимодействия природных и антропогенных факторов на Куршской косе (Калининградская область) / Т.В. Напреенко-Дорохова, М. Г. Напреенко, А. В. Орлов, Д. А. Субетто // *Общество. Среда. Развитие (Terza Humana)*. – 2020. – С. 96-101.
10. Зоопланктон прибрежной зоны оз. Чайка в национальном парке «Куршская коса» / Г.А. Цыбалёва, С.Ю. Кузьмин // *Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. тр. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2013. вып. 9. С. 91–99.*
11. Оценка экологического состояния озера Чайка в национальном парке «Куршская коса» по гидробиологическим и гидрохимическим показателям в 2021–2022 годах / С. Ю. Кузьмин, Е. В. Авдеева, А. И. Моисеева // *Сборник научных статей Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»*. вып 18, 2023. С. 87-100.
12. Практикум по микробиологии: учебное пособие / О. В. Казимирченко, М. Ю. Котлярчук. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 124 с.
13. Методы общей бактериологии / под ред. Ф. Герхардта. – Москва: Мир, 1984. Т. 3. – 264 с.
14. Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований: учебное пособие / А. С. Лабинская [и др.]. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 588 с.
15. Определитель бактерий Берджи / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. – Москва: Мир, 1997. Т. 1. – 432 с.
16. Определитель бактерий Берджи / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. – Москва: Мир, 1997. Т. 2. – 368 с.

**BACTERIOPLANKTON OF SOME RESERVOIRS
OF THE KALININGRAD REGION
(LAKE VISHTYNETSKOYE, LAKE CHAIKA)
IN THE SUMMER SEASON OF 2022-2023**

¹Moiseeva Anastasia Ivanovna, 4th year post-graduate student
of the Department of Higher Education

²Avdeeva Elena Vitalievna, PhD. Biol. sciences, Professor

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹nastya.m.1234@mail.ru; ²elena.avdeeva@klgtu.ru

The abundance, morphological structure and taxonomic composition of heterotrophic bacterioplankton were determined in freshwater reservoirs (Lake Vishtynetskoye, Lake Chaika) of the Kaliningrad region, which differ in morphometry and trophic level. The analysis of the abundance, morphological structure and taxonomic composition of heterotrophic bacterioplankton of reservoirs of various trophic status revealed differences in the composition of bacterioplankton of these reservoirs. We found that the quantitative indicators of bacterioplankton varied widely and increased depending on the trophy of reservoirs.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАРПА (*CYPRINUS CARPIO L.*) В УСТАНОВКЕ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

¹Недоступ Александр Алексеевич, канд. техн. наук, доцент

²Ражев Алексей Олегович, канд. техн. наук

³Кондрашов Леонид Алексеевич

⁴Суконнов Даниил Владимирович

^{1,2}Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

^{3,4}ООО «Лаборатория цифровых технологий», Калининград, Россия

e-mail: ¹nedostup@klgtu.ru; ²root@digitechlab.ru; ³kla@digitechlab.ru; ⁴sdv@digitechlab.ru

*Приводятся результаты экспериментальных исследований динамических характеристик карпа (*Cyprinus Carpio L.*) в установке замкнутого водоснабжения с использованием нескольких устройств видеofиксации, расположенных в различных частях бассейна. Новизной исследования является междисциплинарный подход к исследованию, заключающийся в совместном применении технологий искусственного интеллекта и математического моделирования при обработке данных видеofиксации. Приведены результаты экспериментов. Обозначены области применения результатов исследования.*

Введение

В индустриальной аквакультуре [1] для выращивания ценных пород рыб широко применяются установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) [2]. Поведенческие характеристики гидробионтов в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) изучаются научным сообществом всего мира. В УЗВ выращивают, как правило, ценные породы рыб и ракообразных. К таким характеристикам относятся: скорость движения v , плотность скопления (распределения гидробионтов): горизонтальная ρ_x , вертикальная ρ_y , объемная ρ_{xyz} , траектория движения l_{xyz} , реакция на раздражители r_{xyz} и др [3]. На производительность УЗВ (масса выращенных гидробионтов в год) влияют поведенческие характеристики гидробионтов, что сказывается на технологиях их выращивания.

Технология физических экспериментов, с помощью которых можно наблюдать за поведением скоплений рыб различного возраста, значительно продвинулись вперед. В настоящее время становится возможным исследовать биомеханику гидробионтов, их поведенческие характеристики, а также продуктивность самих УЗВ. Это позволяет проектировщикам УЗВ и эксплуатации добиваться большей производительности процесса выращивания гидробионтов в искусственных условиях, автоматизировать процессы для увеличения продуктивных показателей и экологичности, уменьшения экономических затрат и себестоимости продукта аквакультуры для конечного потребителя [4].

При выполнении исследований динамических характеристик карпа (*Cyprinus carpio L.*) в УЗВ использовалась построенная силами кафедры водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ») установка, которая изображена на рис. 1. УЗВ ФГБОУ ВО «КГТУ» представляет собой техническую систему для выращивания рыбы (см. рис. 2).

На рис. 2 изображены устройства, входящие в УЗВ КГТУ (основная комплектация). Это: бассейн; механический фильтр; биофильтр; ультрафиолетовый обеззараживатель (УФ обеззараживание); дегазатор воды (удаление углекислого газа CO_2); насос; дезинфектор; термостат; механический фильтр; устройство рН контроля; обогатитель кислорода O_2 ; кормораздатчик. Соединяющими элементами вышеприведенных устройств является трубопровод.



а) бассейны с лампой



б) биофильтр



в) насос



г) УФ обеззараживание



д) механический фильтр



е) система трубопроводов и УФ обеззараживание

Рис. 1. УЗВ ФГБОУ ВО «КГТУ» для выращивания карпа (*Cyprinus carpio L.*)

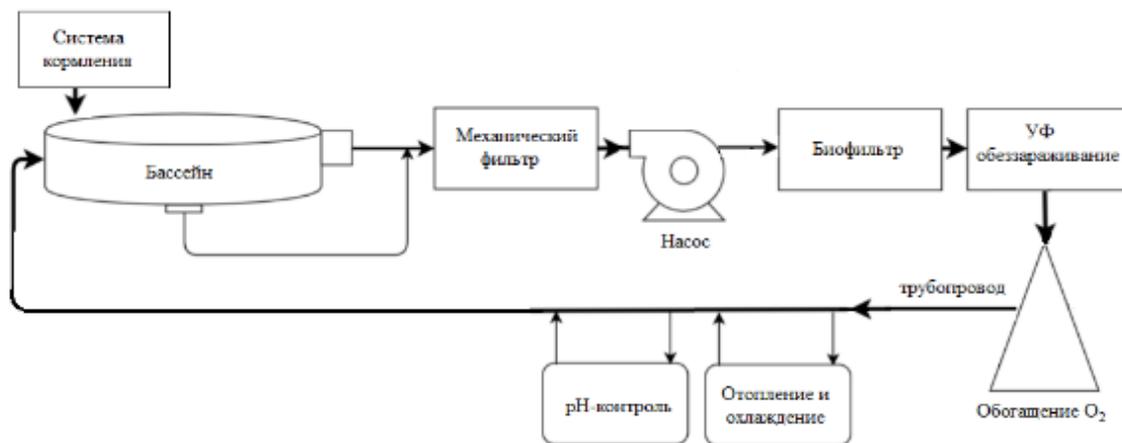


Рис. 2. Структурная схема УЗВ ФГБОУ ВО «КГТУ»

С целью выявления зависимостей поведенческих характеристик карпа (*Cyprinus Carpio L.*) от множества параметров системы «УЗВ-гидробионт», а также для исследования и автоматизации процессов выращивания гидробионтов были использованы различные системы мониторинга за наблюдением поведением рыб. Мониторинг включал в себя контроль траекторий движения и скоростных параметров особей карпа в УЗВ.

Постановка задачи

Отметим, что важным параметром эксплуатации УЗВ является время t . Все протекающие в УЗВ процессы - динамические. Таким образом, исследовать все поведенческие процессы в системе «УЗВ-гидробионт» необходимо во времени, то есть с использованием видео и эхо-записей.

К основным исследуемым характеристиками гидробионтов отнесем следующие: скорости движения в плоскостях OXY , OYZ и OZX ; плотности распределения гидробионтов в плоскостях OXY , OYZ , OZX ; траектории движения гидробионтов в плоскостях OXY , OYZ , OZX .

Поставим задачу определения указанных характеристик при помощи следующей установки. На бассейне УЗВ установим видеокамеры в плоскостях OXY , OYZ , OZX : Hiseeu 4K 8MP PTZ WIFI IP подключенную к модему и транслирующую видеоконтент по сети WI-Fi, позволяющую снимать непрерывно видео в горизонтальной плоскости и две подводные видеокамеры Lucky Seeker FL180AR, позволяющие производить видеофиксацию в вертикальных плоскостях.

На рис. 3 изображена схематизация установки видеокамер в бассейне УЗВ.

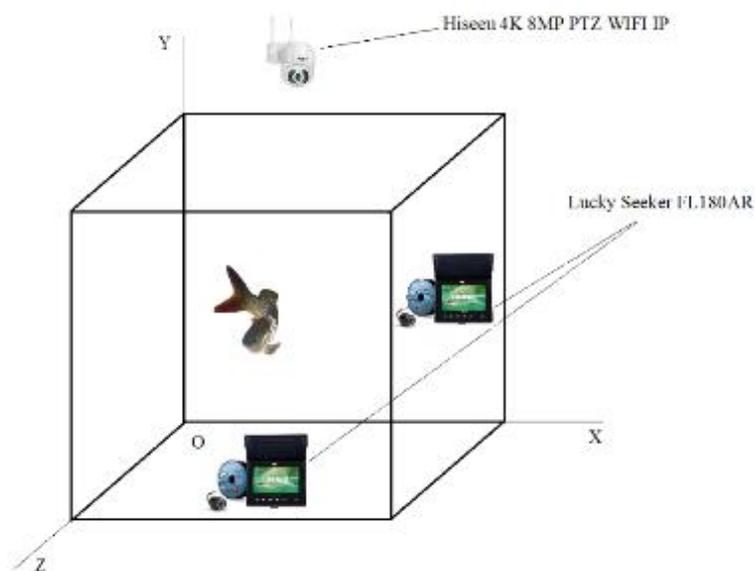


Рис. 3. Схематизация установки видеокамер в бассейне УЗВ

Схематизация установки беспроводного эхолота Fish Finder Erchang F68 в бассейне УЗВ изображена на рис. 4.

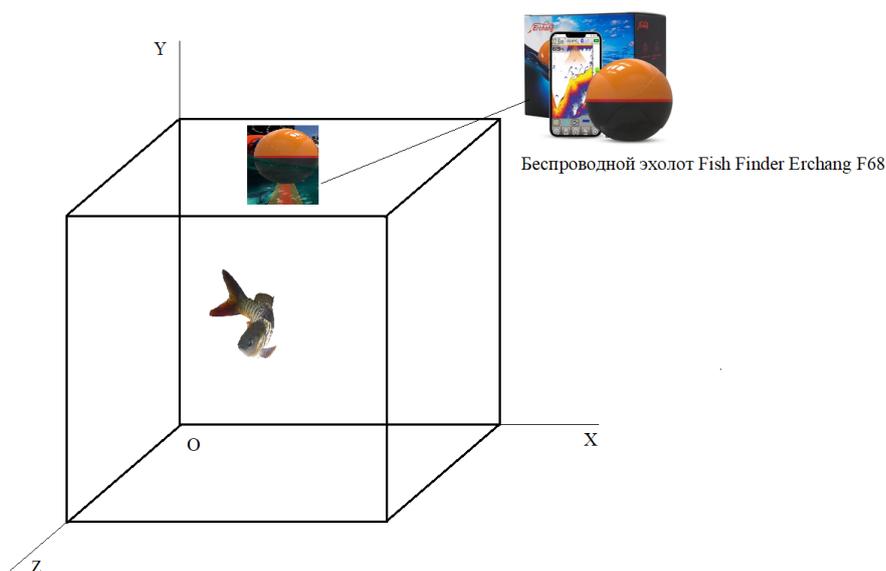


Рис. 4. Схематизация установки эхолота в бассейне УЗВ КГТУ

Бассейн УЗВ, в котором находятся гидробионты (в нашем случае это карп *Cyprinus Carpio L.*), представляет собой пластиковый короб объемом 1000 л, длина и ширина - 1000 мм; высота - 1200 мм, выполненный из полиэтилена низкого давления. Заполнен бассейн водой на 750 л ($V=0,75 \text{ м}^3$), высота заполнения водой в бассейне составила 0,75 м.

Материалы и методы

Для вычисления скорости движения и плотности распределения по траекториям движения карпа (*Cyprinus Carpio L.*) в плоскостях OXY, OYZ, OZX необходимо произвести обработку полученной с устройств видеофиксации информации с целью определения траекторий движения с привязкой ко времени. Для обработки будем использовать программное обеспечение «Замкнутая система УЗВ-гидробионт», разработанное авторами с применением технологий математического моделирования [5, 6] и искусственного интеллекта (машинного зрения) [7].

Система машинного зрения разработана на основе сверточной нейронной сети (CNN), обученной на распознавание карпа. После распознавания система выдает координаты области нахождения карпа, его размеры и вероятность определения. Одновременно с работой сверточной нейронной сети работает и математическая модель прогнозирования поведения рыб в УЗВ [5, 6], определяющая состояние системы УЗВ-гидробионт. Данные с CNN и математической модели поступают на фильтр Калмана [8], который на основании ошибки распознавания корректирует положение карпа.

Фильтр Калмана одновременно может анализировать данные с нескольких нейронных сетей (с нескольких устройств видеофиксации). Преобразование трехмерного пространства состояния системы в двумерные пространства устройств видеофиксации происходит посредством матриц измерений, описывающих связь между состоянием системы и измерением, в нашем случае матриц проекции пространства бассейна с карпами на плоскость камеры видеонаблюдения.

Математическая модель построена таким образом, что может корректировать свои параметры на основе полученной от фильтра Калмана ошибки прогноза.

Данные о положении карпов далее поступают на систему слежения, основанную на технологии ByteTrack [9]. Данная технология позволяет следить за движущимися объектами, получая на выходе траектории их движения, привязанные ко времени. По полученным траекториям методом численного дифференцирования находятся скорости движения карпов. Плотности распределения вычисляются на трехмерной расчетной сетке с последующей интерполяцией промежуточных значений.

При проведении экспериментов были уточнены условия, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Условия проведения опытов в УЗВ

Температура воды в бассейне T_0 , °С	Температура воздуха T_0 , °С	Плотность воды в бассейне ρ_0 , кг/м ³	Насыщение кислорода воды O_2 , мг/л
22-24	25	1000	7,0-8,2 (100-110%)

В табл. 2 приводятся характеристики особи карпа (*Cyprinus carpio L.*).

Таблица 2

Характеристики особи карпа (*Cyprinus carpio L.*)

№	Длина тела без хвостового плавника, промысловая длина, l $\times 10^{-3}$ м	Масса, M $\times 10^{-3}$ кг	Возраст, t лет
1	120	40	2
2	150	50	3

В табл. 3 приводятся условия характеристики бассейнов УЗВ.

Характеристики бассейнов

№	Длина, м	Ширина, м	Уровень воды, м	Количество особей
1	120	40	2	20
2	150	50	3	15

В бассейне № 1 были посажены особи карпа № 1, а в бассейне № 2 - особи карпа № 2.

Результаты и их обсуждение

При проведении экспериментов с видекамерами Hiseeu 4K 8MP PTZ WIFI IP и Lucky Seeker FL180AR были записаны видеозаписи, по которым при помощи разработанной программы для ЭВМ «Замкнутая система УЗВ-гидробионт» были построены траектории движения отдельных особей карпа (*Cyprinus Carpio L.*) с привязкой ко времени.

На рис. 5 – 7 изображены траектории движения в различных плоскостях, построенные компьютерной программой на 5-и минутном интервале времени в бассейне № 2.

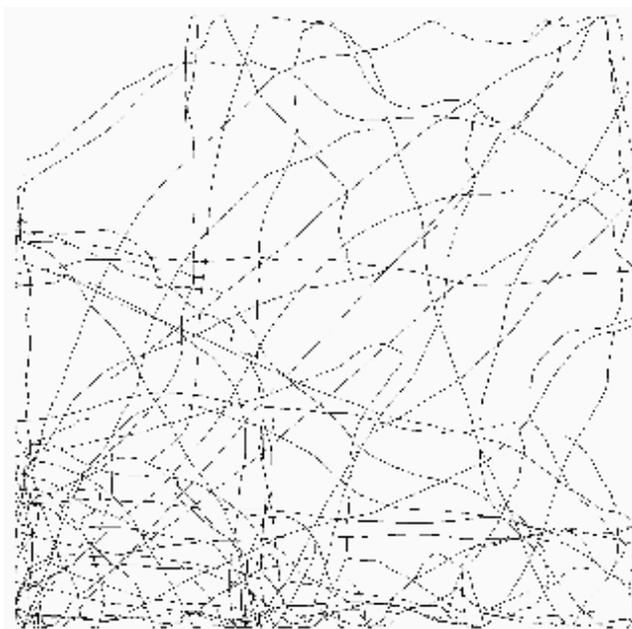


Рис. 5. Траектории движения особей карпа (*Cyprinus Carpio L.*) в плоскости OZX

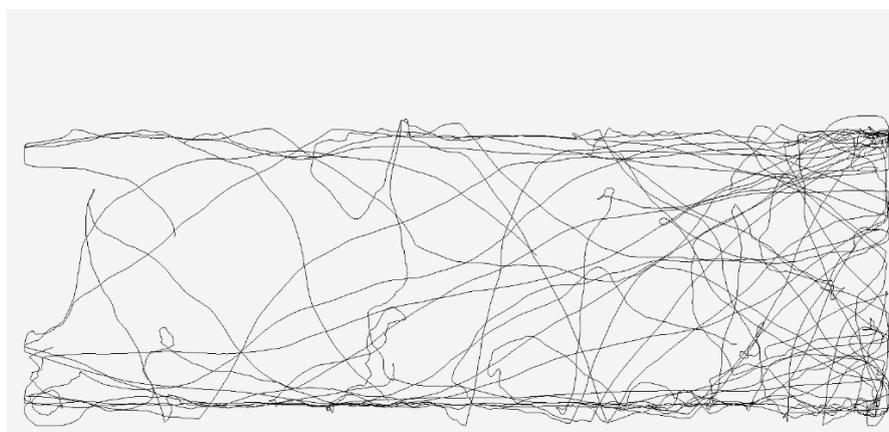


Рис. 6. Траектории движения особей карпа (*Cyprinus Carpio L.*) в плоскости OXY

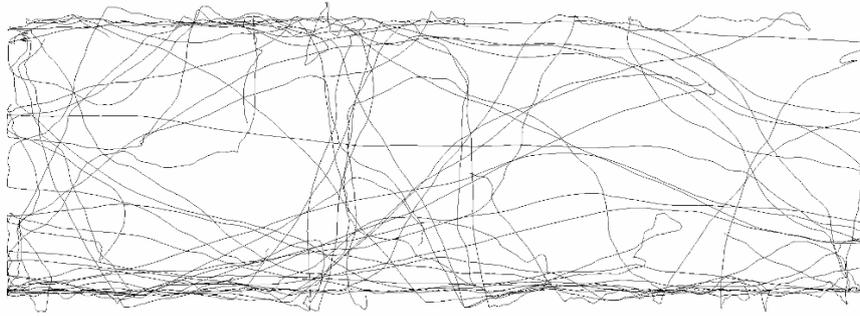
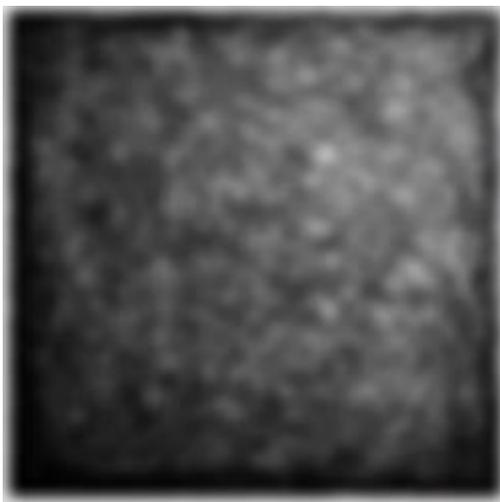
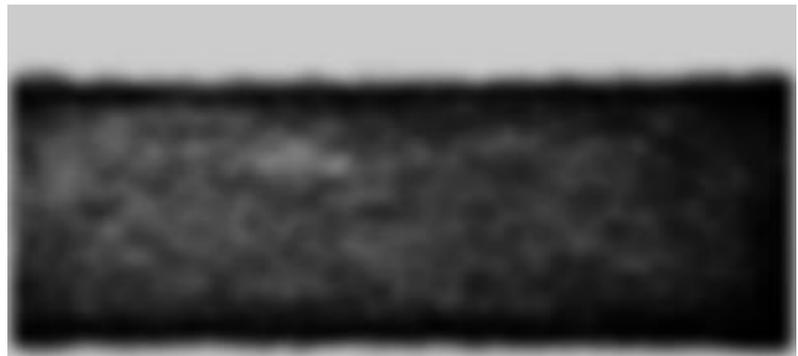


Рис. 7. Траектории движения карпа (*Cyprinus Carpio L.*) в плоскости OYZ

С учетом траекторий движения компьютерной программой также были получены данные по плотностям распределения карпа (*Cyprinus Carpio L.*) OXY, OYZ, OZX. На рис. 8 изображены плотности распределения карпа (*Cyprinus Carpio L.*) в плоскостях OZX и OXY. Расчет плотностей распределения происходил по замерам продолжительностью 1 час.



Плоскость OZX



Плоскость OXY

Рис. 8. Плотности распределения карпа (*Cyprinus Carpio L.*) в плоскостях OZX и OXY

Результаты исследования можно применять как в системах виртуальной реальности (тренажерных комплексах), так и на рыбоводных фермах для систем наблюдения с целью сбора статистики, предсказательного моделирования процессов рыбоводства, научных исследований в области автоматизации и информатизации процессов рыбоводства и технических средств аквакультуры.

Исследование выполнено в ООО «Лаборатория цифровых технологий» за счет гранта Российского научного фонда № 23-21-00010, <https://rscf.ru/project/23-21-00010/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хрусталева Е.И., Хайновский К.Б., Гончаренко О.Е., Молчанова К.А., Основы промышленной аквакультуры. СПб.: Издательство Лань, 2019. 280 с.
2. Проскуренко И.В. Замкнутые рыбоводные установки. М.: ВНИРО, 2003. 152 с.
3. Шутов В.А. Формирование управляемой информационной среды гидробионтов как основа повышения эффективности рыболовства и аквакультуры: монография / В.А. Шутов, С.Ю. Кузьмин, Д.Н. Востроушкин. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2012. – 307 с.

4. Аси А.А., Релве П.Ф., Херем Х-Я.Э. Определение оптимальной производительности рыбодводной установки с замкнутым циклом водоснабжения // Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах. - Москва : ВНИИПРХ, 1985. - С. 10-14.
5. Ражев А.О., Недоступ А.А., Багрова А.А. Компьютерная природоподобная имитация механики рыб в искусственной среде обитания // Материалы II Международной конференции «Природоподобные/природосообразные технологии: теория и практика - 2023». - Калининград: КГТУ. 2023. С. 64-70.
6. Ражев А.О., Недоступ А.А. Компьютерная имитация поведения рыб в замкнутой системе водоснабжения, Морские интеллектуальные технологии. 2023. № 4 часть 1, С. 277–284. DOI: 10.37220/МИТ.2023.62.4.033.
7. Ражев А.О., Недоступ А.А. Применение технологий машинного зрения для выращивания гидробионтов в установке замкнутого водоснабжения // Будущее аквакультуры. Прогрессивные биотехнологии: материалы международной научно-практической конференции, 2 февраля 2024 г. / под ред. И.В.Поддубной; Вавиловский университет – Саратов: Саратовский источник, 2024. С. 149–153. ISBN 978-5-6052156-2-2.
8. Ingvar Strid & Karl Walentin (2009), Block Kalman Filtering for Large-Scale DSGE Models, Computational Economics (Springer).
9. Klovov A, Abrarov A and Danilov P (2023) Flotation Froth Monitoring Using Unsupervised Multiple Object Tracking Methods. J Miner Sci Materials 4: 1054.

EXPERIMENTAL STUDIES OF CARP (CYPRINUS CARPIO L.) IN THE INSTALLATION OF A RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM

¹Nedostup Alexander Alekseevich, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, e-mail: nedostup@klgtu.ru

²Razhev Aleksey Olegovich, Candidate of Technical Sciences, e-mail: root@digitechlab.ru

³Kondrashov Leonid Alekseevich, e-mail: kla@digitechlab.ru

⁴Sukonnov Daniil Vladimirovich, e-mail: sdv@digitechlab.ru

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

^{3,4}DigiTech Laboratory, LLC, Kaliningrad, Russia

The article presents the results of experimental studies of the dynamic characteristics of carp (Cyprinus Carpio L.) in a recirculating aquaculture system installation using several video recording devices located in different parts of the basin. The novelty of the research is an interdisciplinary approach to research, which consists in the joint application of artificial intelligence technologies and mathematical modeling in the processing of video recording data. The results of the experiments are presented. The areas of application of the research results are indicated.

АКТУАЛИЗАЦИЯ НОРМ ВЫХОДА КОРМОВОЙ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ, ВЫПУСКАЕМОЙ НА СЕВЕРНОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕССОВО-СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК И УСТАНОВОК ПРЯМОЙ СУШКИ

¹Пискунович Денис Игоревич, старший специалист лаборатории нормативного обеспечения рыболовства

²Шаповалова Людмила Анатольевна, канд. техн. наук, заведующий лабораторией нормативного обеспечения рыболовства

^{1,2}Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича), Мурманск, Россия, e-mail: ¹pdi@pinro.vniro.ru; ²shapoval@pinro.vniro.ru

Актуализация норм выхода кормовой рыбной продукции, выпускаемой на прессово-сушильных установках и установках прямой сушки, проводилась для обеспечения воспроизводства гидробионтов, рационального производства продукции, достоверного учета изъятия водных биологических ресурсов Северного рыбохозяйственного бассейна и использования квот на их вылов. Необходимость проведения работ также обусловлена отсутствием документов, регламентирующих выход кормовой муки из рыбы-сырца (свежей) и отходов от ее разделки. Рассчитаны нормы выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве кормовой рыбной муки с указанием выхода рыбного жира. Проведен сравнительный анализ выхода кормовой рыбной муки и рыбного жира из рыбы-сырца (свежей) и отходов от ее разделки, полученных с использованием различных рыбомучных установок.

Введение

В настоящее время кормовые продукты из гидробионтов (кормовая рыбная мука, рыбный жир и другие), занимают особое место в кормовых рационах сельскохозяйственных животных, птицы и многих культивируемых рыб. Благодаря уникальному составу аминокислот белка, макро- и микроэлементов, а также наличию в жире биологически активных высоконенасыщенных жирных кислот их роль в обеспечении полноценного питания животных и рыб необычайно велика [1, с.4].

Учитывая темпы развития товарной аквакультуры, птицеводства, животноводства в сложившихся непростых условиях санкций, в которых находится страна, и необходимости наращивания импортозамещения путем создания полноценных, отвечающих запросам потребителя отечественных кормов, проблема увеличения объема и повышения качества кормовых продуктов из водных биологических ресурсов (ВБР), особенно кормовой рыбной муки, очень актуальна. Этому благоприятствует ситуация образования значительного количества отходов от разделки морских рыб, образующихся в процессе изготовления различной пищевой рыбной продукции, преимущественно мороженой, а также прилова ВБР и малоценных видов рыб на российских судах, в том числе осуществляющих промысел в пределах Северного рыбохозяйственного бассейна.

Выпуск кормовой продукции в морских условиях на борту рыбопромысловых судов, в свою очередь, требует строго учета направленного для этого рыбного сырья, который возможно осуществлять путем применения коэффициентов расхода сырья (КРС) или, как их еще называют, переводных коэффициентов. При этом для установления наиболее объективных, отражающих реальный улов ВБР переводных коэффициентов, показывающих отношение единицы израсходованного сырья к выходу готовой продукции, используют результаты опытно-контрольных работ (ОКР), проводимых в производственных условиях согласно действующим в технологическом нормировании порядку и правилам.

В настоящее время накоплен достаточно большой опыт проведения ОКР и получены результаты, позволяющие провести анализ данных по нормам выхода кормовой рыбной продукции, выпускаемой на прессово-сушильных установках и установках прямой сушки из разнообразных видов

рыб-сырца (свежих) Северного рыбохозяйственного бассейна и отходов от их разделки с целью актуализации действующих бассейновых и единых отраслевых норм, в которых сейчас либо отсутствуют такие нормы, либо они требуют своего подтверждения или корректировки. Ранее установленные Единые технологические нормы выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве кормовой рыбной муки и рыбного жира утратили силу на территории Российской Федерации в связи с изданием приказа Минсельхоза России от 30.04.2020 N 246 [2].

Таким образом, целью настоящей работы являются анализ и актуализация норм при производстве кормовой рыбной продукции (кормовой рыбной муки и рыбного жира), выпускаемой на прессово-сушильных установках и установках прямой сушки из ВБР Баренцева и Норвежского морей и отходов от их разделки.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- определить наиболее значимые виды сырья, используемые в морских условиях для производства кормовой рыбной муки и рыбного жира в рамках осуществления промышленного рыболовства на Северном рыбохозяйственном бассейне;
- проанализировать результаты ОКР по определению и расчету переводных коэффициентов на кормовую рыбную продукцию из ВБР Баренцева и Норвежского морей;
- определить зависимость выхода готовой кормовой рыбной продукции от типа рыбомучной установки;
- провести анализ полученных и ранее действующих переводных коэффициентов на кормовую рыбную продукцию.

Материал и методика

Объектами исследования являлись рыбы Баренцева и Норвежского морей: мойва *Mallotus villosus*, сайка *Boreogadus saida*, аргентина *Argentina silus*, пинагор *Cyclopterus lumpus*, сельдь атлантическо-скандинавская *Clupea harengus* (далее-сельдь), скумбрия атлантическая *Scomber scombrus* (далее-скумбрия), путассу (северная) *Micromesistius poutassou* (далее-путассу), зубатка пятнистая (пестрая) *Anarhichas minor*, зубатка синяя *Anarhichas denticulatus*, зубатка полосатая *Anarhichas lupus*, камбала морская *Pleuronectes platessa*, камбала-ерш *Hippoglossoides platessoides*, окунь морской *Sebastes spp.*, палтус синекорый (черный) *Reinhardtius hippoglossoides*, пикша *Melanogrammus aeglefinus*, сайда *Pollachius virens*, треска *Gadus morhua*, или отходы от их разделки при производстве кормовой рыбной продукции. Предметом исследования – нормы выхода кормовой рыбной продукции, изготавливаемой из вышеуказанных объектов промысла или отходов от их разделки в морских условиях на судах рыбопромыслового флота.

ОКР выполняли на судах, осуществлявших вылов (добычу) ВБР в различные сезоны года в районах Баренцева и Норвежского морей, силами технологических служб рыболовных компаний в соответствии с Руководством по технологическому нормированию [3, с. 19] и отечественными методиками определения норм расхода сырья [4, с. 128]. В ходе выполнения ОКР проводили контрольные взвешивания партий различных видов рыб или отходов от их разделки, которые формировали после подъема на борт судна или проведения разделки, соответственно. Одна контрольная партия составляла не менее 50 кг. Взвешивания осуществляли по всей технологической цепочке, начиная с сырья и заканчивая готовой продукцией. На каждой технологической стадии определяли массу отходов и потерь, а затем общее количество отходов, технологических потерь и выход готовой продукции.

Исследования проводили с учетом ранее установленных норм расхода сырья и выхода готовой продукции, приведенных в Приказе Минрыбхоза СССР от 10.09.1990 № 355 «Об утверждении единых технологических норм выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве кормовой муки и рыбного жира» (далее – П355) [5] и в сборнике «Единые нормы выхода рыбной продукции из водных биологических ресурсов и объектов аквакультуры» [6, с. 271], а также на основе индивидуальных норм (ИН), которые разработаны для различных предприятий, осуществляющих добычу ВБР в регионе. Для этого применяли расчетно-аналитический метод, основанный на обобщении результатов ОКР, проведенных в производственных условиях с последующим сопоставлением полученных данных с ранее действующими и существующими в настоящее время нормами. Всего с 2020 г. по 2023 г. проанализировано около 250 ОКР, выполненных на технологических линиях 43 судов рыбопромыслового флота, на основании которых разработаны индивидуальные

нормы для рыбодобывающих компаний. По каждому виду рыбного сырья проводили не менее трех ОКР: в начале, середине и конце промыслового периода.

Результаты и обсуждения

В настоящее время кормовую рыбную муку и рыбный жир на Северном рыбохозяйственном бассейне изготавливают исключительно в морских условиях на судовых рыбомучных установках. Кормовая ценность рыбной муки зависит от химического состава исходного сырья, технологического процесса и конструкции рыбомучной установки. Для производства кормовой рыбной муки применяют способы прямой сушки, прессово-сушильный, центрифужно-сушильный и др. В основе этих способов лежит принцип наиболее полного использования содержащихся в рыбном сырье белков, липидов, минеральных веществ [1, с. 9].

Выбор технологии переработки рыбного сырья во многом зависит от содержания в нем липидов (жирности) и параметров технологического процесса. Так, тощее (менее 3 % липидов) сырье может быть переработано способом прямой сушки без отделения рыбного жира; сырье средней (до 10 % липидов) и высокой жирности (более 10 % липидов) – прессово-сушильным способом с применением различных добавок [7, с. 64].

Анализ различных видов сырья, полученных в морских условиях, показал, что на сегодняшний день основными видами сырья для производства кормовой рыбной муки и рыбного жира при промысле в Баренцевом и Норвежском морях являются рыбы прилова, пелагические виды и малоценные, а также отходы от их разделки и разделки донных видов рыб. Так как среди рыбомучных установок на Северном рыбохозяйственном бассейне применяют прессово-сушильные установки и установки прямой сушки, то анализ результатов ОКР по определению и расчету КРС проводили при производстве кормовой продукции на данных установках.

Как видно из таблицы 1, установка прямой сушки без прессования сушенки применяется для переработки мойвы, путассу, скумбрии, сельди и отходов от их разделки (кроме мойвы), а с прессованием сушенки – отходов от разделки группы донных видов рыб с преобладающим содержанием отходов от разделки трески и пикши.

Несмотря на то, что мойва, скумбрия и сельдь не относятся к тощим видам рыб, применение установок прямой сушки оправдано при направлении маломерного прилова, когда промысловый размер мойвы менее 11 см, сельди – 25 см [8], рыбы с механическими повреждениями и другими качественными дефектами, с минимальным содержанием жира или отходов от разделки, образующихся при изготовлении пищевой продукции. Также важно ориентироваться на период вылова рыбы, зависящий от ее состояния. Сельдь и мойва осеннего периода вылова, находящиеся в стадии нагула, обладают высокой жирностью мышечной ткани, а весной – напротив, наименьшей. В связи с этим сельдь подразделяют на жирную (содержание жира не менее 12 %) и нежирную (содержание жира 12 % и менее). Скумбрия и мойва по жирности не подразделяются. При этом путина баренцево-морской мойвы проходит в преднерестовый период в феврале-апреле, когда уровень жира в мышечной ткани невысокий, что предопределяет возможность ее переработки на кормовые цели. У скумбрии тоже наблюдается сезонная изменчивость в содержании жира: наиболее жирной она бывает в августе-декабре, и возрастная, когда наименьшая жирность характерна для рыбы меньших размеров, а наибольшая – для крупной рыбы аналогичного периода вылова [9, с. 50, с. 118, с. 152]. В любом случае необходимо учитывать все факторы и оценивать эффективность выработки кормовой продукции способом прямой сушки.

Для переработки отходов от разделки промысловых видов донных рыб – трески и пикши, а также прилова, образующегося при их вылове, рыболовные компании предпочитают применять установки прямой сушки с прессованием сушенки. Это становится возможным вследствие того, что основную часть отходов составляют отходы от разделки тощих видов рыб – трески и пикши. Печень, как основной аккумулятор рыбного жира трески и пикши, собирается и перерабатывается, или заготавливается отдельно. Наличие большого количества отходов от разделки трески, пикши при выпуске мороженого филе различных видов разделки, мороженой рыбы потрошеной и потрошеной обезглавленной, тушки создают благоприятные условия для совместной их переработки с меньшими по количеству отходами от разделки других донных видов рыб, являющихся приловом.

Известно, что данный способ основан на одновременном разваривании и сушке сырьевой массы путем прессования. К его преимуществам относят простоту и небольшие размеры конструк-

ции установок, их обслуживание и регулирование параметров технологических процессов, наибольший выход кормовой рыбной продукции по сравнению с другими способами, возможность получения цельной кормовой муки. К недостаткам способа прямой сушки можно отнести сложность обработки жирного сырья, сырья с большим количеством коллагена и невысокую производительность [1, с. 10-11].

Прессово-сушильные установки без выпарного оборудования для использования бульона применяются для переработки мойвы и отходов от разделки группы донных видов рыб, а также мойвы и сайки, группы пелагических видов рыб (путассу, скумбрии, сельди, аргентины, пинагора) и отходов от их разделки. Прессово-сушильные установки с выпарным оборудованием для использования бульона используют для получения кормовой рыбной продукции из группы пелагических видов рыб (путассу, скумбрии, сельди, аргентины, пинагора) и отходов от разделки, группы донных видов рыб с преимущественным содержанием отходов от разделки трески и пикши (таблица 1, в источнике данных – ИН). Применение этих установок диктуется возможностью переработки сырья различного химического состава, более высокой степенью уменьшения содержания воды в массе перед сушкой, простотой оборудования. В то же время сложность режимов обработки сырья, трудности при переработке особо жирного сырья, более высокие энергетические затраты из-за необходимости применения выпарных установок, невозможность обработки всего объема подпрессовых бульонов (около 45 % их объема сливается за борт, что в пересчете на муку составляет 1,6 %) накладывает определенные ограничения в их применении.

Таблица 1

Нормы выхода кормовой продукции из различных видов рыб, вылавливаемых в Баренцевом и Норвежском морях, и отходов от их разделки

Тип рыбомучной установки	Вид рыбы/характеристика сырья	Выход комовой рыбной продукции, %		Количество ОКР	Источник данных
		кормовой рыбной муки	рыбного жира		
Установка прямой сушки без прессования сушенки	Мойва-сырец (свежая)	19,1	-	2	ИН, ПЗ55
	Путассу – сырец (свежая)	22,1	1,5	4	ИН
	Скумбрия - сырец (свежая)	21,9	-	1	ИН
	Сельдь - сырец (свежая)	от 18,0 до 21,0 19,5	-	3	ИН
	Отходы от разделки скумбрии-сырца (свежей)	от 22,5 до 24,5 23,5	от 2,0 до 4,0 3,0	7	ИН
	Отходы от разделки путассу-сырца (свежей)	от 20,8 до 23,6 22,2	от 0,9 до 1,7 1,3	3	ИН
	Отходы от разделки сельди-сырца (свежей)	от 23,0 до 24,6 23,8	-	9	ИН
Установки прямой сушки с прессованием сушенки	Отходы от разделки группы донных видов рыб-сырца (свежих): трески, пикши, зубатки пятнистой (пестрой), зубатки синей, зубатки полосатой, камбалы морской, камбалы-ерш, окуня морского, сайды, палтуса синекорого (черного) (с преимущественным содержанием отходов от разделки трески и пикши)	от 19,8 до 21,8 20,8	-	3	ИН
	Отходы от разделки тресковых видов рыб-сырца (свежих)	20,0	-	-	ПЗ55
Прессово-сушильная установка без выпарного оборудования для использования	Мойва-сырец (свежая)	от 13,8 до 14,0 13,9	-	4	ИН
		14,0	3,0	-	ПЗ55
	Мойва-сырец (свежая), сайка-сырец (свежая)	14,0	-	6	ИН

Тип рыбомучной установки	Вид рыбы/характеристика сырья	Выход комовой рыбной продукции, %		Количество ОКР	Источник данных
		кормовой рыбной муки	рыбного жира		
бульона	Сайка-сырец (свежая)	14,0	2,0	-	П355
	Группа пелагических видов рыб-сырца (свежих): путассу, скумбрия, сельдь, аргентина, пинагор (с преимущественным содержанием сельди и скумбрии)	от 17,9 до 20,0 18,1	от 0,7 до 3,0 1,6	87	ИН
	Группа видов рыб – сырца (свежих): килька, окунь морской, палтус, салака, сардинела, сардинопс, сельдь, скумбрия	18,0	2,5	-	П355
	Отходы от разделки группы донных видов рыб-сырца (свежих): трески, пикши, зубатки пятнистой (пестрой), зубатки синей, зубатки полосатой, камбалы морской, камбалы-ерш, окуня морского, сайды, палтуса синекорого (черного) (с преимущественным содержанием отходов от разделки трески и пикши)	от 14,5 до 17,1 15,8	от 2,5 до 2,6 2,5	85	ИН
	Отходы от разделки тресковых видов рыб-сырца (свежих)	17,6	-	-	П355
	Отходы от разделки трески-сырца (свежей)	18,2	-	-	ЕН-2022
	Отходы от разделки группы пелагических видов рыб-сырца (свежих): путассу, скумбрии, сельди, аргентины, пинагора (с преимущественным содержанием отходов из разделки сельди, скумбрии)	от 17,0 до 18,6 17,8	-	23	ИН
	Отходы от разделки сардины и скумбрии-сырца (свежих)	18,0	2,5	-	П355
Прессово-сушильная установка с выпарным оборудованием для использования бульона	Группа пелагических видов рыб-сырца (свежих): путассу, скумбрия, сельдь, аргентина, пинагор (с преимущественным содержанием сельди и скумбрии)	от 18,0 до 20,0 19,0	от 1,0 до 3,0	4	ИН
	Группа видов рыб-сыреца (свежих): килька, окунь морской, палтус, салака, сардинела, сардинопс, сельдь, скумбрия	20,0	2,5	-	П355
	Отходы от разделки группы донных видов рыб-сырца (свежих): трески, пикши, зубатки пятнистой (пестрой), зубатки синей, зубатки полосатой, камбалы морской, камбалы-ерш, окуня морского, сайды, палтуса синекорого (черного) (с преимущественным содержанием отходов от разделки трески и пикши)	от 14,5 до 16,5 15,5	от 3,0 до 9,0 6,0	8	ИН
	Отходы от разделки тресковых видов рыб-сырца (свежих)	19,5	-	-	П355
Примечание: при указании выхода кормовой рыбной муки и рыбного жира над чертой представлен диапазон значений, под чертой – среднее значение					

Анализ данных ОКР на кормовую продукцию из ВБР Баренцева и Норвежского морей, а также отходов от их разделки показывает, что при использовании установки прямой сушки без прессования сушенки выход кормовой рыбной муки из мойвы-сырца (свежей) составляет 19,1 %, что подтверждает значение выхода, указанного в П355. Выход кормовой рыбной муки из путассу-сырца (свежей) составляет 22,1 %, из скумбрии-сырца (свежей) – 21,9 %, из сельди-сырца (свежей)

- от 18 % до 21 % (среднее значение – 19,5 %), из отходов от разделки путассу-сырца (свежей) - от 20,8 % до 23,6 % (среднее значение – 22,2 %). Однако количество проведенных ОКР для данных видов сырья недостаточно для того, чтобы объективно рассчитать выход кормовой рыбной муки для дальнейшего расчета переводных коэффициентов. Для этих видов сырья будут продолжены исследования для получения новых результатов ОКР по нормам отходов и потерь на стадиях технологического процесса (варка, сушка).

Применительно к отходам от разделки сельди-сырца (свежей) и отходам от разделки скумбрии - сырца (свежей) количество проведенных ОКР достаточно для расчета КРС. Среднее значение выхода кормовой рыбной муки из отходов от разделки сельди-сырца (свежей) составляет 23,8 %, отходов от разделки скумбрии-сырца (свежей) - 23,5 %, КРС - 4,202 и 4,255, соответственно. При переработке отходов от разделки скумбрии дополнительно определен выход рыбного жира, который составил 3,0 % (среднее значение). Рассчитанные значения выхода кормовой рыбной муки и рыбного жира, а также КРС предложено в дальнейшем включить бассейновые и единые отраслевые нормы (таблица 2).

По результатам анализа данных ОКР на кормовую продукцию при использовании установки прямой сушки с прессованием сушенки выход кормовой рыбной муки из отходов от разделки группы донных видов рыб-сырца (свежих): трески, пикши, зубатки пятнистой (пестрой), зубатки синей, зубатки полосатой, камбалы морской, камбалы-ерш, окуня морского, сайды, палтуса синекорого (черного) с преимущественным содержанием отходов от разделки трески и пикши составляет от 19,8 % до 21,8 %. При этом среднее значение выхода кормовой муки 20,8 % незначительно отличаются от значения, представленного в ПЗ55 (20,0 %) - для отходов, получаемых при разделке тресковых видов рыб, что связано с усредненным значением выхода кормовой рыбной муки (для объектов прилова, включая тресковые виды рыб), полученных в результате анализа данных ОКР (таблица 1). Количество проведенных ОКР (3) для данного вида сырья недостаточно для того, чтобы объективно рассчитать выход кормовой муки для дальнейшего расчета КРС. Для него следует продолжить проведение ОКР с целью получения новых данных по нормам отходов и потерь на стадиях технологического процесса (варка, сушка, прессование), а также объективного расчета выхода кормовой рыбной муки.

Таблица 2

Нормы выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве кормовой рыбной муки и рыбного жира из рыбы-сырца (свежей) и отходов от ее разделки

Тип рыбомучных установок/Характеристика сырья	Выход готовой продукции в % к массе направленного сырья		Коэффициент расхода сырья на единицу готовой продукции (кормовой рыбной муки)
	мука кормовая рыбная	жир рыбный	
Установки прямой сушки без прессования сушенки Отходы, получаемые при разделке рыбы-сырца (свежей):			
- сельди	23,8	-	4,202
- скумбрии	23,5	3,0	4,255
Прессово-сушильные установки без выпарного оборудования для использования бульона			
1. Рыба-сырец (свежая):			
- мойва, сайка;	14,0	-	7,143
- группа пелагических видов рыб: путассу, скумбрия, сельдь, аргентина, пинагор (с преимущественным содержанием сельди и скумбрии)	18,1	1,6	5,525
Отходы, получаемые при разделке рыбы-сырца (свежей):			
- группы донных видов рыб: трески, пикши, зубатки пятнистой (пестрой), зубатки синей, зубатки полосатой, камбалы морской, камбалы-(ерш), окуня морского, сайды, палтуса синекорого (черного) (с преимущественным содержанием отходов от разделки трески и пикши);	15,8	2,5	6,329
- группы пелагических видов рыб: путассу, скумбрии, с е	17,8	-	5,618
Прессово-сушильные установки с выпарным оборудованием для использования бульона			

Тип рыбомучных установок/Характеристика сырья	Выход готовой продукции в % к массе направленного сырья		Коэффициент расхода сырья на единицу готовой продукции (кормовой рыбной муки)
	мука кормовая рыбная	жир рыбный	
Отходы, получаемые при разделке рыбы-сырца (свежей):			
- группы донных видов рыб: трески, пикши, зубатки пятнистой (пестрой), зубатки синей, зубатки полосатой, камбалы морской, камбалы-ерш, окуня морского, сайды, палтуса синекорого (черного) (с преимущественным содержанием отходов от разделки трески и пикши)	15,5	6,0	6,452

Анализ данных ОКР на кормовую продукцию при использовании прессово-сушильной установки без выпарного оборудования для использования бульона показывает, что выход кормовой рыбной муки из мойвы-сырца (свежей) составляет от 13,8 % до 14,0 % со средним значением выхода 13,9 %, что незначительно отличается от значения выхода, представленного в П355 (14 %). Вместе с тем, низкое количество проведенных ОКР (4) для мойвы-сырца (свежей) не дает возможности использовать рассчитанное среднее значение выхода кормовой рыбной муки для установления КРС.

Наиболее эффективной с точки зрения рентабельности производства и, как следствие, особо востребованной прессово-сушильная установка без выпарного оборудования для использования бульона оказалась при переработке таких видов рыбного сырья, как: одновременно перерабатываемых рыб-сырца (свежих) мойвы и сайки; группы пелагических видов рыб-сырца (свежей): путассу, скумбрии, сельди, аргентины, пинагора с преимущественным содержанием сельди и скумбрии; отходов от разделки группы донных видов рыб-сырца (свежих): трески, пикши, зубатки пятнистой (пестрой), зубатки синей, зубатки полосатой, камбалы морской, камбалы-ерш, окуня морского, сайды, палтуса синекорого (черного) с преимущественным содержанием отходов от разделки трески и пикши и отходов от разделки группы пелагических видов рыб-сырца (свежих): путассу, скумбрии, сельди, аргентины, пинагора с преимущественным содержанием отходов из сельди и скумбрии. Согласно предварительным результатам, полученным при обработке данных ОКР, выход кормовой рыбной муки и КРС, соответственно, составили: для группы одновременно перерабатываемых рыб-сырца (свежих) мойвы и сайки - 14,0 % и 7,143; для группы пелагических видов рыб-сырца (свежей) - 18,1 % и 5,525; отходов от разделки группы донных видов рыб-сырца (свежих) - 15,8 % и 6,329; отходов от разделки группы пелагических видов рыб-сырца (свежих) - 17,8 % и 5,618. При этом выход рыбного жира составил: для группы пелагических видов рыб-сырца (свежей) 1,6 %, отходов от разделки группы донных видов рыб-сырца (свежих) - 2,5 % (таблица 2).

Для группы пелагических видов рыб и отходов от разделки группы донных видов рыб применяют также прессово-сушильную установку с выпарным оборудованием для использования бульона. При этом существенной разницы в выходе кормовой рыбной муки в сравнения с аналогичной установкой без выпарного оборудования для использования бульона не обнаружено. По результатам анализа данных ОКР при использовании прессово-сушильной установки с выпарным оборудованием для использования бульона выход кормовой муки из группы пелагических видов рыб составляет от 18 % до 20 % со средним значением 19,0 %, что сопоставимо с таковым при использовании установки без выпарного оборудования - от 17,9 % до 20,0 % со средним значением 18,1 %. В то же время результаты исследований, полученные на основе четырех ОКР, не являются достоверными и не могут быть использованы для расчета КРС.

Выход кормовой рыбной муки из отходов от разделки группы донных видов рыб находится в диапазоне от 14,5 % до 16,5 % при среднем значении 15,5 %. На основании полученного выхода готовой продукции рассчитан КРС - 6,452. Одновременно рассчитан выход рыбного жира, который составил 6,0 % при наименьшем значении 3,0 % и наибольшем - 9,0 % (таблицы 1, 2). При сравнении полученных результатов с данными П355 видно, что значения выхода кормовой муки сильно отличаются друг от друга - 15,5 % против 19,5 %, что связано с усредненным значением выхода кормовой муки для тресковых видов рыб (таблица 1).

Анализируя рассчитанные на основе экспериментально полученных данных ОКР нормы выхода кормовой рыбной муки из ВБР Баренцева и Норвежского морей, можно констатировать, что при использовании установки прямой сушки (с прессованием или без прессования сушенки) выход кормовой рыбной муки из мойвы (19,1 %) и отходов от разделки группы донных видов рыб (20,8 %) выше, чем при использовании прессово-сушильной установки (с выпарным оборудованием и без

него) - 13,9 % из мойвы и 15,5 % (с выпарным оборудованием), 15,8 % (без выпарного оборудования) из отходов от разделки группы донных видов рыб. Очевидно, что способ прямой сушки для указанного вида рыбного сырья можно считать более предпочтительным, обеспечивающим наибольший выход готовой продукции.

Рассчитанные нормы выхода кормовой рыбной муки и рыбного жира, а также КРС для тех видов рыбного сырья, для которых ОКР позволило это сделать, предложено использовать при актуализации действующих бассейновых и единых отраслевых норм (таблица 2). После их согласования и утверждения нормы будут востребованы в производственной практике рыболовных компаний, деятельность которых направлена на реализацию концепции комплексной переработки водных биоресурсов, контролирующими органами (сотрудниками Североморского территориального управления Федерального агентства по рыболовству и Пограничного управления ФСБ России по западному арктическому району), а также широким кругом специалистов во исполнение действующих Правил рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна в целях учета и контроля улова водных биологических ресурсов.

Выводы

1. Установлено, что основными видами сырья для производства кормовой рыбной муки и рыбного жира при промысле в Баренцевом и Норвежском морях являются рыбы прилова, пелагические виды и малоценные, а также отходы от их разделки и разделки донных видов рыб.

2. Для ВБР Северного рыбохозяйственного бассейна и отходов от их разделки наиболее эффективной оказалась прессово-сушильная установка без выпарного оборудования для использования бульона.

3. Для группы пелагических видов рыб и отходов от разделки группы донных видов рыб существенной разницы в выходе кормовой рыбной муки при использовании прессово-сушильной установки с выпарным оборудованием для использования бульона и без выпарного оборудования не обнаружено.

4. Подтверждена зависимость выхода готовой кормовой рыбной продукции от способа сушки сырья. При использовании установки прямой сушки выход кормовой рыбной муки выше, чем при использовании прессово-сушильной установки (с выпарным оборудованием и без него).

5. Результаты ОКР по определению норм расхода сырья и выхода готовой продукции при производстве кормовой рыбной муки из мойвы-сырца (свежей), путассу-сырца (свежей), скумбрии-сырца (свежей), сельди-сырца (свежей), из отходов от разделки путассу при использовании установки прямой сушки без прессования сушенки; из отходов от разделки группы донных видов рыб при использовании установки прямой сушки с прессованием сушенки; из мойвы-сырца (свежей) при использовании прессово-сушильной установки без выпарного оборудования для использования бульона, а также группы пелагических видов рыб при использовании прессово-сушильной установки с выпарным оборудованием будут использованы для расчета норм отходов, потерь, выхода готовой продукции (кормовой рыбной муки и рыбного жира) и расхода сырья при производстве кормовой рыбной продукции после получения дополнительных данных.

6. Результаты ОКР по определению норм расхода сырья и выхода готовой продукции при производстве кормовой рыбной муки из отходов от разделки рыбы-сырца (свежей) при использовании установки прямой сушки без прессования сушенки (для отходов от разделки из сельди и скумбрии), а также из группы одновременно перерабатываемых рыб (мойва-сырец (свежая), сайка-сырец (свежая), из группы пелагических видов рыб, из отходов от разделки группы донных видов рыб и отходов от разделки группы пелагических видов рыб при использовании прессово-сушильной установки без выпарного оборудования, а также из отходов от разделки группы донных видов рыб при использовании прессово-сушильной установки с выпарным оборудованием для использованием бульона использованы для расчета норм отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве кормовой рыбной продукции в целях разработки бассейновых и формирования единых отраслевых норм, применяемых для контроля фактического вылова ВБР и обеспечения их рационального использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обоснование использования отходов от разделки кальмаров для получения кормовой муки и жира : диссертация ... кандидата технических наук : 05.18.04/ Степанцова Галина Егоровна; [Место защиты: Калининградский Государственный Технический Университет].- Калининград, 2002. - 154 с.
2. Приказ Минсельхоза РФ от 30.04.2020 № 246 "О признании не действующими на территории Российской Федерации ведомственных актов СССР, их отдельных положений, писем, инструкций и указаний, изданных центральными органами государственного управления СССР, признании утратившими силу ведомственных актов РСФСР" // КонсультантПлюс : справочно-правовая система: сайт.-URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_352304/ (дата обращения: 19.08.2024).
3. Технологическое нормирование. Выпуск 9. Руководство по технологическому нормированию выхода продуктов переработки водных биоресурсов и объектов аквакультуры. – М.: Изд-во ВНИРО, 2019. – 74 с.
4. Методики определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов / Под ред. Е.Н. Харенко. – М.: Изд-во ВНИРО, 2002. – 270 с.
5. Приказ Минрыбхоза СССР от 10.09.1990 № 355 «Об утверждении единых технологических норм выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве кормовой муки и рыбного жира» // КонсультантПлюс : справочно-правовая система: сайт.-URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=ESU&n=35961#8eBXUDUNyY5NS2lc> (дата обращения: 19.08.2024).
6. Технологическое нормирование. Выпуск 10. Единые нормы выхода рыбной продукции из водных биологических ресурсов и объектов аквакультуры. – М.: Изд-во ВНИРО, 2023. – 279 с.
7. Исаев В.А., Кривич В.А. Производство кормовой рыбной муки из рыбного сырья с высоким содержанием жира//Рыбное хозяйство. – 1980. - № 12. – С. 63-66
8. Правила рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна: Прил. к Приказу Министерства сельского хозяйства РФ от 13.05. 2021 г. № 292 «Об утверждении правил рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна (в ред. Приказа Минсельхоза России от 20.08.2021 № 583). – Текст: электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации : [сайт] / Консорциум КОДЕКС. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/603702170?marker=6500IL> (дата обращения 19.08.2024)
9. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам морских и океанических рыб.- М.: Изд-во ВНИРО, 1998.-224 с.

STANDARDIZATION OF FISH FEED PRODUCT OUTPUT IN THE NORTHERN FISHERY BASIN USING PRESS-DRYING AND DIRECT-DRYING PLANTS

¹Piskunovich Denis Igorevich, senior specialist of the Laboratory of Normative Support of Fisheries of Polar Branch

²Shapovalova Lyudmila Anatol'evna, candidate of technical sciences, the head of the Laboratory of Normative Support of Fisheries of Polar Branch

^{1,2}Polar Branch of the FSBSI "VNIRO" (PINRO named after N. M. Knipovich), Murmansk, Russia, e-mail: ¹pd_i@pinro.vniro.ru; ²shapoval@pinro.vniro.ru

The standardization of feed fish product output from press-drying and direct-drying plants was undertaken to ensure the reproduction of hydrobionts, rational production practices. Additionally, the work aimed to guarantee accurate accounting of the withdrawal of aquatic biological resources from the Northern Fishery Basin and the proper utilization of fishing quotas. This effort was also necessitated by the lack of documentation regulating the yield of fish meal derived from raw (fresh) fish and processing by-products. Standards for finished product output and raw material consumption in fish meal production, including fish oil yields, were calculated. Furthermore, a comparative analysis was conducted on the yields of fish meal and fish oil obtained from raw (fresh) fish and processing by-products using different fish meal processing plants.

РЫБОВОДНЫЕ И ПРОДУКЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТОВАРНЫХ ОСОБЕЙ И ФЕРТИЛЬНЫХ САМОК РЕЦИПРОКНЫХ ГИБРИДОВ МЕЖДУ КАЛУГОЙ И СТЕРЛЯДЬЮ

Рачек Евгений Иванович, канд. биол. наук

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»)
Владивосток, Россия, e-mail: evgenii.rachek@tinro.vniro.ru

Дана оценка биологических и продукционных показателей товарных особей и фертильных самок реципрокных гибридных форм между стерлядью и калугой и определена перспективность использования гибридов для товарного культивирования и получения пищевой икры. Выявлено, что обе гибридные формы в условиях тепловодного хозяйства обладают высокими потенциями роста, достигая массы 2,6 кг в возрасте трехлеток и 4,6–5,3 кг в возрасте четырехлеток. Созревшие самки гибридов составляют 8–22 % от численности РМС, отличаются поздним и растянутым созреванием, длительными межнерестовыми интервалами, резорбцией и небольшим количеством получаемой икры.

Введение

Впервые реципрокных гибридов между калугой и стерлядью (кастеров), получили в 2005–2006 гг. на Лучегорской научно-исследовательской станции ТИНРО, базирующейся на теплых водах Приморской ГРЭС на севере Приморского края. При скрещивании использовали производителей амурской калуги (К), выращенных из потомства природных производителей, и доместигированных самцов и самок волжской стерляди (Ст), выращенных от личинок, закупленных в Волгореченском тепловодном хозяйстве в 1992 г. [1, 2]. В 2012 г. на обоих гибридах получили патенты на селекционные достижения. Запатентованное название гибрида К×Ст – кастер, а гибрида Ст×К – кастер лучегорский [3, 4]. Впоследствии гибриды стали основными объектами товарного осетроводства в Приморском крае, а затем их начали выращивать в тепловодных хозяйствах и УЗВ европейской части России и Сибири. Предполагалась, что триплоидные гибриды между видами со 120 и 268 хромосомами будут стерильными, но в РМС вначале появились зрелые самцы, а затем и самки, что оказалось неожиданностью для генетиков [5, 6]. За 16 лет исследований было создано более десяти возрастных генераций гибридов, которых использовали как для товарного выращивания, так и для выявления фертильных самок и определения их продукционных характеристик. Исследования провели впервые в России и Мире [7, 2].

1. Материал и методы исследований

Материалом для исследований на этапе товарного выращивания служили сеголетки, двухлетки, трехлетки и четырехлетки реципрокных гибридов первого поколения К×Ст и Ст×К генераций 2005–2020 гг. в количестве около 20 тыс. особей. Молодь гибридов подращивали до 25 г в бассейнах инкубационно-выростного комплекса (ИВК) в режиме УЗВ и на прямотоке. С возраста сеголеток до товарных трехлеток и четырехлеток, используемых для технологической переработки, гибридов постоянно содержали в типовых садках площадью 10 м², закрепленных на понтонной линии ЛМ-4.

Понтонная линия установлена в водоподводящем канале Приморской ГРЭС. Скорость течения воды около 0,4 м/с. Температура воды за период исследований варьировала в широких пределах от 1–2 °С в зимние месяцы до 29–34 °С в июле–августе. Общая сумма тепла за годы исследований составляла 4344–5146 градусо-дней [2].

Ремонтно-маточные стада (РМС) гибридов создавали путем отбора по экстерьеру из товарной рыбы в возрасте 3+, 4+ и последующего корректирующего отбора в размере 50 % в возрасте 6+, 7+.

Для кормления молоди гибридов на начальных этапах культивирования использовали несколько типов живых кормов, а затем переходили на стартовые и продукционные корма рецептуры и производства ТИНРО.

За период наблюдений исследовали продукционные характеристики фертильных самок пяти наиболее полно сохранившихся возрастных генераций 2005–2010 гг. принимавших участие в 87

нерестовых кампаниях. Одна из генераций представлена настоящими альбиносами лимонно-желтого цвета с красными глазами, созданными при скрещивании самки калуги с самцом-альбиносом стерляди (СтА) (таблица 1).

Таблица 1

Распределение самок по возрасту участия в нерестовых кампаниях

№ п/п	Гибридные формы	Возраст самок, годы										Всего, экз.
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Ст×К, 2005, 2007	1	1	2	4	8	9	8	12	-	1	46
2	К×Ст, 2006, 2009, К×СтА, 2010	1	2	5	2	8	12	3	2	4	2	41
3	Итого экз.	2	3	7	6	16	21	11	14	4	3	87

Большинство особей участвовало в нерестовых кампаниях в возрасте 13-16 лет.

При выращивании товарной рыбы и РМС применяли различные плотности посадки (таблица 2).

Таблица 2

Плотность посадки гибридов различного возраста в садках

Показатели	Возрастные группы					
	Сеголетки	Двухлетки	Трехлетки	Четырехлетки	Ремонт	Самки
Плотность посадки, шт./м ²	100-120	33-65	25-35	20-25	3-5	2-3

Во время ежегодных осенних бонитировок индивидуально измеряли массу тела и размерные показатели у 30 экз. в каждом из садков во всех возрастных группах гибридных форм на этапе товарного выращивания и у всех особей РМС [8]. Рассчитывали рыбопродуктивность садков. Достоверно определенным самкам вводили электронные метки-транспондеры. Для определения стадии зрелости самок отбирали пробы ооцитов при помощи шупа, а также исследовали их гонады методом УЗИ-диагностики при помощи прибора Mindray DP 6600 [9]. Зрелых самок весной при температурах 13-17 °С переносили из садков в бассейны ИВК с прямоточной системой водоснабжения. Для стимуляции созревания самок выполняли одноразовое инъектирование рыб гормоностимулирующим препаратом «Сурфагон». Овулировавшую икру получали прижизненно, используя для этого метод надрезки яйцеводов [10]. Во время нерестовых кампаний собирали данные по массе икры, продуцируемой каждой самкой, и средней массе икринок. Определяли рабочую (РП) и относительную рабочую плодовитости (ОП) для каждой самки, рассчитывали оосоматические индексы (ОСИ) – отношение массы полученной икры к массе самки перед нерестом в процентах.

Фиксировали возраст наступления половой зрелости каждой самки, продолжительность созревания всей генерации и межнерестовые интервалы. Статистическую обработку выполняли с использованием программы Excel.

2. Рыбоводно-биологические и продукционные характеристики гибридов

2.1. Товарные гибриды между калугой и стерлядью

Сеголетки обеих гибридных форм за многолетний период исследований вырастали, в среднем, до 170-180 г при максимуме 240-300 г (таблица 3).

Результаты выращивания гибридов в садках за период 2005-2020 гг.

№ п/п	Показатели		Возрастные группы			
			Сеголетки	Двухлетки	Трехлетки	Четырехлетки
1	Масса тела, г	Ст×К, 2005-2019	170±13	1067±70	2628±126	4593±355
		К×Ст, 2006-2010	178±30	1047±84	2639±127	5277±232
2	Рыбопродуктивность, кг/м ² садка	Ст×К, 2005-2019	14,7±1,4	47,5±3,1	64,1±3,3	54,5±4,5
		К×Ст, 2006-2010	18,3±2,2	48,1±3,3	64,9±8,2	83,9±11,9

Масса двухлетних и трехлетних особей двух генераций отличалась незначительно и несколько превышала 1000 г и 2600 г соответственно. В отдельные годы наблюдений средняя масса двухлеток обоих гибридов достигала 1500 г, а трехлеток 3600 г. Лидирующие особи товарных трехлеток гибридов вырастали до 6950 г. Четырехлетние гибриды К×Ст превышали гибридов Ст×К такого же возраста по массе тела на почти на 700 г, или 14,9 %. Лидирующие четырехлетки гибридов с материнской линией калуги вырастали до 8000 г.

Рыбопродуктивность садков с двухлетками обеих гибридных форм в возрасте двухлеток и трехлеток отличалась незначительно и различия были недостоверными. Средняя рыбопродуктивность садков с четырехлетними гибридами К×Ст достоверно превышала таковую в садках с гибридами Ст×К такого же возраста на 29,4 кг, или 54 %. Причем в 2009 и 2014 гг. была достигнута очень высокая рыбопродуктивность садков с четырехлетками гибридов К×Ст на уровне 101-122 кг/м² соответственно.

2.2. Фертильные самки реципрокных гибридов

2.2. Количество самок гибридов в РМС

Численность достоверно определенных самок реципрокных гибридов у разных поколений гибридов варьировала от 16 до 30 %. Однако некоторые из них до сих пор не созрели. В нерестовых кампаниях участвовали от 8 до 14 % самок обычной окраски и 22 % самок-альбиносов (таблица 4).

Таблица 4

Количество достоверно определенных и созревших самок от начальной численности РМС

Показатели	Гибридные формы				
	Ст×К, 2005	Ст×К, 2007	К×Ст, 2006	К×Ст, 2009	К×СтА, 2010
Численность РМС, экз.	96	100	100	50	74
Количество самок, экз./%	15/16	20/20	16/16	6/12	22/30
Количество созревших самок, экз./%	13/14	13/13	12/12	4/8	16/22

Самцы составляли от 10 до 30 % общей численности РМС каждой генерации. Остальные особи были стерильными или с неопределенным полом.

2.2.3. Созреваемость самок после стимуляции нереста

За 10 лет эксплуатации маточных стад получили икру от 83 % самок гибридных форм Ст×К и 66 % самок К×Ст. Полная или частичная резорбция икры в зимний и преднерестовый периоды наблюдалась у 17 % зрелых самок Ст×К и 34 % самок К×Ст.

2.2.4. Возраст созревания самок

Возраст первого созревания самок гибридов каждой генерации очень сильно различался. Созревание происходило неравномерно из-за нарушения развития гонад и индивидуальных особенностей воспроизводительной системы триплоидных рыб. Первые самки обоих гибридов созревали в возрасте 9, 10 и 12 лет (таблица 5).

Таблица 5

Распределение самок гибридов по возрасту первого созревания (в %)

Гибридные формы	Возраст первого созревания, лет									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ст×К, 2005	7	-	14	7	-	26	26	20	-	-
Ст×К, 2007	-	-	-	18	55	9	9	9	-	-
К×Ст, 2006	8	-	15	-	15	30	8	8	8	8
К×Ст, 2009	-	25	-	-	-	-	75	-	-	-
К×СтА, 2010	-	6	18	-	32	44	-	-	-	-

Пик первого созревания самок пришелся на возрастные группы 13, 14 и 15 лет. Наиболее растянутым по времени оказалось созревание гибридной формы К×Ст, 2006, у которой между созреванием первой и последней самки прошло 9 лет. Некоторые самки альбиносной гибридной формы К×СтА, 2010 еще ни разу не принимали участие в нересте и будут входить в репродуктивный возраст в ближайшие годы.

2.2.5. Межнерестовые интервалы производителей

Среди обеих гибридных форм имелось по одной самке, созревшей в возрасте 9 лет, которые затем нерестились ежегодно от 2 до 5 лет подряд. Большинство повторно созревающих самок пропускали 2-4 года между нерестами. Наибольшее количество особей принимали участие в нересте по одному разу (таблица 6).

Таблица 6

Численность самок с различными межнерестовыми интервалами (экз./%)

Возрастные генерации	Нерестящиеся ежегодно	Пропускающие 1 год	Пропускающие 2 года	Пропускающие 3-4 года	Нерестившиеся 1 раз
Ст×К, 2005, 2007	1/6	1/6	4/23	6/35	5/30
К×Ст, 2006, 2009	1/7	-	4/25	3/18	8/50
К×СтА, 2010	-	3/19	2/13	1/6	10/62

2.2.6. Продукционные показатели фертильных самок гибридных форм

Для удобства сравнения мы приводим обобщенные продукционные характеристики самок каждой из 5 исследуемых генераций за период использования в нерестовых кампаниях с 2014 по 2024 гг. Масса гибридов, от которых удалось получить икру, варьировала от 10 до 37 кг. Наибольшую массу тела за годы эксплуатации имели самки, рожденные в 2006 и 2007 гг. (рисунок 1А).

Самки гибридов Ст×К, 2005 продуцировали, в среднем, 1,68 кг икры, причем у разных особей этот показатель варьировал в пределах от 0,15 до 3,25 кг за один нерест. Самки генерации имели икринки средних размеров и самые высокие значения РП и ОП (рисунки 1Б, 1В, 1Г, 1Д).

Самки генераций Ст×К, 2007 и К×Ст, 2006 отличались минимальным количеством полученной икры на уровне 1,5-1,6 кг. Масса икры, полученной от самок этих генераций за один нерест, имела наибольшую вариабельность в диапазоне от 0,11 до 4,0 кг. Самки продуцировали икринки средних и крупных размеров от 20 до 25 мг, но РП, ОП и ОСИ имели самые низкие значения и варьировали у разных особей в широких пределах.

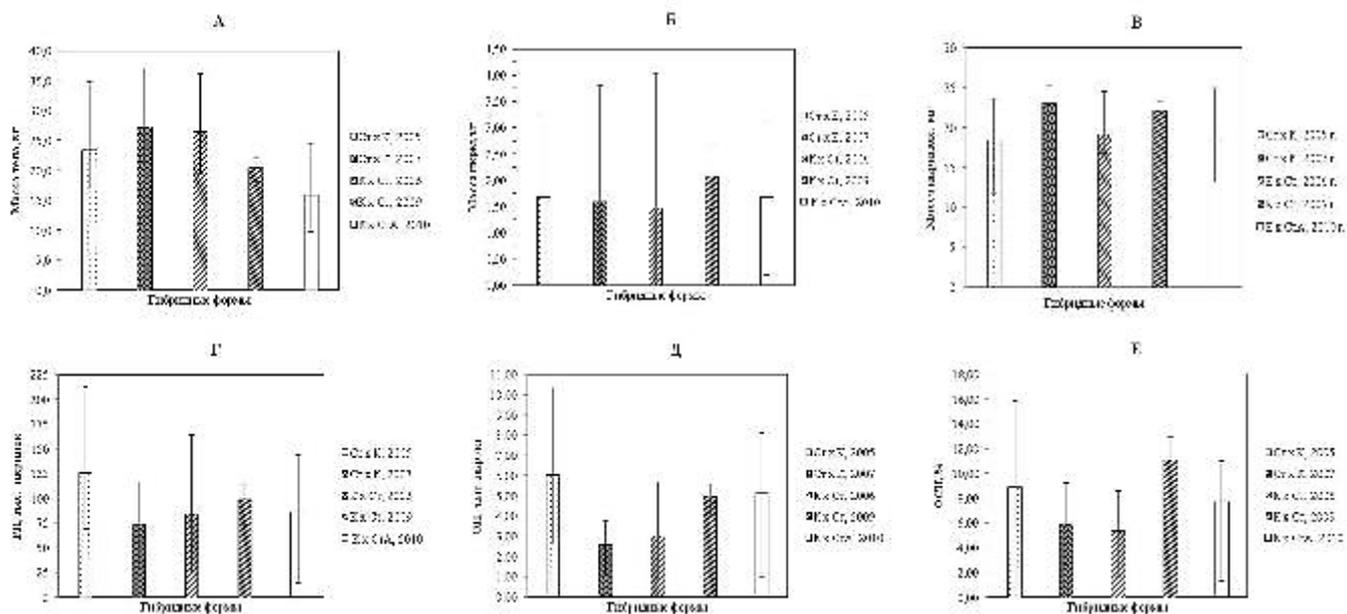


Рис. 1. Обобщенные продукционные показатели самок гибридов

Генерация К×Ст, 2009 представлена одной самкой, отнерестившейся три раза, и несколькими молодыми самками, впервые созревшими в 2024 г. Все особи имели близкую массу от 18 до 22 кг. Особи генерации постоянно продуцировали от 1,5 до 2,6 кг икры с крупными икринками навеской 22-23 мг и имели более высокие значения РП и ОП, а также максимальный выход икры относительно массы тела.

Наиболее молодая генерация альбиносов К×Ст, 2010 представлена самками небольшого размера. От первой созревшей самки-альбиноса получили 0,2 кг икры. При последующих нерестовых кампаниях эта самка и остальные созревшие особи продуцировали от 1,0 до 3,1 кг икры. В среднем, на одну самку приходилось около 1,7 кг светлой икры за один нерест. Икринки имели навеску около 18 мг. Большинство продукционных показателей альбиносов имели очень высокую вариабельность.

Заключение

В осетровых рыбоводных хозяйствах России ранее были широко распространены бестеры – гибриды между белугой и стерлядью. Белуга и стерлядь имеют близкое число хромосом и все их прямые и возвратные гибриды фертильны. Зарегистрированы три породы бестеров, которых используют как для производства товарной продукции, так и для получения пищевой икры. Товарные трехлетние бестеры в тепловодных хозяйствах и прудах южных регионов страны вырастают до 1,5-2,0 кг, нормативная рыбопродуктивность садков находится на уровне 60-80 кг/м². [11, 12, 13]. Темп роста товарных трехлеток кастеров в аналогичных условиях гораздо выше, и они вырастают значительно крупнее, до 2,6 кг, превышая бестеров по массе тела на 0,6-1,1 кг (30-70 %). По неопубликованным данным, и устным сообщениям, в условиях УЗВ на первом месте по темпу роста среди всех чистых линий и гибридов осетровых рыб также находятся кастеры.

По сравнению с бестерами, самки кастеров значительно позже созревают, и при крупных размерах имеют более низкий и крайне вариабельный выход икры. Например, самки бестера «Бурцевской» породы в возрасте 4-6 лет при небольших размерах 6-10 кг продуцируют 0,85-2,37 кг икры, или 12,8-23,4 % от живой массы. Крупные впервые созревающие самки бестера породы «Внировская» производят 4,73 кг икры при выходе 13,6 % от массы тела. При повторных созреваниях выход икры увеличивается до 8 кг, или 16,3 % от массы тела. Самки этой же породы в садках тепловодного Волгореченского рыбхоза к пяти годам вырастают до 18-25 кг, а выход икры составляет 4,0-6,7 кг [14].

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Товарные трехлетки реципрокных гибридных форм кастеров в условиях садкового тепловодного хозяйства вырастают свыше 2,6 кг, превышая по этим показателям трехлеток бестеров на 30-70 %. Их можно рекомендовать в качестве перспективных объектов товарного осетроводства;

2. Фертильные самки кастеров имеют нарушения развития репродуктивной системы и составляют 8-22% от численности РМС. Они имеют позднее растянутое созревание и большие межнерестовые интервалы. У значительной части гибридов происходит резорбция икринок, а выход икры намного ниже, чем у самок бестеров. Формирование маточных стад кастеров с целью получения от них промышленных объемов пищевой икры является неэффективным и нецелесообразным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рачек Е.И. Рыбоводно-биологическая характеристика прямых и возвратных гибридов стерляди с калугой при выращивании на тёплых водах Приморья. – Водные биоресурсы и аквакультура юга России. – Всероссийская научно-практическая конференция (г. Краснодар, 17-19 мая 2018 г.). – Краснодар. – 2018. – С. 381-387.

2. Рачек Е.И., Амвросов Д.Ю., Свидерский В.А. Оценка биологических и продукционных показателей самок реципрокных гибридных форм между волжской стерлядью (*Acipenser ruthenus*) и амурской калугой (*Huso dauricus*) Часть 1. История создания и изучения. Гибриды между самкой стерляди и самцом калуги // Рыбоводство и рыбное хозяйство – №6. – 2024. – С. 407-419.

3. Кастер: патент на селекционное достижение № 6539 / Амвросов Д.Ю., Рачек Е.И., Свирский В.Г., Скирин В.И. (Россия), заявка № 8853052, дата приоритета 10.05.2011 г., зарегистрирован 11.09.2012 г.

4. Кастер лучегорский: патент на селекционное достижение № 6538 / Амвросов Д.Ю., Рачек Е.И., Свирский В.Г., Скирин В.И. (Россия), заявка № 8853053, дата приоритета 10.05.2011 г. зарегистрирован 11.09.2012 г.

5. Fertility of females of sturgeon hybrids obtained from species with different levels of ploidy (*Acipenser ruthenus* and *A. dauricus*) and their cloning. / Victor P. Vasil'ev, Evgeniy I. Rachek, Dmitriy Yu. Amvrosov, Anna E. Barmintseva, Ekaterina D. Vasil'eva. // Journal of Applied Ichthyology. – 2021. – No. 37. – P. 186–197.

6. Reproductive characteristics of reciprocal hybrids between sturgeon species with different levels of ploidy: sterlet (*Acipenser ruthenus*) and kaluga (*A. dauricus*) (*Acipenseridae*) / Rachek E. I., Amvrosov D. Yu., Vasil'eva E. D., Vasil'ev V. P // Journal of Ichthyology. – 2022. – Vol. 62. – No. 7. – P. 1454–1465.

7. Рачек Е.И., Скирин В.И., Свирский В.Г., Амвросов Д.Ю. Товарное выращивание межродовых гибридов стерляди с калугой в тепловодном хозяйстве // Осетровое хозяйство. – №3. – 2009. – С. 52-63.

8. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищ. пром-сть. – 1966. – 376 с.

9. Чебанов М.С., Галич Е.В. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб // Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. – Анкара. – 2013. – 325 с.

10. Подушка С.Б. Получение икры у осетровых с сохранением жизни производителей. Научно-технический бюллетень лаб. ихтиологии ИНЭНКО. – 1999. – Вып. 2. – 66 с.

11. Крылова В.Д. Биотехника товарного выращивания бестера и ленского осетра в трехлетнем цикле. (Рыбн. хоз-во. Сер. Воспроизводство и пастбищное выращивание гидробионтов: Аналитическая и реферативная информация /ВНИЭРХ; Вып. 2). – М., 2003. – 42 с.

12. Комплекс пород бестера (*Acipenser nikoljukinii*) / Бурцев И.А., Крылова В.Д., Николаев А.И. и др. // Породы и одомашненные формы осетровых рыб (*Acipenseridae*). М.: ООО «Столичная типография». – 2008. – С. 4-22.

13. Первые породы осетровых рыб, созданные на основе межродового гибрида белуги со стерлядью – бестера / Бурцев И.А., Николаев А.И., Крылова В.Д. и др. / Аквакультура начала XXI века: истоки, состояние, стратегия развития. – М.: Изд-во ВНИРО. – 2002. – С. 146-150.

14. Барышев А.А., Емельянов Е.Г., Кривошеин В.В. Товарное производство осетровой икры в условиях аквакультуры // Учён. Зап. Института С. Х. и ПР НовГУ, 2006. – Т.14. Вып. 2. – С. 19-23.

FISH FARMING AND PRODUCTION INDICATORS OF COMMODITY INDIVIDUALS AND FERTILE FEMALES OF RECIPROCAL HYBRIDS BETWEEN KALUGA AND STERLET

Rachek Evgeniy Ivanovich, PhD. Biol. sciences

Pacific Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography
Vladivostok, Russia, e-mail: evgenii.rachek@tinro.vniro.ru

The assessment of biological and productive indicators of commercial individuals and fertile females of reciprocal hybrid forms between sterlet and Kaluga is given and the prospects of using hybrids for commercial cultivation and production of food caviar are determined. It was revealed that both hybrid forms in conditions of warm-water farming have high growth potentials, reaching a mass of 2.6 kg at the age of three and 4.6–5.3 kg at the age of four. Mature female hybrids account for 8–22 % of the number of RBS, are characterized by late and prolonged maturation, long inter-spawning intervals, resorption and a small amount of caviar produced

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALB.) В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ ЮЖНОГО РЕГИОНА РФ

¹Родин Михаил Андреевич, аспирант, м.н.с. лаборатории экологической биохимии

²Кузнецова Мария Викторовна, канд. биол. наук, с.н.с. лаборатории экологической биохимии

³Немова Нина Николаевна, д-р биол. наук, г.н.с. лаборатории экологической биохимии, профессор, академик РАН

^{1,2,3}Институт биологии – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия, e-mail: mikhail.rodin.mr@yandex.ru

*Исследована экспрессия генов-регуляторов миогенеза и мышечного белка миозина в белых мышцах, а также активность фермента цитохром с-оксидазы в печени и мышцах радужной форели *Oncorhynchus mykiss* Walb., выращиваемой с применением экспериментального режима, включающего постоянное освещение и кормление в ночное время, в аквакультурных условиях южного региона РФ. Результаты эксперимента позволяют сделать заключение о том, что такой режим оказывает положительное воздействие на исследуемые биохимические и молекулярно-генетические показатели экспрессии генов миогенина (*myog*), миозина (*myhc*) и миостатина (*mstn1a*), способствуя повышению интенсивности процессов мышечного роста исследуемых рыб.*

Введение

Одним из важнейших абиотических факторов, оказывающих существенное влияние на рост и развитие рыб на протяжении всего жизненного цикла, является свет. Посредством воздействия на эндогенные ритмы и уровни циркулирующих гормонов роста он способствует ряду трансформаций в пищевом поведении, росте и репродуктивной функции рыб [1]. Фотопериодом называют относительное количество света и темноты в суточном цикле. Ранее было показано, что искусственное увеличение продолжительности светового дня способствует повышению темпов роста рыб, что вероятно, связано с перенаправлением доступной энергии от развития гонад на соматический рост [2]. Исходя из этого, в условиях предприятий аквакультуры в странах Северного полушария используются методы повышения скорости роста лососевых рыб посредством удлинения светового дня. При этом необходимо подчеркнуть, что информации, раскрывающей то, какие регуляторные биохимические механизмы участвуют в формировании ответной реакции организма у рыб на изменение фотопериода, все еще недостаточно. При этом, учитывая тот известный факт, что сравнительно большой процент массы тела рыб составляют мышцы, можно полагать, что эти механизмы включают экспрессию генов белков, участвующих в регуляции мышечного роста. Рост мышц осуществляется за счет увеличения размера волокон (гипертрофия) и через образование новых (гиперплазия). На постэмбриональной стадии развития мышечный рост протекает под контролем специфических миогенных регуляторных факторов (МРФ). К данному семейству относятся гены следующих белков: *Myf5*, *MyoD*, *MyoG* (миогенин) и *MRF4*. [3]. Миогенин действует как фактор контроля дифференцировки миобластов и их слияния в волокна скелетных мышц. Результатом последовательной экспрессии генов МРФ является экспрессия генов мышечных белков, основным из которых является миозин [4]. Состав миозина включает две тяжелые и четыре легкие цепи. Миозин составляет половину от всех белков мышц и четверть от белков всего организма рыб. Уровень экспрессии гена миозина используется как ключевой показатель синтеза и накопления белка, а также темпов прироста мышечной массы [4-5]. У позвоночных животных важным негативным регулятором развития скелетных мышц является белок миостатин [6]. Он способен ингибировать и пролиферацию, и дифференцировку миобластов. Сдвиги в регуляции процессов миогенеза способны привести к различиям в интенсивности гипертрофии и гиперплазии, что может повлиять на объем и пищевые качества продукции. Стремительный рост рыб, особенно, в

первые годы жизни, требует высоких энергетических затрат на биосинтез [7]. Одним из важнейших ферментов, связанным с аэробным синтезом АТФ, является цитохром *c*-оксидаза (ЦО), катализирующая заключительную стадию переноса электронов с цитохрома *c* на кислород, которая используется в качестве индикатора уровня аэробного обмена в тканях и органах рыб [8].

Садковое рыбоводство – одно из приоритетных направлений экономического развития в России. В последние годы в связи с увеличением спроса на продукцию рыбных хозяйств началось эффективное развитие форелеводства в Южном регионе (в частности, в Северной Осетии – Алании). По сравнению с северными регионами России, где выращивание рыб имеет сезонный характер, климатические условия данного региона могут позволить форели расти круглый год. Кроме того, территория Южного региона имеет природные горные родниковые источники, снабжающие хозяйства проточной водой, благоприятно влияющей на рост и развитие форели. Однако в отличие от Севера здесь отсутствует период белых ночей, позволяющий кормить рыбу более продолжительное время в течение суток. Кроме того, необходимо учитывать, что форель холодолюбивый вид, и высокие летние температуры могут негативно сказаться на росте и выживаемости. Применение круглосуточного освещения может позволить перенести время кормления с дневного на ночное, когда температура более низкая, а уровень кислорода стабилен. Таким образом, искусственное увеличение светового дня в условиях Южного региона позволило бы ускорить темпы роста форели, что обеспечило бы повышение эффективности использования кормов и получение рыб необходимой товарной массы в более короткий период.

Исходя из вышесказанного, был поставлен эксперимент по влиянию дополнительного освещения на рост и развитие молоди радужной форели в условиях аквакультуры Северной Осетии – Алании. Целью данной работы было исследование уровня экспрессии генов *myhc* (миозина), *myog* (миогенина) и *mstn1a* (миостатина) в белых мышцах, уровня активности фермента цитохром *c*-оксидазы (ЦО) в печени и мышцах у особей (1+) радужной форели *Oncorhynchus mykiss* Walb., которых выращивали с использованием постоянного освещения и кормления в ночной период в условиях аквакультуры южного региона РФ.

Описание эксперимента и методы исследования

Исследование воздействия круглосуточного освещения на рост особей (1+) радужной форели осуществляли на предприятии ООО «Остров аквакультура» (Республика Северная Осетия – Алания). В начале сентября рыб (средняя масса ~500 грамм) распределили на две группы: 1) контроль – режим освещения естественный, кормление дневное каждые 2 часа, 2) опыт – режим освещения постоянный (24С:0Т), кормление ночное каждые 2 часа. На всем протяжении бассейнов с постоянным освещением располагались светодиодные лампы (36W, 6500K), уровень освещённости под каждой из них составлял 700-800 lx. Лампы включали сразу после захода Солнца. Пробы рыб для анализа забирали в начале каждого месяца по 10 особей из контрольной и экспериментальной группы.

Мышечный рост рыб оценивали по уровню экспрессии генов миогенина (*myog*), миозина (*myhc*), миостатина (*mstn1a*). Уровень экспрессии генов определяли методом ПЦР в режиме реального времени [9]. Относительные уровни экспрессии исследуемых генов определяли по пороговому циклу (Ct) и нормализовали относительно *Ef-1a* с использованием метода $2^{-\Delta Ct}$. Результаты выражали в условных единицах относительной экспрессии. Активность фермента цитохром *c*-оксидазы (КФ 1.9.3.1) определяли в печени и мышцах особей форели методом спектрофотометрии на микропланшетном ридере CLARIOSTAR (BMGLabtech) по увеличению окисленного цитохрома *c* [10]. Концентрацию белка определяли по методу Брэдфорда [11]. Активность фермента выражали в мкмоль субстрата (продукта)/мин/мг белка. Статистический анализ полученных результатов проводили с применением критерия Шапиро-Уилкса, теста Краскела-Уоллиса с последующим сравнением выборок по критерию Манна-Уитни. Различия считали достоверными при $p < 0.05$. Данные представлены как $M \pm SE$. Исследования выполнены на оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «КарНЦ РАН».

Результаты и обсуждение

Согласно результатам исследования, при введении экспериментального режима с постоянным освещением и кормлением ночью радужная форель, выращиваемая в бассейнах рыбоводного хозяйства

в Северной Осетии – Алании, активно питается в ночное время и имеет хорошие параметры роста и выживаемости. Также через месяц исследования удельная скорость роста была выше у рыб из экспериментального бассейна по сравнению с контрольным (10.6 г/день против 9.03 г/день).

Полученные результаты демонстрируют межгрупповые различия в уровнях экспрессии исследованных генов миозина и миогенина, что свидетельствует о влиянии режима освещения и кормления на мышечный рост (Рис. 1). Как известно, уровень экспрессии гена *myhc* может применяться в качестве индикатора, характеризующего протекание процессов синтеза и накопления белка, и скорость прироста мышечной массы [3-4, 12]. Известно также, что экспрессия миозина у рыб регулируется уровнем рациона [13], голоданием с последующим насыщением [14] и некоторыми макро- и микроэлементами [4]. Исследуемые группы форели различались по уровню экспрессии миозина (*myhc*) спустя месяц после начала эксперимента (Рис. 1а). Значения были выше в группе с постоянным освещением и ночным кормлением, что соответствовало более высокой удельной скорости роста рыб. Кроме того, экспрессия *myhc* повышалась в группе рыб из экспериментального бассейна ко второму месяцу исследования (Рис. 1а). Уровень экспрессии генов МРФ, как правило, коррелирует с механизмами роста мышц в процессе развития рыб [15]. Согласно результатам в октябре экспрессия миогенина аналогично экспрессии миозина была выше в группе с круглосуточным освещением (Рис. 1б). При этом в контрольной группе рыб значения данного параметра уменьшились, а в экспериментальной группе они не изменились по сравнению с таковыми в начале исследования. Результаты показывают, что продолжительность освещения вызывает различия в регуляции миогенина у рыб уже через месяц после применения различных режимов освещения.

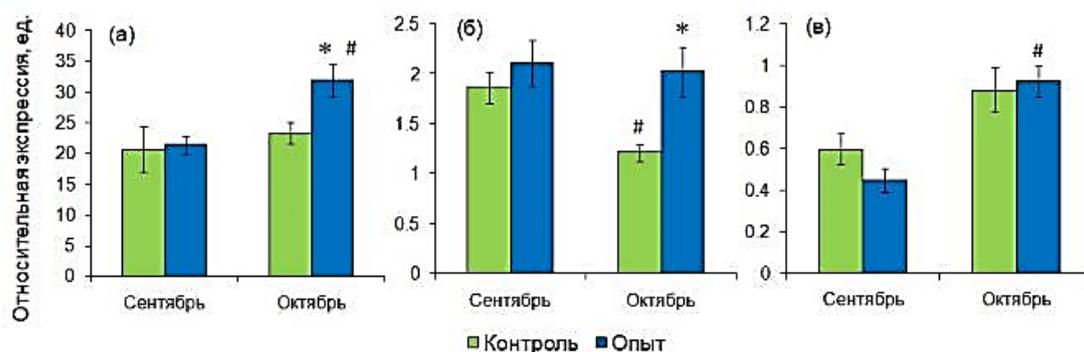


Рис. 1. Уровень экспрессии мРНК генов: (а) *myhc*, (б) *myog*, (в) *mstn1a* в белых мышцах особей форели, выращиваемых с разными режимами освещения и кормления. * – различия между экспериментальными группами достоверны, # – различия между месяцами в соответствующей группе достоверны, $p < 0.05$.

Следует отметить, что значимых статистических различий в экспрессии гена *mstn1a* у рыб из разных экспериментальных бассейнов не обнаружено (Рис. 1в). Однако значения этого параметра увеличились в экспериментальной группе ко второму месяцу исследования (к октябрю), что соответствует *myhc*, а значения экспрессии *myog* в том же месяце были выше в экспериментальной группе относительно контроля. Миостатин является отрицательным регулятором развития мышц позвоночных, подавляющим пролиферацию и дифференцировку миобластов и, вероятно, экспрессирующимся в качестве ответной реакции на высокие уровни миогенных регуляторных факторов для контроля интенсивности гипертрофии и гиперплазии мышечных волокон, чтобы избежать неконтролируемого мышечного роста [6, 12].

Результаты продемонстрировали, что уровень активности фермента цитохром *c*-оксидазы в печени особей форели зависел от экспериментального режима освещения (и кормления), и от месяца взятия проб (Рис. 2а). Согласно полученным результатам, значения активности данного фермента в октябре преобладали в печени рыб из бассейна с постоянным освещением и ночным кормлением, что свидетельствует о более высоком уровне аэробного обмена [8]. Кроме того, аэробный обмен в печени форели из экспериментального бассейна интенсифицировался через месяц исследования (октябрь), а у форели из бассейна с естественным режимом освещения оставался неизменным. Выявленные различия могут характеризовать благоприятное влияние продолжительности света на аэробный обмен, за счёт повышения кормовой активности в наиболее подходящее по температурным условиям время суток и эффективности усвоения поступающих с кормом питательных веществ

[1]. Уровень активности ЦО в печени особей форели согласуется с данными по уровню экспрессии гена тяжелой цепи миозина (*myhc*) в октябре. Вероятно, доступ к корму и повышенный уровень аэробного метаболизма предоставляют рыбам, находящимся в условиях круглосуточного освещения, возможность применения энергии помимо поддержания обменных процессов организма, также в реализации процессов биосинтеза, главным образом мышечных тканей, требующих значительного количества молекул АТФ. В то же время различий в активности ЦО в мышцах рыб не было обнаружено (Рис. 2б), что вероятно свидетельствует о более интенсивных процессах метаболизма и биосинтеза в печени.

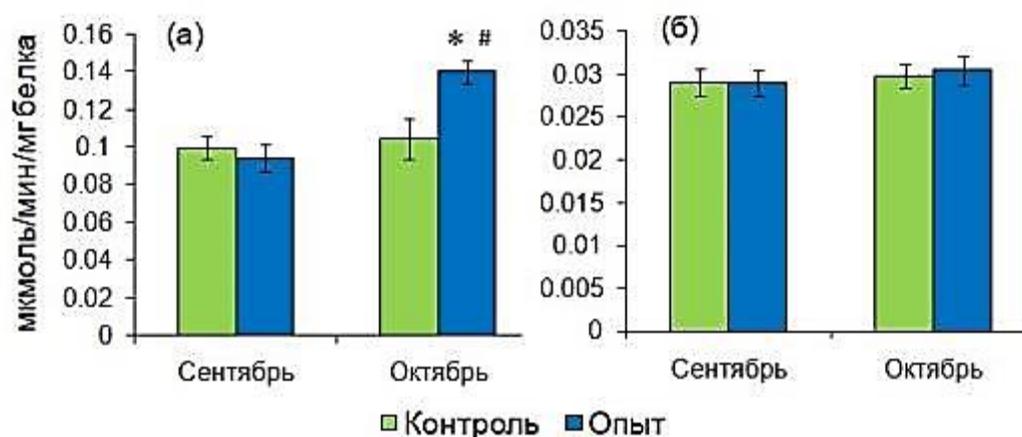


Рис. 2. Активность цитохром с оксидазы в печени (а) и мышцах (б) особей форели, выращиваемых с разными режимами освещения и кормления. * – различия между экспериментальными группами достоверны, # – различия между месяцами в соответствующей группе достоверны, $p < 0.05$.

Результаты настоящего исследования установили, что режим с постоянным освещением и ночным кормлением благоприятно воздействовал на показатели экспрессии генов регуляторов миогенеза и мышечных белков у радужной форели в ходе исследования, что согласовывалось с повышением уровня аэробного обмена в печени. Вероятно, что данный режим, преимуществами которого также выступают относительно низкие температуры и стабильный уровень кислорода в ночной период активности рыб, благоприятно сказывается на состоянии организма, способствуют усилению интенсивности процессов мышечного роста и лучшему усвоению корма.

Работа финансировалась из средств федерального бюджета, выделенных на выполнение темы в рамках проекта РНФ № 23-24-00617.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Boeuf G., Falcon J., Photoperiod and growth in fish // *Vie Milieu*. – 2002. – Vol. 51. – P. 237-246.
2. Noori A., Mojazi Amiri B., Mirvaghefi A., et al. Enhanced growth and retarded gonadal development of farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) following a long-day photoperiod // *Aquac. Res.* – 2015. – Vol. 46. – P. 2398-2406.
3. Alami-Durante H., Cluzeaud M., Bazin D. et al. Muscle growth mechanisms in response to isoenergetic changes in dietary non-protein energy source at low and high protein levels in juvenile rainbow trout // *Comp. Biochem. Physiol. Part A: Mol. Integr. Physiol.* – 2019. – Vol. 230. – P. 91-99.
4. Hevrøy E.M., Jordal A.-E.O., Hordvik I. et al. Myosin heavy chain mRNA expression correlates higher with muscle protein accretion than growth in Atlantic salmon, *Salmo salar* // *Aquaculture*. – 2006. – Vol. 252, – № 2-4. – P. 453-461.
5. Imsland A.K., François N.R.L., Lamarre S.G. et al. Myosin expression levels and enzyme activity in juvenile spotted wolffish (*Anarhichas minor*) muscle: A method for monitoring growth rates // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* – 2006. – Vol. 63. – № 9. – P. 1959-1967.
6. Langley B., Thomas M., Bishop A. et al. Myostatin inhibits myoblast differentiation by down-regulating MyoD expression // *J. Biol. Chem.* – 2002. – Vol. 277. – № 51. – P. 49831-49840.
7. Озернюк Н.Д. Энергетический обмен в раннем онтогенезе рыб. – М.: Наука, 1985. – 175 с.

8. Gauthier C., Campbell P.G.C., Couture P. Physiological correlates of growth and condition in the yellow perch (*Perca flavescens*) // *Comp. Biochem. Physiol. Part A: Mol. Integr. Physiol.* – 2008. – Vol. 151. – № 4. – P. 526-532.
9. 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. – Vol. 25. – № 4. – P. 402-408.
10. Smith L. Spectrophotometric assay of cytochrome c oxidase // *Methods in Biochem Analysis.* – 1995. – Vol. 2. – P. 427-434.
11. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // *Anal. Biochem.* – 1976. – Vol. 72. – P. 248-254.
12. Johansen K.A., Overturf K. Alterations in expression of genes associated with muscle metabolism and growth during nutritional restriction and refeeding in rainbow trout // *Comp Biochem Physiol Part B.* – 2006. – Vol. 144. – P. 119-127.
13. Overturf K., Hardy R.W. Myosin expression levels in trout muscle: A new method for monitoring specific growth rates for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) on varied planes of nutrition // *Aquacult. Res.* – 2001. – Vol. 32. – № 4. – P. 315-322.
14. Bower N.I., Taylor R.G., Johnston I.A. Phasing of muscle gene expression with fasting-induced recovery growth in Atlantic salmon // *Front. Zool.* – 2009. – Vol. 6. – № 1. – P. 18.
15. Johansen K.A., Overturf K. Quantitative expression analysis of genes affecting muscle growth during development of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Mar. Biotechnol.* – 2005. – Vol. 7. – № 6. – P. 576-587.

INFLUENCE OF ADDITIONAL LIGHTING ON BIOCHEMICAL AND MOLECULAR-GENETIC GROWTH INDICES OF RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALB.) IN AQUACULTURE CONDITIONS OF THE SOUTHERN REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

¹Rodin Mikhail Andreevich, postgraduate student, junior researcher of the laboratory of ecological biochemistry

²Kuznetsova Maria Viktorovna, PhD, senior researcher of the laboratory of ecological biochemistry

³Nemova Nina Nikolaevna, DSc, chief researcher of the laboratory of ecological biochemistry, professor, academician of the Russian Academy of Sciences

^{1,2,3}Institute of Biology – a separate division of the Federal Research Center "Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Petrozavodsk, Russia, e-mail: mikhail.rodin.mr@yandex.ru

*The expression of myogenesis genes and muscle protein myosin in white muscles, the activity of the cytochrome c-oxidase enzyme in the liver and muscles of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Walb., grown under experimental regime that included constant lighting and night feeding, in aquaculture conditions in the southern region of the Russian Federation were investigated. The results of the experiment allow us to conclude that this regimen has a positive effect on the investigated biochemical and molecular-genetic parameters of the expression of myogenin (*myog*), myosin (*myhc*) and myostatin (*mstn1a*) genes, contributing to an increase in the intensity of muscle growth processes in the investigated fish.*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ БИОЛОГИИ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ *EUPHAUSIA SUPERBA* DANA, 1850 (EUPHAUSIACEA: EUPHAUSIIDAE) ИЗ ДВУХ РАЙОНОВ АНТАРКТИЧЕСКОГО СЕКТОРА АТЛАНТИКИ ЛЕТОМ 2020 Г.

¹Колесникова Александра Дмитриевна, магистр группы 23-ВА/м

²Судник Светлана Александровна, канд. биол. наук, доцент кафедры ВБА ИРА КГТУ

^{1,2}Калининградский государственный технический университет,

Калининград, Россия

e-mail: ¹kolesnikova_aleksasha@bk.ru; ²svetlana.sudnik@klgtu.ru

Сравнительный анализ биологических черт 1300 особей из пролива Брансфилд и бассейна Пауэлла выявил сильное преобладание в пробах районов ювенильных особей среди разнополых особей – самок. Размеры криля варьируется от 13,6 до 50,2 мм (при среднем значении – от 3,1 до 19,0 мм). В бассейне Пауэлла были обнаружены самые мелкие ювенилы, но более крупные самцы. Масса тела особей составляет от 0,02 до 1,2 г. Весовая структура самок была относительно постоянной, самцы отличались большей массой тела по сравнению с самками, что соотносится с их размерами. Первые данные по размерно-весовой зависимости у вида этих двух районов показали достоверную связь параметров длина – масса тела. Оценка репродуктивного состояния показала: летом, среди самцов и самок, преобладали мелкие особи с совсем неразвитыми или слабо развитыми гонадами; остальные малочисленные, более крупные, самцы и самки имели хорошо развитые созревающие гонады. Крупные предзрелые самки были встречены только в бассейне Пауэлла, что, вероятно, связано с особенностями переноса водных масс в этом районе.

Введение

Антарктический криль, *Euphausia superba* Dana 1850 – ключевой вид в Антарктическом секторе Атлантики. Криль – важный объект питания многих морских позвоночных и беспозвоночных хищников, благодаря огромной биомассе (более 300 млн. т), суточным вертикальным миграциям, транспорту питательных веществ и стимулированию первичной продукции, играющий важную роль в экосистеме Южного океана [1–3].

Реализация промысла криля – ключевое направление для развития устойчивого рыболовства, в целом, находящегося под управлением Комиссии по охране морских ресурсов (АНТКОМ). Ежегодный вылов криля составляет 400 тыс. т в год. Особое значение криль имеет для национального рыболовства: вид отличается высокой пищевой ценностью, его используют для производства пищевых продуктов, косметики, лекарств, а также в аквакультуре. В планах РФ на развитие рыбопромышленного сектора к началу следующего десятилетия предусмотрено увеличение объемов вылова криля до 450 тыс. т. [4–5].

Антарктический криль массово распространен и экологически важен в средних и более низких широтах, в том числе в водах, близ субантарктических островов, в районах юго-западной Атлантики (в частности: в водах пролива Брансфилд и моря Уэдделла). Есть публикации о распространении, питании и некоторых других аспектах биологии вида. Но обычно биологические параметры особей рассмотрены не полностью, что может быть связано как с использованием упрощённой методики полевого анализа, так и с узкой направленностью целей исследования (6–12). [4–12].

Цель исследования – изучение и сравнение основных биологических характеристик *E. superba* из вод Антарктического сектора Атлантики 2020 года.

Задачи исследования: выполнение комплексного лабораторного биологического анализа особей криля, включая изучение полового, размерного и весового состава, а также репродуктивного состояния самцов и самок. На основе полученных данных – формулирование выводов об особенностях биологии самцов и самок криля из моря Уэдделла и пролива Брансфилд.

Материалы и методы

Материалом послужили 1300 особей (из 10 проб) антарктического криля, собранные сотрудниками Института океанологии имени П.П. Ширшова Российской академии наук (ИО РАН) во время 79 экспедиции научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» в январе – феврале 2020 года (см. таблицу 1). В лаборатории проведён комплексный биологический анализ особей криля по оригинальной методике [9]. В процессе анализа были оценены следующие признаки:

- общая длина тела (ДТ) и длина карапакса (ДК) (измерялись с точностью до 0,01 мм);
- масса тела особи и масса предзрелых яичников (определялись с точностью 0,01 г);
- пол особей был определён;
- степень развития первичных и вторичных половых признаков у самцов и самок;
- стадия зрелости яичников оценивалась по шестибалльной шкале.

Таблица 1

Объем материала криля *E. superba* из двух районов Антарктического сектора Атлантики, 2020 год

Место сбора	Дата	Станция	Орудие лова	Глубина, м	Фиксация	Количество особей, шт.
пролив Брансфилд	21.01	6589	сеть Бонго	223	form 4%	250
		6591		238		78
	29.01	6614		223	form 6%	60
	31.01	6618		269		107
Бассейн Пауэлла	23.01	6597	трал Айзекса – Кидда	0–700	form 6%	82
	25.01	6601		0–200		54
	26.01	6604	трал Сигсби	0–287	form 4%	15
	28.01	6607	сеть Джеди	265		187
		6609	сеть Бонго	0–200	form 6%	321
	01.02	6619	трал Айзекса – Кидда	216		146
ИТОГО						1300

Результаты и обсуждение

Соотношение полов криля бассейна Пауэлла и пролива Брансфилд на разных станциях сбора материала варьировало. В обоих районах значительно преобладали ювенильные особи как над самками, так и над самцами: в Пауэлла – в 3–4 раза, в Брансфилд – в 1,3–4,3 раза. Во всех пробах самок было больше, чем самцов, причём в одних пробах их количество было примерно одинаковым, в других – с полутора- и пятикратным преобладанием самок. Стоит отметить, что в одной пробе с бассейна Пауэлла встречены только ювенильные особи, что может быть связано с небольшим количеством выловленных особей (таблица 2).

По данным других исследований [8, 11] также как и у нас, отмечено варьирование в соотношении полов криля этих районов, но всегда – с серьезной долей ювенильных особей. Это может быть результатом недавнего нереста самок криля в этих водах.

Таблица 2

Половой состав антарктического криля *E. superba* из двух районов Антарктического сектора Атлантики, 2020 год

Место сбора	Дата	Станция	Количество, шт.	ювенилы	самцы	самки	Соотношение полов (juv: ♂♂: ♀♀)
				доля, %			
пролив Брансфилд	21.01	6589	250	52	12	36	4,3: 1: 3
		6591	78	29	12	59	2,4: 1: 4,9
	29.01	6614	60	78	10	12	7,8: 1: 1,2
	31.01	6618	107	36	21	43	1,7: 1: 2
Бассейн Пауэлла	23.01	6597	82	56	17	27	3,3: 1: 1,6
	25.01	6601	54	76	7	17	10,8: 1: 2,4
	26.01	6604	15	100	–	–	1: 0: 0
	28.01	6607	187	16	41	43	1: 2,5: 2,7

Место сбора	Дата	Станция	Количество, шт.	ювенилы	самцы	самки	Соотношение полов
				доля, %			(juv: ♂♂: ♀♀)
		6609	321	51	20	29	2,6: 1: 1,8
	01.02	6619	146	84	5	11	16,8: 1: 2,2

В целом, во всех пробах с Антарктического сектора Атлантики ДТ криля составила 13,6 – 50,2 мм, при ДК 3,1 – 19,0 мм (таблица 3, рисунок 1). Самые крупные половозрелые самцы и самки встречены в бассейне Пауэлла.

Среди ювенилов особи из северо-западной части (ст. 6597) бассейна Пауэлла были достоверно более крупными ($t_{\text{стат}}=4,3-6,1$, $t_{\text{табл}}=1,27-2,98$), в сравнении с рачками более южных проб (ст. 6618, 6619) с пролива и бассейна. Самые мелкие ювенилы отмечены в глубоководной котловине Пауэлла (ст. 6604), что, вероятно, может свидетельствовать о недавнем нересте самок криля в этом районе, что отмечалось в работах других авторов [4].

Сравнение ДТ самцов шельфовой зоны пролива (ст. 6614) и северных районов Пауэлла (ст. 6597, 6607, 6609) выявило достоверное их отличие – самцы с Брансфилд обладали меньшей длиной тела ($t_{\text{стат}}=2,6-8,3$, $t_{\text{табл}}=1,4-2,3$). Среди самок разных проб достоверных различий в размерах тела не обнаружено.

Сравнение ДТ самцов и самок двух районов исследования показало, что достоверно меньшей длиной тела, чем у самцов более северных (ст. 6589, 6597) и южных (ст. 6607, 6609) районов, отличались самки со ст. 6601 из бассейна Пауэлла.

Таблица 3

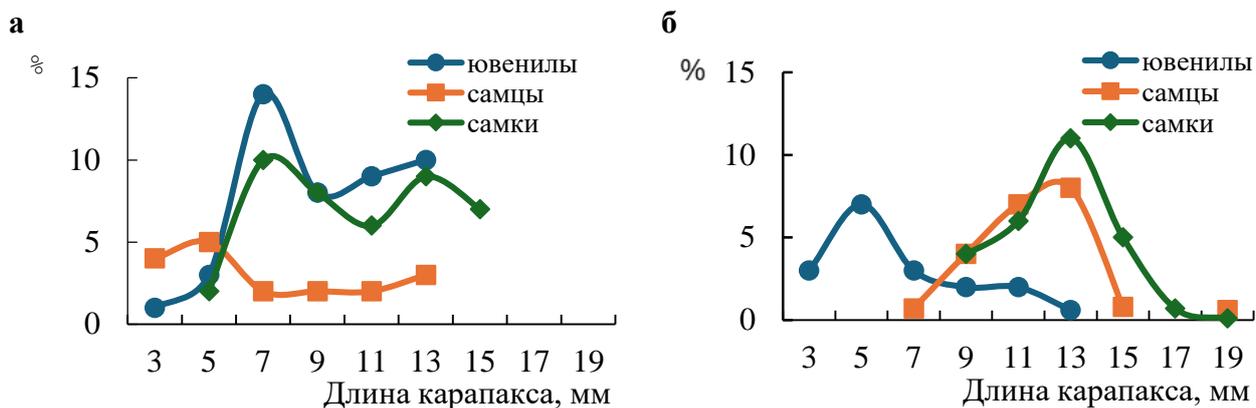
Размеры общей длины тела (ДТ) антарктического криля *E. superba* из двух районов Антарктического сектора Атлантики, 2020 год

Место сбора	Станция	Ювенилы		Самцы		Самки	
		d	m±sd	d	m±sd	d	m±sd
пролив Брансфилд	6589	19,5–32,0	24,7±3,0	29,0–48,3	38,5±3,9	28,3–45,0	36,2±4,0
	6591	20,1–32,1	24,1±3,1	33,0–37,3	34,9±2,9	33,4–41,5	36,0±3,9
	6614	16,9–28,1	22,7±3,1	28,3–38,0	30,9±3,8	31,0–37,5	33,8±2,5
	6618	13,6–27,1	19,7±3,9	28,1–46,1	32,5±4,1	27,1–40,9	33,6±3,5
Бассейн Пауэлла	6597	20,1–32,0	26,7±2,7	27,0–46,0	39,2±2,8	28,3–40,5	34,5±2,2
	6601	13,7–30,8	22,5±2,0	28,1–38,0	32,8±2,9	26,9–37,5	32,0±2,0
	6604	13,9–17,2	15,2±1,2	–	–	–	–
	6607	16,3–30,1	24,2±2,2	27,0–50,2	38,1±2,6	28,3–47,3	37,3±2,4
	6609	13,7–32,0	25,0±2,4	27,0–49,0	38,1±2,4	26,9–46,3	35,1±2,6
	6619	13,6–30,8	20,7±1,8	28,1–38,0	32,2±1,9	26,9–37,5	32,5±2,4

Примечание: (d – диапазон, m±sd – среднее значение ± стандартное отклонение)

Среди ювенилов из пролива Брансфилд преобладали особи с длиной карапакса 6–7 мм (14% от всех особей в пробе). Доля более крупных особей (до 13 мм) достаточно высокой (27%) (рисунок 1а). Среди немногочисленных самцов несколько преобладали рачки размерами 5 – 6 мм, количество более крупных (до 14 мм) было крайне мало. Среди, тоже, малочисленных самок чуть чаще встречались особи несколько крупных, чем у самцов размеров – 7 – 8 мм, крупных (до 15 мм) было почти в 1,5 раза меньше.

В бассейне Пауэлла отмечено доминирование ювенильных особей несколько меньших, чем в проливе Брансфилд, размеров (ДК 5 – 6 мм), их численность была в два раза меньше, чем в проливе Брансфилд (до 7%), также стоит отметить здесь малую долю крупных (до 13 мм) ювенилов (рисунок 1б). Различия в размерах ювенильных особей пролива и бассейна может свидетельствовать о некоторой растянутости нереста криля в исследуемых районах, а также быть результатом смешивания разнокачественной (более и менее развитой) молодежи из-за особенностей циркуляции вод Антарктического сектора Атлантики [11]. Это, косвенно, может подтверждаться тем, что модальные размеры самцов и самок из проб бассейна Пауэлла были почти в два раза крупнее таковых с пролива, и максимальные размеры особей двух полов тоже были крупнее в бассейне (до 15 и до 19 мм) (рисунок 1).



а – пролив Брансфилд; б – бассейн Пауэлла

Рисунок 1 – Длина карапакса (мм) криля из двух районов Антарктического сектора Атлантики, 2020 год

По результатам других исследований длина тела особей криля в летних пробах 2020 года с бассейна Пауэлла составляла ДТ 21,3 – 50,2 мм [8], что по максимальным значениям сравнимо с нашими данными. Крупная молодь (ДТ $27,4 \pm 2,6$ мм) присутствовала, как и у нас, в северо-западной части бассейна Пауэлла [8], а самая мелкая отмечена нами, в проливе Брансфилд. Среди особей обоих полов преобладали рачки с размерами тела (ДТ) около 40 мм [8]. Это по самцам, в целом, соответствует нашим данным для особей северных и центральных районов Пауэлла, а по самкам отличается – у нас доминировали самки поменьше.

Индивидуальная масса тела особей составила 0,02 – 1,2 г (ювенилы – до 0,38 г, самцы – до 1,2 г, самки – до 1,04 г) (таблица 4). Самцы бассейна Пауэлла были достоверно крупнее таковых с пролива Брансфилд ($t_{\text{стат}} = 6,67$, $t_{\text{табл}} = 1,99$), и это соответствовало их более крупным размерам тела (ДТ до 50,2 мм). Средние значения массы тела самок исследуемых районов не отличались ($t_{\text{стат}} = 0,43$, $t_{\text{табл}} = 1,28$). Гендерное сравнение массы тела показало, что самцы с бассейна Пауэлла отличались большей массой тела, чем самки обоих районов ($t_{\text{стат}} = 7,03$ – $7,45$, $t_{\text{табл}} = 2,48$ – $2,76$).

Для сравнения: средняя масса выловленных особей криля (независимо от пола) из других районов Антарктического сектора Атлантики в 2020 году варьировала от 0,55 г у о-вов Мордвинова и Жуэнвиль до 0,90 г у Южных Шетландских о-вов, что превышало полученные нами данные ($0,35 \pm 0,1$ г) [13]. Это может быть следствием преобладания ювенилов в наших пробах.

Таблица 4

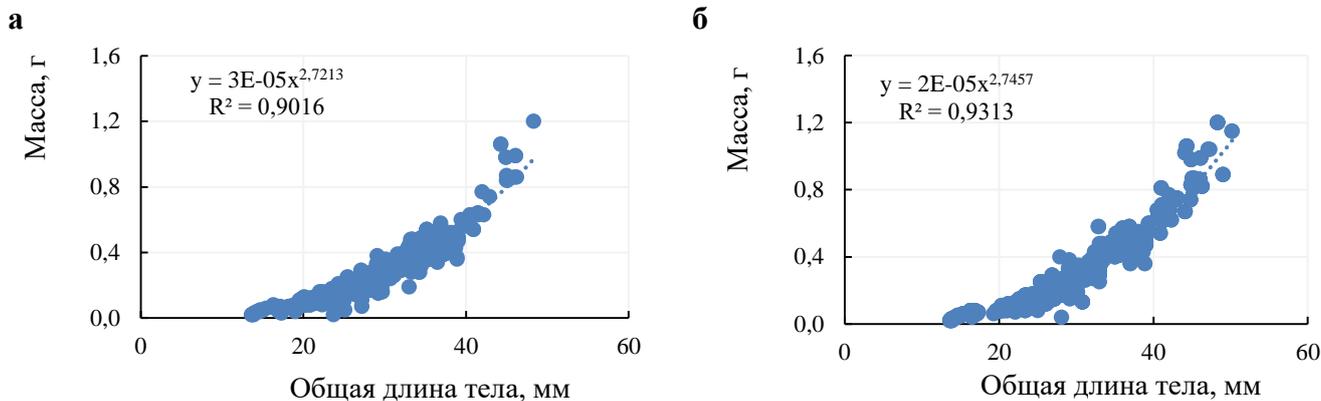
Масса тела особей *E. superba* из двух районов Антарктического сектора Атлантики, 2020 год

Место сбора	Ювенилы			Самцы			Самки		
	масса тела		ДТ, мм	масса тела		ДТ, мм	масса тела		ДТ, мм
	d	$m \pm sd$		d	$m \pm sd$		d	$m \pm sd$	
пролив Брансфилд	0,02–0,38	$0,15 \pm 0,03$	13,5–32,1	0,18–1,06	$0,44 \pm 0,05$	28,1–48,3	0,22–0,87	$0,43 \pm 0,04$	27,1–45,0
Бассейн Пауэлла	0,02–0,38	$0,14 \pm 0,02$	13,6–32,0	0,17–1,20	$0,59 \pm 0,08$	27,0–50,2	0,22–1,04	$0,45 \pm 0,06$	26,9–47,3

Примечание: (d – диапазон, $m \pm sd$ – среднее значение \pm стандартное отклонение)

С помощью уравнения степенной регрессии для *E. superba* двух районов исследования впервые была оценена размерно-весовая зависимость (рисунок 2). Анализ выявил чёткую зависимость между длиной и массой тела особей. Обнаружена положительная аллометрия массы тела особей длины тела (весовой рост достоверно опережал линейный).

Такого рода связь размеров и массы тела была определена другими авторами для особей *E. superba* из моря Скотия, вод Южных Шетландских о-вов, о-вов Мордвинова и Жуэнвиль [13].



а – пролив Брансфилд; *б* – бассейн Пауэлла
Рисунок 2 – Размерно-весовая зависимость у криля, 2020 г.

Репродуктивное состояние самцов

В ходе анализа репродуктивного состояния 328 самцов криля выявлено сильное преобладание (суммарная доля в пробах 68 – 86 %) мелких особей (средняя ДТ 30 – 32 мм) с неразвитыми и слабо развитыми первичными и вторичными половыми признаками (таблица 5). Остальную небольшую долю составили более зрелые самцы – с развитой петазмой и практически полностью развитыми семенниками. В сравнении с самцами первой группы, они были достоверно крупнее (таблица 5) ($t_{\text{стат}} = 4,68-5,62$, $t_{\text{табл}} = 1,96-2,03$), это указывает на то, что во время развития и созревания семенников самцы криля, вероятно, линяют один или несколько раз. Это наблюдение сделано впервые.

Сравнительный анализ обнаружил различия в репродуктивном состоянии самцов разных промысловых районов: в Брансфилд преобладали менее зрелые самцы (стадии созревания I и II), в Пауэлла тоже отмечено много мелких самцов с неразвитыми половыми признаками, однако, доля самцов с более развитыми петазмой и семенниками (стадии III, IV) была в два раза больше.

Таблица 5

Репродуктивное состояние самцов криля, из двух районов Антарктического сектора Атлантики, 2020 год

Пролив Брансфилд			Бассейн Пауэлла			Степень развития первичных и вторичных половых признаков		Стадия зрелости
N ♂♂ шт.	%	ДТ, мм m±sd	N ♂♂ шт.	%	ДТ, мм m±sd			
62	57	31,5 ±1,3	87	40	30,6 ±1,4	Семенники не развиты и едва различимы среди окружающих тканей. Утолщения семяпроводов отсутствуют.	петазма имеет вид неподразделенной лопасти	I
31	29	36,6 ±1,5	61	28	36,9 ±1,2	Семенники имеют слабую степень развития и окрашены в беловатый цвет. В семяпроводах присутствуют начальные образования ампул и сперматофорных мешков	петазма двулопастная, с неразвитыми «крыльями» на эндоподах	II
15	14	43,4 ±2,2	44	20	44,5 ±2,1	Семенники развиты практически полностью. В семяпроводах находятся мелкие сперматофоры с симметричными головками.	петазма двулопастная, с развитыми «крыльями» на эндоподах	III

Пролив Брансфилд			Бассейн Пауэлла			Степень развития первичных и вторичных половых признаков		Стадия зрелости
N ♂♂		ДТ, мм	N ♂♂		ДТ, мм			
шт.	%	m±sd	шт.	%	m±sd			
			28	12	45,0 ±2,0	Семенники полностью развиты. В семяпроводах находятся крупные сперматофоры с ассиметричными головками.	петазма развита полностью, сперматофоры в ней отсутствуют	IV

Примечание: (d – диапазон, m±sd – среднее значение ± стандартное отклонение)

Репродуктивное состояние самок

Анализ репродуктивного состояния 468 особей самок криля показал, что подавляющее большинство (от 86 % до 94 %) имели неразвитые яичники на I и II стадиях развития. Средняя длина тела таких особей составляла около 30–38 мм. При этом у 6–7 % из них теликум уже был развит (см. таблицу 6). Остальные самки имели развитый теликум и яичники в начале созревания (стадия III). Это наблюдалось в обоих районах исследования.

Однако в проливе Брансфилд размеры тела самок с более развитыми половыми признаками (стадия III) достоверно не отличались от размеров тела самок со слабо развитыми или неразвитыми половыми органами (стадии I и II) (см. таблицу 6), (t_{стат}=1,53, t_{табл}=2,08). В то же время в бассейне Пауэлла первые были достоверно крупнее (t_{стат}=8,49, t_{табл}=2,16). Только в пробах из бассейна Пауэлла были обнаружены хорошо развитые крупные предзрелые самки на IV стадии развития. Зрелые самки (стадия V) криля не встречены.

Нами обнаружено, что вторичные половые придатки (теликум) у самок криля начали развиваться раньше (то есть у самок более мелких размеров), чем их яичники.

Таблица 6

Репродуктивное состояние самок *E. superba*, из двух районов Антарктического сектора Атлантики, 2020 год

Пролив Брансфилд			Бассейн Пауэлла			Состояние половой системы		Стадия зрелости
N ♀♀		ДТ, мм	N ♀♀		ДТ, мм	стадия зрелости гонад	степень развития теликума, присутствие сперматофоров	
шт.	%	m±sd	шт.	%	m±sd			
89	48	33,2 ±2,0	85	30	30,5 ±1,5	полностью не развиты	теликум не развит; сперматофоры отсутствуют	I
58	31	35,9 ±1,4	94	33	35,7 ±1,3	не развиты, не созревающие	теликум имеется, его стерральная и коксальные пластинки были развиты не до конца	II
29	15	38,7 ±1,9	66	23	36,9 ±1,5		в конце стадии пластинки теликума полностью развиты, без сперматофоров	
11	6	40,6 ±2,0	21	7	44,5 ±2,0	развивающиеся созревающие	теликум полностью сформирован, наполнен спермой и/или содержит сперматофоры	III
–	–	–	15	5	45,0 ±2,3	хорошо развиты предзрелые	теликум полностью развит, красного цвета	IV

Примечание: (m±sd – среднее значение ± стандартное отклонение)

Заключение

Исследование размерных, половых характеристик, массы тела и репродуктивных особенностей 1300 особей *Euphausia superba*, собранных в Антарктическом секторе Атлантики в летний период 2020 г., выявило следующие особенности биологии особей криля двух промысловых районов – пролива Брансфилд и бассейна Пауэлла. В половом составе проб обоих преобладали ювенильные особи, среди разнополых особей – самки. Общая длина тела криля составила 13,6 – 50,2 мм при ДК 3,1 – 19,0 мм. Самые крупные половозрелые особи (самцы – 50,2 мм; самки – 47,3 мм) встречены в бассейне Пауэлла. Масса тела особей *Euphausia superba* варьировала от 0,02 до 1,2 г. Весовая структура самцов в зависимости от района коррелировала с их размерным составом: в бассейне Пауэлла они были крупнее, чем в проливе Брансфилд. Впервые для вида двух районов была описана зависимость между размером и весом особей, при которой весовой рост несколько опережал линейный. Анализ репродуктивного состояния криля показал преобладание более мелких особей (средняя длина тела самцов – 30–34 мм, самок – 32–38 мм) с неразвитыми и слабо развитыми как первичными (петазма и теликум), так и вторичными (гонады) признаками. Это наблюдалось как среди самцов, так и среди самок

Половые признаки остальных самцов (ДТ 45 мм) были развиты хорошо; отмечены косвенные признаки линек, происходящих во время созревания самцов. Репродуктивная система более крупных самок (средняя ДТ, как и самцов – около 45 мм) достигала начального (в проливе Брансфилд) или среднего (в бассейне Пауэлла) уровня развития и созревания, зрелых самок в двух районах исследования не встречено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Murphy E. J., Grant S. M., Hofmann E. E. et al. Understanding the structure and functioning of polar pelagic ecosystems to predict the impacts of change. *Proceedings of the Royal Society // Biological Sciences*, 2016. P. 16–46.
2. Рыболовство и аквакультура [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/3393/en> (дата обращения: 13.06.2024).
3. Cavan E. L., Hill S. L., Kawaguchi S., Meyer B. et al. 2019. The importance of Antarctic krill in biogeochemical cycles. *Nature Communications*, [Электронный ресурс] https://epic.awi.de/id/eprint/50947/1/Cavan_et_al.pdf (дата обращения: 27.04.2024).
4. Merkel B., Murphy E. J., Teschke K., et al. Quantifying circumpolar summer habitat for Antarctic krill and Ice krill, two key species of the Antarctic marine ecosystem // *ICES Journal Marine Science* / (80), 2023. P. 1773–1786
5. Распоряжение Правительства РФ от 26 ноября 2019 г. № 2798–р об утверждении стратегии развития рыбохозяйственного комплекса РФ на период до 2030 г. и плана мероприятий [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72972854/> (дата обращения: 03.03.2024).
6. Jackson J. A., Reichelt M., Pinder S. et al. Ecological interactions between Antarctic krill (*Euphausia superba*) and baleen whales in the South Sandwich Islands region-exploring predator-prey biomass ratios // *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2022. 15 p.
7. Atkinson A., Pakhomov E. A. et al. Evidence for a decline in the population density of Antarctic krill *Euphausia superba* Dana, 1850 still stands // *A comment on Cox et al. Journal of Crustacean Biology*, 2019. P. 316–322.
8. Сытов А. М., Козлов Д. А. Размерный состав и биологическая характеристика антарктического криля // *Труды АтлантНИРО*. 2021. Т. 5. № 2. С. 101–115
9. Судник С. А., Колесникова А. Д. Комплексная методика лабораторного анализа криля *Euphausia superba* (Dana, 1850) (Euphausiacea: Euphausiidae) // *Всерос. науч.-практич. конф. (6 фев. 2022): материалы*. Ульяновск: УГПУ им. И. Н. Ульянова, 2022. С. 225–233.
10. Питание криля и некоторые особенности его поведения [Электронный ресурс]. URL: <http://dspace.vniro.ru/handle/123456789/4133?show=full> (дата обращения: 27.06.2024).
11. Залота А. К., Горбатенко К. М. и др. Состав популяции и транспорт молоди антарктического криля в районе бассейна Пауэлла // *Труды ВНИРО*. М.: Изд-во ВНИРО, 2020. С. 33–47
12. Справочник научного наблюдателя АНТКОМ, 2011 [Электронный ресурс]. URL: <http://archive.ccamlr.org/pu/r/pubs/om/toc.htm> (дата обращения: 03.03.2024).
13. Буруковский Р.Н. Методика биологического анализа некоторых тропических и субтропических креветок // *Промышленно-биологические исследования морских беспозвоночных: сборник научных трудов*. М.: Изд-во ВНИРО, 1992. С. 77–84.

14. Буруковский Р.Н. Питание и пищевые взаимоотношение креветок. Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2009. 408 с.

15. Судник С. А. О связи личиночного и репродуктивного циклов у самок креветок (Crustacea, Decapoda, Natantia) // Международная научно–практическая конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» (г. Калининград, 25–26 сентября 2013 г.), 2013. С. 290–292.

16. Distribution, biomass and demography of Antarctic krill, *Euphausia superba*, 2015. [Электронный ресурс]. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-29279-3_2 (дата обращения: 07.05.2024)

17. Cuzin-Roudy J. Ovarian development and sexual maturity staging in Antarctic Krill, *Euphausia superba* (Crustacea). *Journal of Crustacean Biology*. 1991. V. 11. N 2. P. 236–249.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BIOLOGY OF ANTARCTIC KRILL EUPHAUSIA SUPERBA DANA, 1850 (EUPHAUSIACEA: EUPHAUSIIDAE) FROM TWO REGIONS OF THE ANTARCTIC SECTOR OF THE ATLANTIC IN 2020

¹Sudnik Svetlana Aleksandrovna, Ph.D. in Biology,
Associate Professor of VBA Department of IRA KGTU

²Kolesnikova Alexandra Dmitrievna, MA, Group 23-BA/m

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia
e-mail: ¹svetlana.sudnik@klgtu.ru; ²kolesnikova_aleksasha@bk.ru

A comparative analysis of the biological traits of 1,300 individuals from the Bransfield Strait and the Powell Basin revealed a strong predominance of juvenile individuals in the samples of the regions, among female individuals of different sexes. The size of krill varies from 13.6 to 50.2 mm (with an average value of 3.1 to 19.0 mm). The smallest juveniles were found in the Powell basin, but larger males. The body weight of the individuals ranges from 0.02 to 1.2 g. The weight structure of the females was relatively constant, the males had a larger body weight compared to the females, which correlates with their size. The first data on the size-weight dependence in the species of these two regions showed a reliable relationship between the parameters length and body weight. An assessment of the reproductive state showed that in summer, small individuals with completely undeveloped or poorly developed gonads prevailed among males and females; the remaining small, larger males and females had well-developed maturing gonads. Large pre-mature females were found only in the Powell basin, which is probably due to the peculiarities of the transfer of water masses in this area.

ВЛИЯНИЕ ВРЕДНОСНОГО «ЦВЕТЕНИЯ» ВОДОРΟΣЛЕЙ ОСЕНЬЮ 2020 Г. НА СТРУКТУРУ СООБЩЕСТВА РЫБ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

Токранов Алексей Михайлович, д-р биол. наук, ст. науч. сотрудник

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: tok_50@mail.ru

По данным учебных обловов, выполненных в июне–августе 2021–2023 гг. в прибрежье Авачинского залива, приведены сведения о видовом составе, батиметрическом распределении и относительной численности рыб на глубинах 4–40 м. Полученные данные позволяют сделать вывод, что вредоносное «цветение» водорослей практически не отразилось на видовом составе ихтиофауны прибрежной зоны. Однако оно оказало косвенное воздействие на батиметрическое распределение крупных видов рогатковых, что повлияло на структуру сообщества рыб на глубинах менее 20 м, где в настоящее время доминируют зайцеголовый терпуг и широколобый морской окунь, а рогатковые встречаются лишь единично.

По имеющимся литературным данным, [1], в верхней сублиторали Юго-Восточной Камчатки (в том числе, Авачинского залива) на глубинах от 4 до 40 м в учебных уловах встречается 17 видов рыб из 7 семейств, из которых на участках со скалистыми и каменистыми грунтами вдоль открытого побережья у мысов и островков в летний период традиционно доминируют 7 представителей ихтиофауны – два вида терпугов (зайцеголовый *Hexagrammos lagocephalus* и северный одноперый *Pleurogrammus monopterygius*), 4 вида рогатковых сем. Cottidae (пестрый *Hemilepidothus gilberti* и белобрюхий *H. jordani* получешуйники, многоиглый *Myoxocephalus polyacanthocephalus* и мраморный *M. stelleri* керчаки) и широколобый морской окунь *Sebastes glaucus*, суммарная доля которых, согласно результатам учебных обловов, в прибрежье о-ва Старичков достигает почти 98% от числа всех пойманных рыб [2].

Осенью 2020 г. в прибрежных водах Южной Камчатки возникло крайне неблагоприятное для жизнедеятельности многих донных гидробионтов природное явление, называемое вредоносным «цветением» водорослей (ВЦВ), вызванное бурным развитием токсичных одноклеточных водорослей рода *Karenia* [3]. Оно привело к массовой гибели морских организмов [4, 5, и др.], ведущих, главным образом, малоподвижный или прикрепленный к субстрату образ жизни. Многие из них (в том числе, губки, гидроиды, мшанки и др.), обычно обильно покрывающие подводные валуны и скалы прибрежной зоны, являются ценозообразующими донными организмами. Во-первых, они обеспечивают временное укрытие или постоянное убежище для множества мелких беспозвоночных и рыб (а также их молоди); во-вторых, служат для них сами пищевыми объектами или создают условия для концентрации кормовых организмов, а в-третьих, позволяют целому ряду представителей ихтиофауны, занимающих нишу факультативных хищников-засадчиков и бентоихтиофагов, достаточно эффективно маскироваться на дне в ожидании добычи. В связи с этим, в 2021–2023 гг. сотрудниками лаборатории гидробиологии Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН выполнены исследования по оценке последствий воздействия ВЦВ осенью 2020 г. у побережья Юго-Восточной Камчатки на представителей различных групп флоры и фауны, в том числе, на обитающих в прибрежной зоне рыб, ряд которых (северный одноперый и зайцеголовый терпуги, широколобый морской окунь, северная двухлинейная *Lepidopsetta polyxustra*, желтоперая *Limanda aspera* камбалы и белокорый палтус *Hippoglossus stenolepis*) служат традиционными объектами промысла и любительского рыболовства. Проведенные в летние месяцы 2021–2023 гг. исследования позволяют получить представление о видовом составе, относительной численности и батиметрическом распределении различных представителей ихтиофауны в прибрежье Авачинского залива в настоящее время, а также оценить состав сообщества рыб в зоне его верхней сублиторали на начало 2024 г., т.е. спустя три года после ВЦВ, возникшего осенью 2020 г.

Материал и методика

Поскольку сильная расчлененность рельефа прибрежной мелководной зоны Авачинского залива и множество подводных рифов и скал на глубинах менее 30-40 м не позволяют выполнять здесь донные траления, а наличие достаточно мощных течений крайне затрудняет постановку сетей, весьма эффективным методом для изучения видового состава ихтиофауны в этом биотопе, а также относительной численности, батиметрического и пространственного распределения отдельных видов рыб, как это было продемонстрировано ранее [1], могут служить результаты контрольных удебных обловов. Данные, полученные в процессе выполнения 16 таких обловов в Авачинском заливе в июне-августе 2021-2023 гг. в разных участках его прибрежной зоны от бух. Баранья на севере до бух. Лиственичной на юге (рис. 1) на глубинах от 4 до 40 м, послужили материалом для настоящего сообщения. Для сравнения состава сообщества рыб в зоне верхней сублиторали и батиметрического распределения их отдельных видов в летние месяцы, привлечены результаты удебных обловов, выполненных в июне 1998 г. и августе 2004 г. в различных участках его прибрежной зоны [2].



Рис. 1. Места проведения контрольных удебных обловов рыб (отмечены черными кружками) в июне-августе 2021-2023 гг. в прибрежной зоне (глубины 4-40 м) Авачинского залива

Результаты и обсуждение

В результате исследований, проведенных в июне-августе 2021-2023 гг., в контрольных удебных уловах в прибрежье Авачинского залива на глубинах от 4 до 40 м зарегистрировано 18 видов рыб из 7 семейств (табл. 1). Анализ видового состава удебных уловов свидетельствует, что их основу в зоне верхней сублиторали этого залива (72,2% от числа учтённых видов) в период с июня по сентябрь формировали представители 3 семейств донных и придонных рыб – рогатковых Cottidae (6 видов), камбаловых Pleuronectidae (4 вида) и терпуговых Hexagrammidae (3 вида). Остальные 4 семейства включали лишь по одному-два вида.

Таблица 1.

Видовой состав контрольных удебных уловов рыб в прибрежной зоне Авачинского залива в 2021-2023 гг. на глубинах 4-40 м

№	Семейство, вид	Год			
		2021	2022	2023	2021-2023
I. Сем. Gadidae – Тресковые					
1.	<i>Gadus chalcogrammus</i> (Pallas, 1814) – тихоокеанский минтай	+	+	+	+

№	Семейство, вид	Год			
		2021	2022	2023	2021-2023
2.	<i>G. macrocephalus</i> Tilesius, 1810 – тихоокеанская треска	-	+	+	+
II. Сем. Sebastidae – Морские окуни					
3.	<i>Sebastes glaucus</i> Hilgendorf, 1880 – широколобый морской окунь	+	+	+	+
III. Сем. Hexagrammidae – Терпуговые					
4.	<i>Hexagrammos lagocephalus</i> (Pallas, 1810) -зайцеголо- вый терпуг	+	+	+	+
5.	<i>H. stelleri</i> Tilesius, 1810 – пятнистый терпуг	+	-	-	+
6.	<i>Pleurogrammus monopterygius</i> (Pallas, 1810) – север- ный однопёрый терпуг	+	+	+	+
IV. Сем. Cottidae - Рогатковые					
7.	<i>Enophrys diceraus</i> (Pallas, 1787) – двурогий бычок	+	-	+	+
8.	<i>Gymnocanthus detrisus</i> Gilbert et Burke, 1912 – широ- лобый шлемоносец	-	-	+	+
9.	<i>Hemilepidotus gilberti</i> Jordan et Starks, 1904 – пёстрый получешуйник	+	+	+	+
10.	<i>H. jordani</i> Bean, 1881 – белобрюхий получешуйник	-	-	+	+
11.	<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i> (Pallas, 1814) – многоиглый керчак	+	+	+	+
12.	<i>M. stelleri</i> Tilesius, 1811 – мраморный керчак	+	+	+	+
V. Сем. Hemitripterae – Волосатковые					
13.	<i>Hemitripterus villosus</i> (Pallas, 1814) – бычок-ворон	-	+	-	+
VI. Сем. Bathymasteridae – Батимастеровые					
14.	<i>Bathymaster signatus</i> Cope, 1871 – обозначенный бати- мастер	+	-	-	+
VII. Сем. Pleuronectidae - Камбаловые					
15.	<i>Hippoglossus stenolepis</i> Schmidt, 1904 – тихоокеан- ский белокорый палтус	+	+	+	+
16.	<i>Lepidopsetta polyxistra</i> Orr et Matarese, 2000 – север- ная двухлинейная камбала	+	+	+	+
17.	<i>Limanda aspera</i> (Pallas, 1814) – желтоперая камбала	+	+	+	+
18.	<i>Platichthys stellatus</i> (Pallas, 1787) – звездчатая камбала	+	+	-	+
Общее количество видов		14	13	14	18

Сравнение результатов контрольных учебных обловов в июне-августе 2021-2023 гг. с имеющимися в литературе данными о видовом составе рыб в учебных уловах в различных участках прибрежной зоне Авачинского залива на глубинах от 2 до 40 м в 1981-1985 и 1998-2006 гг. [1, 2] (т.е., задолго до неблагоприятной экологической обстановки, сложившейся осенью 2020 г.), наглядно свидетельствует о том, что в этом батиметрическом диапазоне он был довольно сходен.

Согласно результатам контрольных учебных обловов, в летний период 2021-2023 гг. в прибрежной зоне Авачинского залива на глубинах от 4 до 40 м среди донных и придонных рыб по численности в целом доминировали взрослые особи 4 представителей ихтиофауны – зайцеголового терпуга, широколобого морского окуня, северной двухлинейной камбалы и тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus*, суммарная доля которых составляла 79,0% от числа всех пойманных рыб (рис. 2). Правда, в отдельные годы величина уловов этих видов заметно варьировала (от 67,4 до 86,8 %), что, на наш взгляд, обусловлено разницей в календарных сроках выполнения контрольных учебных обловов и в гидрометеорологических условиях (температура воды, волнение, освещенность и др.) во время их проведения.

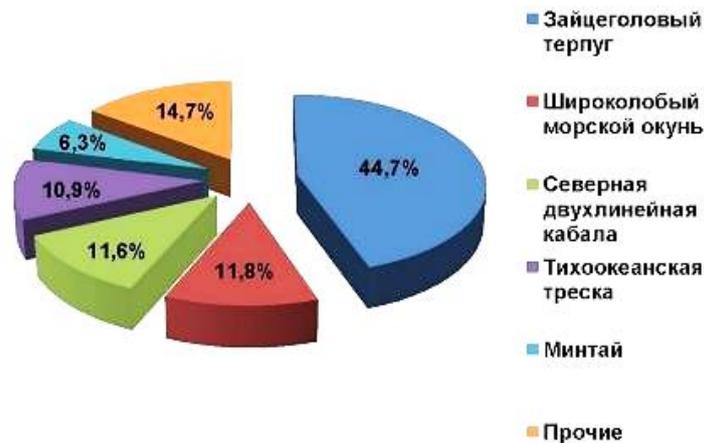


Рис. 2. Относительное количество различных видов рыб в удебных уловах (в % по численности) в зоне верхней сублиторали Авачинского залива (глубины 4-40 м) в июне-августе 2021-2023 гг.

Как наглядно свидетельствуют представленные на рисунке 3 данные, хотя в 2021-2023 гг. доминирующим видом на глубинах менее 20 м в Авачинском заливе в летние месяцы в удебных уловах, как и ранее [1, 2], повсеместно являлся зайцеголовый терпуг (он занимал наиболее мелководную, прибрежную часть данного биотопа и держался преимущественно в пределах пояса подводной растительности, служащей ему субстратом для выметываемой во время нереста икры [6]), доля которого составляла 69,1 % от всех выловленных рыб, относительная численность ряда других представителей ихтиофауны в этом батиметрическом диапазоне существенно изменилась. Практически везде в уловах возросла доля широколобого морского окуня, достигавшая в период проведения обловов на глубинах менее 20 м в среднем 16,9 % по численности, тогда как ранее на многих участках в этом диапазоне глубин он попадался единично. Однако, по сравнению с предшествующими ВЦВ годами в уловах повсеместно в несколько раз сократилась относительная численность традиционно довольно обычных здесь 4 видов рогатковых рыб – многоиглого и мраморного керчаков, а также белобрюхого и пестрого получешуйников, составлявших ранее значительную часть удебных уловов [1, 2].

Анализ имеющихся в нашем распоряжении результатов контрольных удебных обловов рыб на глубинах менее 20 м за 2021-2023 гг. позволяет дать следующее объяснение значительному сокращению численности ранее довольно многочисленных в прибрежье о-ва Старичков и других участков Авачинского залива видов рогатковых (массовой гибели которых здесь никто не отмечал) по прошествии трех лет после воздействия ВЦВ осенью 2020 г. Поскольку эти крупные виды семейства Cottidae, являющиеся хищниками-засадчиками (многоиглый и мраморный керчаки) или бентоихтиофагами (пёстрый и белобрюхий получешуйники) [7], традиционно используют покрывающие донный субстрат губки, гидроиды, мшанки и других гидробионтов для маскировки во время добычи пищи, то массовая гибель беспозвоночных-обрастателей [4, 5, и др.] лишила их такой возможности. Поэтому, будучи хорошо заметными среди оставшихся практически без обрастаний подводных валунов и скал, что, безусловно, существенно снизило эффективность добычи ими кормовых ресурсов, они были вынуждены сместиться на большие глубины (свыше 30-40 м), где беспозвоночные-обрастатели, судя по всему, в значительно меньшей степени подверглись воздействию ВЦВ, в связи с чем, донные сообщества, по-видимому, изменились не столь сильно, как на глубинах менее 20 м.

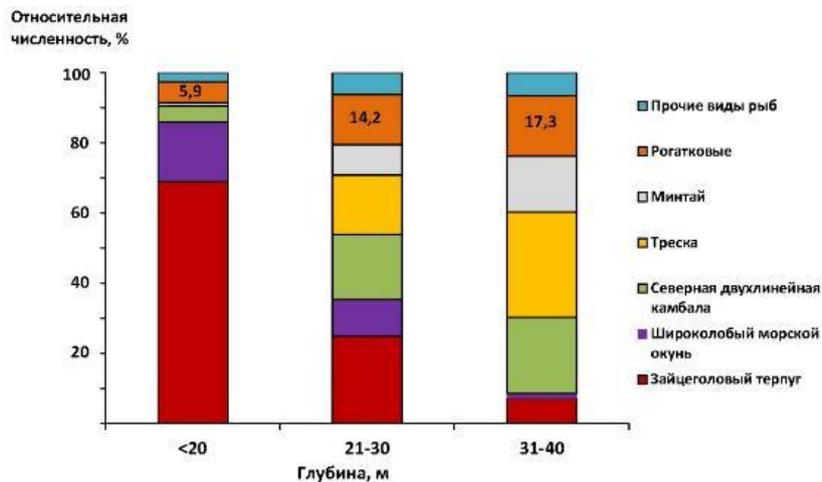


Рис. 3. Относительное количество разных видов рыб (в % по численности) в удебных уловах в различных диапазонах глубин верхней сублиторали Авачинского залива в июне-августе 2021-2023 гг.

Нагляднее всего это иллюстрирует сравнение данных о суммарной относительной численности выше упомянутых видов керчаков и получешуйников в 2021-2022 гг. с таковой в июне 1998 г. и августе 2004 г. на глубинах менее 20 м в прибрежье о-ва Старичков (рис. 4), которое, на наш взгляд, подтверждает высказанное нами ранее объяснение причин сокращения относительной численности рогатковых рыб на глубинах менее 20 м [8] в зоне верхней сублиторали Авачинского залива после массовой гибели донных беспозвоночных в результате воздействия на них неблагоприятной экологической обстановки, вызванной ВЦВ. Если в 1998 и 2004 гг. доля рогатковых в удебных уловах в прибрежье о-ва Старичков в данном батиметрическом диапазоне составляла соответственно 48,6 и 68,4% от всех пойманных рыб [2], то в 2021 г. она сократилась до 17,6, а в 2022 г. – до 2,5% (рис. 4). Косвенно смещение этих видов рогатковых на большие глубины подтверждают результаты контрольных обловов, выполненных в батиметрическом диапазоне 30-40 м (рис. 3), где все они сегодня, по-прежнему, являются самыми обычными объектами удебных уловов.

Существенное увеличение в удебных уловах в Авачинском заливе на глубинах менее 20 м доли широколобого морского окуня (с единичных поимок в годы, предшествующие ВЦВ, до 16,9 % по численности в среднем в 2021-2023 гг.), на наш взгляд, обусловлено тем, что из-за массовой гибели беспозвоночных-обрастателей и значительного сокращения относительной численности в зоне верхней сублиторали Авачинского залива представителей сем. Cottidae, этому виду рыб, скрывающемуся в расщелинах среди лишившихся обрастаний в виде губок и других донных беспозвоночных подводных валунов и скальных выходов, стало гораздо легче заметить наживку и успеть схватить её.

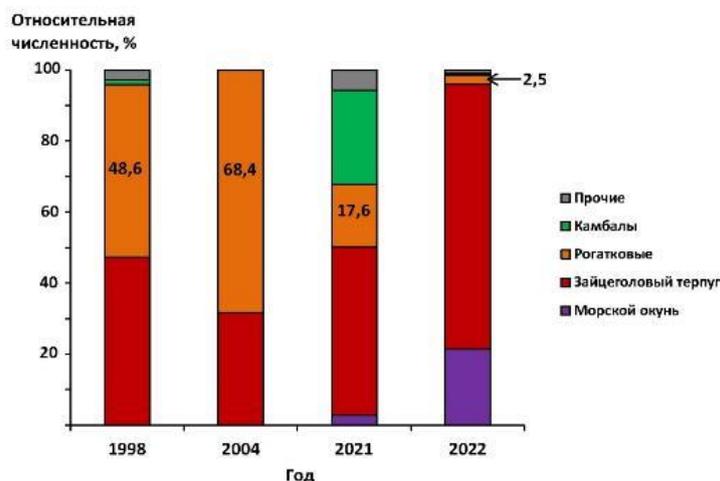


Рис. 4. Относительная численность различных видов рыб в прибрежной зоне о-ва Старичков в июне-августе в разные годы по данным контрольных удебных обловов

Заключение

Полученные в процессе выполненных в 2021-2023 гг. исследований результаты позволяют сделать вывод, что возникшие осенью 2020 г. в прибрежье Юго-Восточной Камчатки неблагоприятные экологические условия, вызванные ВЦВ, практически не повлияли, как это отмечено нами ранее [9, 10], на численность активно перемещающихся представителей прибрежной ихтиофауны, в том числе, таких типичных и массовых в летние месяцы в зоне верхней сублиторали Авачинского залива на глубинах менее 20 м видов рыб, как зайцеголовый терпуг, широколобый морской окунь, северная двухлинейная камбала, керчаки и получешуйники, способных избегать участков прибрежной акватории, на которых происходило бурное развитие токсичных одноклеточных водорослей. Однако, возникшие неблагоприятные экологические условия оказали косвенное воздействие на батиметрическое распределение крупных видов рогатковых семейства Cottidae, являющихся хищниками-засадчиками (многоиглый и мраморный керчаки) или бентоихтиофагами (пёстрый и белобрюхий получешуйники), которые традиционно используют покрывающих донный субстрат беспозвоночных-обрастателей (губки, гидроиды, мшанки и др.) для маскировки во время добычи пищи. В связи с массовой гибелью в результате ВЦВ представителей этих групп беспозвоночных, перечисленные виды рогатковых лишились возможности маскироваться среди оставшихся практически без обрастаний подводных валунов и скал, а потому сместились глубже. Это, неизбежно, сказалось на структуре ихтиоценоза верхней сублиторали на глубинах менее 20 м, где в настоящее время доминирующими видами являются зайцеголовый терпуг и широколобый морской окунь, а упомянутые рогатковые встречаются лишь единично.

Существенное увеличение в удебных уловах в Авачинском заливе на глубинах менее 20 м доли широколобого морского окуня (с единичных поимок в годы, предшествующие ВЦВ, до 16,9 % по численности в среднем в 2021-2023 гг.), скорее всего, обусловлено тем, что из-за массовой гибели беспозвоночных-обрастателей и вызванного ей значительного сокращения относительной численности в данном батиметрическом диапазоне верхней сублиторали Авачинского залива крупных представителей сем. Cottidae, этому виду рыб, обитающему в придонных водах и скрывающемуся среди лишившихся обрастаний в виде губок и других донных беспозвоночных подводных валунов и расщелин скальных выходов, стало гораздо легче заметить наживку и успеть схватить её.

Благодарности

Автор выражает благодарность за обеспечение в июне-августе 2021-2023 гг. работ по сбору материалов руководству ООО «Подводсервис» и экипажу судна «Ларус», а также всем коллегам, принявшим участие в выполнении контрольных удебных обловов рыб в прибрежье Авачинского залива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотов О.Г., Токранов А.М. Экологические особенности репродуктивного периода терпугов (Hexagrammidae) и получешуйников (Cottidae) в тихоокеанских водах Камчатки // Вопросы ихтиологии. – 1989. - Т. 29. - Вып. 3. - С. 430-438.
2. Токранов А.М., Шейко Б.А. К познанию ихтиофауны прибрежных вод острова Старичков // Биота острова Старичков и прилегающей к нему акватории Авачинского залива / Труды КФ ТИГ ДВО РАН. - Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2009. - Вып. VIII. - С. 250–262.
3. A massive bloom of *Karenia* species (Dinophyceae) off the Kamchatka coast, Russia, in the fall of 2020 / T.Yu. Orlova, A.I. Aleksanin, E. V. Lepskaya, K.V. Efimova, M.S. Selina, T.V. Morozova, I.V. Stonik, V.A. Kachur, A.A. Karpenko, K.A. Vinnikov, A.V. Adrianov, M. Iwatari // Harmful Algae. - 2022. - Vol. 120. - Article 102337. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2022.102337>
4. Оценка воздействия возникшей осенью 2020 г. у берегов Камчатки неблагоприятной экологической обстановки на представителей различных групп гидробионтов / А.М. Токранов, Д.Д. Данилин, Г.Г. Жигадлова, Н.П. Санамян, К.Э. Санамян, И.А. Усатов // Труды X Междунар. науч.-практ. конф. «Морские исследования и образование (Maresedu-2021)». - Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2021. - Т. II (III). - С. 93-96.
5. Санамян Н.П., Коробок А.В., Санамян К.Э. Качественная оценка последствий влияния вредоносного цветения водорослей осенью 2020 года у побережья Юго-Восточной Камчатки (Северо-

Западная Пацифика) на мелководные бентосные сообщества // Вестник КамчатГТУ. - 2023. - № 63. - С. 22–44. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2023-63-22-44>

6. Горбунова Н.Н. Размножение и развитие рыб семейства терпуговых // Труды ИО АН СССР. - 1962. - Т. 59. - С. 111-182.

7. Токранов А.М. Трофические группировки рогатковых рыб (Cottidae) в прикамчатских водах // Принципы экологии (электронный журнал). - 2019. - №3(33). - С. 101-110. DOI: 10.15393/j1.art.2019.9662

8. Токранов А.М. Состав и относительная численность рогатковых рыб в прибрежье о-ва Старичков через два года после цветения водорослей осенью 2020 г. // LXXVI Герценовские чтения. География: развитие науки и образования: Матер. межд. науч.-практ. конф. в 2 т. - СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2023. - Т. I. - С. 171-176.

9. Токранов А.М. Состав удебных уловов рыб в прибрежных водах юго-восточной Камчатки после вредоносного цветения водорослей осенью 2020 г. // Трёшниковские чтения-2022: Современная географическая картина мира и технологии географического образования: Матер. всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием (14-15 апреля 2022 г., Ульяновск). - Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2022. - С. 174-175. DOI: 10.33065/978-5-907216-88-4-2022-174-175

10. Токранов А.М. Состав прибрежной ихтиофауны юго-восточной Камчатки после вредоносного цветения водорослей осенью 2020 г. // Вестник КамчатГТУ. - 2022. - Вып. 59. - С. 280-288. DOI: 10.17217/2079-0333-2022-59-38-48

INFLUENCE OF HARMFUL ALGAE BLOOMING IN AUTUMN 2020 ON THE STRUCTURE OF FISH COMMUNITY IN THE COASTAL ZONE OF AVACHA GULF (SOOUTH-EASTERN KAMCHATKA)

Tokranov Alexey Mikhailovich, Doctor of Biological Sciences, Senior Scientist

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, e-mail: tok_50@mail.ru

According to data from fishing catches carried out in June–August 2021–2023 in the coastal area of Avacha Gulf, information is provided on the species composition, bathymetric distribution and relative abundance of fish at depths of 4–40 m. The data obtained allow to conclude that the harmful algae bloom, had virtually no effect on the species composition ichthyofauna of the coastal zone. However, it has had an indirect effect on the bathymetric distribution of large species of the sculpins (family Cottidae), which has influenced the structure of the fish community at depths less than 20 m, where the rock greenling and gray rockfish are currently dominant, and the mentioned sculpins are found only sporadically.

ХОЗЯЙСТВЕННО ЗНАЧИМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОСЕЛЕНИЙ МИДИЙ МУРМАНСКОГО ПРИБРЕЖЬЯ

¹Кравец Пётр Петрович, канд. биол. наук, доцент, заведующий кафедрой биологии и биоресурсов

²Тюкина Ольга Сергеевна, ст. преподаватель кафедры биологии и биоресурсов

³Приймак Павел Георгиевич, канд. биол. наук, доцент кафедры биологии и биоресурсов

⁴Деркач Светлана Ростиславовна, д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры химии

^{1,2,3,4}Мурманский арктический университет, Мурманск, Россия,

e-mail: 2tyukinaos@mstu.edu.ru

Представлены современные исследования литоральных и сублиторальных поселений мидии ряда акваторий Восточного и Западного Мурмана Баренцева моря за летние сезоны 2022 и 2023 гг. Цель – дать рекомендации к промыслу мидии в ряде акваторий западного и восточного побережья Баренцева моря на основе размерно-массового состава, количественных и санитарно-микробиологических, а также токсикологических показателей. В результатах прослеживается тенденция на возрастание средних значений размерно-массовых показателей от восточного к западному побережью Баренцева моря. Наибольшая плотность отмечена в губе Ярнышная, а биомасса в губе Печенга. Характерно преобладание младших возрастных групп в скоплениях. Выявлены доли промысловых моллюсков в скоплениях и даны рекомендации к промыслу в названных акваториях.

Введение

Мидии Баренцева моря являются промысловым видом, официальный вылов которого в настоящее время незначителен, однако при определенных условиях может быть увеличен [1]. Кроме того, данный моллюск является перспективным объектом марикультуры в прибрежной зоне, поскольку технология культивирования адаптированная к условиям Баренцева моря была отработана при создании опытных плантаций [2 - 5]. Из мидий изготавливают широкий спектр пищевой продукции, получают гидролизаты и пищевые биологически активные добавки на основе продуктов переработки моллюска, используют в качестве биоиндикатора антропогенного воздействия на прибрежные биоценозы [6 - 9]. Встречается моллюск повсеместно на литорали и сублиторали в прибрежье Баренцева моря. Предпочитают каменистые и скальные грунты, в местах благоприятных для их обитания мидии часто образуют сплошные поселения – банки [10]. Поэтому сведения о хозяйственно значимых показателях поселений прибрежных поселений могут быть использованы для мониторинга запасов мидии, организации промысла и аквахозяйств по выращиванию мидии.

Цель работы – дать рекомендации к промыслу мидии в ряде акваторий западного и восточного побережья Баренцева моря на основе размерно-массового состава, количественных и санитарно-микробиологических, а также токсикологических.

Материалы и методы

Исследования были проведены в летние сезоны в 2022 г. в районах Восточного побережья (губы Териберская, Ярнышная, Зеленецкая) и в 2023 г. в акваториях Западного побережья (губы Печенга, Ура) (рис.1). В исследуемых областях на литорали и сублиторали вдоль губ закладывались пробные площадки в куту, середине и в устье.



Рис. 1. Карта районов исследования Баренцева моря в 2022 и 2023 гг. Западное побережье: А – губа Печенга, Б – губа Ура; Восточное побережье: В – губа Териберская, Г1 – губа Ярнышная, Г2 – губа Зеленецкая

Литоральные пробы моллюсков были собраны во время отлива, с использованием учетной рамки размером 10x10 см. Сублиторальные поселения мидии в районах изучения исследовали путем водолазных работ методом вертикальных трансект, перпендикулярных берегу, с использованием рамки 25x25 см для отбора проб [11].

В лабораторных условиях моллюсков очищали от эпибионтов. Размерные параметры (длина, высота и толщина раковины) измеряли с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. Вес целого моллюска, створок раковины и тело моллюска взвешивали на лабораторных весах с точностью до сотых граммов. Перед взвешиванием проводили обсушивание фильтровальной бумагой. Вес полостной жидкости вычисляли по разности между массой целого моллюска и суммой массы мяса и створок раковины [11]. Также вычисляли отношение массы отдельных частей тела мидии к общей массе целой моллюска. В каждом районе исследования выявляли доли моллюсков с длиной раковины от 5 см и более, имеющих промысловый размер. Возраст мидий определяли путем подсчета колец зимней остановки роста на раковинах.

Математическая обработка проводилась с использованием пакета MS Excel 2010. В расчетах популяционных и размерно-весовых характеристик не учитывались особи возрастной группы 0+ с длиной раковины 9 мм и менее.

В каждой губе были отобраны дополнительные пробы мидии для санитарно-микробиологических и токсикологических исследований на соответствие ГОСТ 33283-2015 «Мидии живые». Технические условия, ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции», ТР ЕАЭС 040/2016 Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции». Исследование образцов проведено на базе ГОБВУ «Мурманская областная станция по борьбе с болезнями животных».

Результаты и обсуждение

Изменения структуры и состава сообществ прибрежных поселений мидии происходят непрерывно как по естественным причинам, так и одновременно с действием фактора промысла моллюсков в

любительских и промышленных масштабах. [12] В связи с чем, проведение исследований их поселений требуют некоторой периодичности.

В исследуемых акваториях распределение мидий на литорали и сублиторали было неравномерное. Моллюски отсутствовали на литорали в устье, а также на верхнем и среднем горизонтах литорали кута губы Печенга. В губе Ура мидии не обнаружены на верхнем и среднем горизонтах средней части и устья.

Количественные показатели, такие как плотность и биомасса моллюсков, являются важными информативными данными при описании пространственного распределения исследуемых организмов.

Максимальные показатели плотности литоральных и сублиторальных поселений зафиксированы в губе Ярнышная, однако наибольшая биомасса зарегистрирована в губе Печенга (таблица 1). Высокая плотность в губах обеспечивалась недавно осевшей молодью. Мидиевые банки обнаружены в кутовых частях губы Ярнышная и Ура на литорали, в губе Печенга на сублиторали (рис. 2). В губе Ярнышная скопления располагались на верхнем горизонте литорали кутовой части в русле ручья, средняя биомасса составляет 18,2 кг/м², в губе Печенга в кутовой части на среднем и нижнем горизонтах – 25, 3 м²/кг и в губе Ура в кутовой части на нижнем горизонте – 13 кг/м².

Таблица 1

Показатели обилия поселений в исследуемых районах в летние периоды 2022 и 2023 гг.

Район исследования	ЛИТОРАЛЬ		СУБЛИТОРАЛЬ	
	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²
губа Зеленецкая	6872±2749	828±331	900±383	6303±2521
губа Ярнышная	11438±4575	1511±604	2437±975	4201±1681
губа Териберская	778±311	477,5±191	192±76	149,9±59,9
губа Ура	7470,4±2241,1	4642,1±1810,4	603±151	14216±4265
губа Печенга	3771,1±311	9630,3±3370,6	1693±430	16864±5902

Примечание: «±» стандартная ошибка.



Рис. 2. Мидиевая банка в губе Ура Западного Мурмана Баренцева моря в июле 2023 г.

Для всех рассмотренных акваторий характерна тенденция на возрастание средних значений размерно-массовых показателей от устья к середине и куту. Вероятно, это связано с повышенной гидродинамикой на данных участках, которая обеспечивает моллюсков пищей и способствует процессам самоочистки. При анализе распределения показателей по горизонтам литорали явной тенденции, характерной для всех районов, не было выявлено.

Прослеживается тенденция увеличения всех размерно-массовых параметров литоральных моллюсков в направлении от восточного к западному побережью Баренцева моря, в связи с повышением температуры воды, что создает благоприятные условия развития, и роста мидий. Наибольшими значениями параметрами обладают моллюски, собранные в губе Печенга (таблица 2).

**Размерно-массовый состав моллюсков литоральных поселений в летние периоды
2022 и 2023 гг.**

Район исследования	Длина раковины моллюска, см	Масса						
		мидии, г	створок моллюска		тела моллюска		мантимальной жидкости,	
			г	%	г	%	г	%
губа Зеленецкая	1,6±0,04	0,73±0,08	0,3±0,03	41	0,23±0,03	31,5	0,18±0,02	27,5
губа Ярнышная	1,8±0,03	0,89±0,05	0,37±0,02	41	0,26±0,01	29	0,26±0,01	30
губа Териберская	1,6±0,03	0,79±0,06	0,34±0,02	43	0,23±0,01	29	0,22±0,02	28
губа Ура	2,02±0,05	1,22±0,11	0,6±0,05	49	0,3±0,03	24,5	0,33±0,04	26,5
губа Печенга	3,25±0,06	5,97±0,55	2,51±0,33	42	1,48±0,21	25	2,03±0,19	33

Примечание: «±» стандартная ошибка.

Аналогичная картина прослеживается и с сублиторальными мидиями – увеличение значений параметров в направлении Западного Мурмана. Максимальные значения параметров характерны для мидий из губы Ура (таблица 3).

Таблица 3

**Размерно-массовый состав моллюсков сублиторальных поселений
в летние периоды 2022 и 2023 гг.**

Район исследования	Длина раковины моллюска, см	Масса						
		мидии, г	створок моллюска		тела моллюска		мантимальной жидкости,	
			г	%	г	%	г	%
губа Зеленецкая	4,4±0,2	9,58±1,05	3,94±0,45	41	3,17±0,43	33	2,46±0,3	26
губа Ярнышная	2,4±0,09	2,66±0,33	1,12±0,15	42	1±0,15	37	0,5±0,06	21
губа Териберская	1,8±0,06	1,04±0,12	0,48±0,05	46	0,31±0,04	30	0,24±0,02	24
губа Ура	5,03±0,2	18,96±1,7	9,47±0,86	50	6,4±0,56	33	3,12±0,46	17
губа Печенга	4,55±0,13	16,4±1,06	8,39±0,59	51	5±0,32	30,5	3,53±0,25	18,5

Примечание: «±» стандартная ошибка.

В изученных районах Восточного Мурмана на литорали мидии промыслового размера (от 5 см) встречались единично. Так в губе Зеленецкая на долю промыслового размера приходится 0,8 %, в губе Ярнышная – 0,3% и в губе Териберская – 0,2%. В сублиторальных поселениях доля возрастает от 6% (губа Ярнышная) до 27% (губа Зеленецкая), в губе Териберская промысловые моллюски отсутствовали. В губах Западного Мурмана литоральные мидии промыслового размера полностью отсутствуют в Ура губе и практически отсутствуют в губе Печенга (3%). В Ура губе в сублиторальных поселениях доля возрастает до 67%, а в губе Печенга составляет – 25 %.

Относительная масса сырых мягких тканей у исследованных мидий колебалась на литорали в пределах от 24,5 до 31 % общей прижизненной массы, а на сублиторали от 30,5 до 37% (табл.2., табл. 3). Наибольший выход мяса характерен для моллюсков из губ Ярнышная и Зеленецкая, но как отмечается выше низкие значения доли промысловых мидий и их размерно-массовых параметров в данных районах не вызовут интерес к добыче.

Возрастная структура локальных поселений моллюсков позволяет ретроспективно судить об особенностях пополнения скоплений молодью, выживаемости и продолжительности жизни вида в конкретных условиях. Для всех районов характерно преобладание особей младших возрастных

групп (1, 2 и 3 года). Доминирование младших возрастных групп может быть связано как с ежегодным интенсивным оседанием молоди, так и с их относительно меньшей элиминацией. Также это может быть обусловлено высокой концентрацией пищи в местах обитания моллюсков. Такой тип частотного распределения моллюсков обычно свидетельствует о благоприятных условиях существования вида. Максимальная продолжительность жизни (15 лет) отмечена у сублиторальных моллюсков губы Печенга, а у литоральных (9 лет) из губ Зеленецкая и Ярнышная.

В результате проведенных токсикологических анализов было установлено, что концентрация наиболее токсичных тяжелых металлов (ртути, кадмия и свинца) и мышьяка и радионуклидов (стронция и цезия) не превышали предельно допустимых значений, установленных Техническим регламентом Таможенного союза "О безопасности пищевой продукции" (ТР ТС 021/2011) и ГОСТом 33283-2015 Мидии живые. Также микробиологические показатели (*Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*, р. *Enterococcus*, бактерии группы кишечных палочек (колиформы), мезофильные аэробных и факультативно-анаэробные микроорганизмы, патогены, в том числе сальмонеллы, сульфитредуцирующие клостридии) и паразитические исследования на живые личинки паразитов, опасных для здоровья человека, соответствовали принятым нормативам.

Заключение

Проведенные исследования показали отсутствие промысловых запасов мидии на литорали исследуемых акваторий. На сублиторали губы Печенга и Зеленецкая промышленное изъятие мидии с учетом размеров промысловых запасов будет сопровождаться существенными финансовыми затратами, а также может подорвать существующий запас. На сублиторали губы Ура промышленная добыча моллюска возможна с соблюдением научно обоснованной доли изъятия.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-16-20046) и Министерства образования и науки Мурманской области (соглашение № 103). Авторы выражают благодарность научному коллективу ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», работающему по гранту за помощь в сборе и камеральной обработке материала: Малавенде С.С., Бордиян В.В., Глухареву А.Ю., Голубовской Н.С., Ковалевой Т.О. и Шерстюк Е.С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамика запасов и использование сырьевой базы промысловых беспозвоночных в Баренцевом и Белом морях в 2000–2020 гг. / С. В. Баканев и др. // Вестник МГТУ. – 2022. – Т. 25. – № 3. – С. 270–284. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2022-25-3-270-284>.
2. Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. Проблемы и перспективы культивирования двустворчатых моллюсков в Баренцевом море // Вестник КНЦ РАН. – 2016. – № 3(26). – С. 57–72.
3. Федоров А.Ф. Продукционные возможности мидии (*Mytilus edulis* L.) в марикультуре Мурманна. – Апатиты: КФ АН СССР, 1987. – 104 с.
4. Федоров А.Ф., Злобин В.С., Слободняк В.А. Мурман. Мидиевые плантации. История и перспективы / Рыбное хозяйство. – 2005. – № 5. – С. 86–89.
5. Density of hydrobiont populations in the coastal zone of the Barents Sea and in aquaculture / Карков V.I., Kravets P.P., Shoshina E.V. [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 113. – 12 p. Article 04012. – DOI 10.1051/bioconf/202411304012.
6. Горбунова Т.Л., Башарова М.П., Матова Н.И. Морфометрические характеристики черноморских мидий *Mytilus galloprovincialis* L. как биоиндикатор антропогенного воздействия на прибрежные биоценозы Черного моря на территориях рекреационно-туристской специализации // Амурский зоологический журнал. – 2022. – Т. XIV. – № 3. – С. 516–530. – <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2022-14-3-516-530>
7. Ерохин В.Е., Гордиенко А.П. Перспективы культивирования мидий на крымском шельфе Черного моря (Каламитский залив) // WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS: Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Пенза, 30 сентября 2017 года. – 2017. – Часть 1. – С. 31-37.

8. Hyunga Jun-No, Ahnb Chang-Bum, Jea Jae-Young. Blue mussel (*Mytilus edulis*) protein hydrolysate promotes mouse mesenchymal stem cell differentiation into osteoblasts through upregulation of bone morphogenetic protein // Food Chemistry. – 2018. – Vol. 242. – P. 156–161.
9. Meram Chalamaiah, Wenlin Yu, Jianping Wu. Immunomodulatory and anticancer protein hydrolysates (peptides) from food proteins: A review // Food Chemistry. – 2018. – Vol. 245. – P. 205–222.
10. Исследование мидий Баренцева моря: от теории к практике // Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе / А.В. Гудимов. – Апатиты, 2005. – С.304-315.
11. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Вып. 3: Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны / Е. И. Блинова, О. Ю. Вилкова, Д. М. Милютин и др.. – М.: ВНИРО, 2005. – 139 с.
12. Галышева Ю. А., Яковлева А. Н. Оценка количественных показателей некоторых промысловых беспозвоночных в основных местах локализации в заливах Восток и Находка (Японское море) // Известия ТИНРО. – 2007. – Т. 149. – С. 191 – 204.

ECONOMICALLY SIGNIFICANT INDICATORS OF MUSSEL SETTLEMENTS IN THE MURMANSK COASTAL REGION

¹Kravets Petr Petrovich, Ph.D., Associate Professor, Head of the department

²Tyukina Olga Sergeevna, senior lecturer

³Priymak Pavel Georgievich, Ph.D., associate professor of the department

⁴Derkach Svetlana Rostislavovna, Doctor of Sciences, Professor, professor of the department

^{1,2,3,4}Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia, e-mail: ²tyukinaos@mstu.edu.ru

The article presents the results of modern studies of littoral and sublittoral mussel settlements in some water areas of the Eastern and Western Murman of the Barents Sea for the summer seasons of 2022 and 2023. The purpose of the work is to provide recommendations for mussel fishing in some water areas of the western and eastern coastal areas of the Barents Sea based on studies of size-mass composition, quantitative, sanitary-microbiological and toxicological indicators. The results of the study show a tendency for the average values of size and mass indicators to increase from the eastern to the western coast of the Barents Sea. The highest population density of mussels was noted in Yarnyshnaya Bay, and the highest biomass in Pechenga Bay. The predominance of younger age groups was also noted. The proportions of commercial shellfish in aggregations were identified and recommendations for fishing in these waters were given.

О БИОЛОГИИ *PONTOGAMMARUS ROBUSTOIDES* ИЗ ОЗЕРА ВИШТЫНЕЦКОГО В АПРЕЛЕ 2019 ГОДА

Ширяева Наталья Сергеевна, аспирант кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия, e-mail: natalya.pushkina@klgtu.ru

Изучена биология (размерный и половой состав, эмбриональное развитие, плодовитость) Pontogammarus robustoides из озера Виштынецкого Калининградской области в апреле 2019 г. Соотношение полов в пробах (всего 200 особей: 127 самок и 73 самца), чаще в 1,5–1,8 раза доминировали самки. Общая длина тела особей составила 4,7–16,3 мм (самок 4,7–14,6 мм, самцов 8,0–16,3 мм), самцы незначительно крупнее самок. Размеры ювенильных особей менее 5,0 мм. Плодовитость достигала 60 яиц, длиной у только что отложенных 0,4–0,6 × 0,3–0,5 мм. Размер первого нереста около 9,5 мм.

ВВЕДЕНИЕ

Амфиподы (бокоплавы) – крупнейшая группа высших раков, служат высококалорийной пищей ряда промысловых видов рыб. Амфиподы семейства Pontogammaridae играют значительную роль в биологических процессах водоёмов, являются важной составляющей биоресурсов водных экосистем [1; 2].

Pontogammarus robustoides Sars, 1894 принадлежит к комплексу понто-каспийских реликтовых гаммарид, впервые найден в Германии в 1991 г. в Одере и в 1994 г. – в устье реки Пеенэ (земля Мекленбург-Передняя Померания) [3].

Вид, характерный для солоноватых и опресненных заливов Черного, Азовского и Каспийского морей, прибрежных озёр, лагун, низовьев и лиманов крупных рек Понто-Каспийского бассейна: Волга, Дон, Буг, Терек, Кура, Кубань, Днепр, Днестр, Дунай, Прут [4; 5]. Найден в водоёмах всех стран Прибалтики, в том числе в Вислинском, Куршском, Рижском и Финском заливах, в водоёмах северной Польши и Германии [6; 7; 8].

В водах Калининградской области отмечен в реках Преголя, Дейма, Неман, Приморская, Шешупе, в озере Виштынецком, а также Форелевом, Шенфлиз [9; 10]. В настоящее время *P. robustoides* – обычный и массовый компонент донных зооценозов в Вислинском и Куршском заливах Балтийского моря [11].

Является переносчиком целого ряда паразитов рыб (трематод), а также – один из агрессивных хищников-вселенцев в водоёмах Европы, который представляет угрозу для аборигенных видов макрозообентоса, в том числе и для более мелких видов амфипод [12]. Амфиподы играют существенную роль в процессах самоочищения водоёмов. Это имеет большое значение в настоящий период антропогенного эвтрофирования и загрязнения водоёмов. *P. robustoides* живет на различных грунтах, часто встречается массово среди зарослей макрофитов, хорошо переносит условия стоячих водоёмов [8].

Целью нашей работы было изучить размерный состав, описать особенности размножения и жизненного цикла амфипод из озера Виштынецкого в апреле 2019 года.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований послужили 4 пробы (200 экз.) амфипод *P. robustoides* с разных станций из озера Виштынецкого, собранные в одно и то же время (табл. 1) одиннадцатого апреля 2019 года.

Сбор проб осуществлялся в ходе экспедиционных исследований кафедры ихтиологии и экологии ФГБОУ ВО «КГТУ». Максимальное количество особей наблюдалось в пробе №2 (76 экз.).

Минимальное количество было в пробе № 1 (19 экз.), что в четыре раза меньше, чем в пробе №1. Вероятно, условия места сбора пробы №2 были, где больше водной растительности, и условия существования, более приемлемые для *P. robustoides*.

Объем собранного материала *P. robustoides* из озера Виштынецкого в апреле 2019 года

Номер пробы	Кол-во особей, экз.
Проба № 1	19
Проба № 2	76
Проба № 3	47
Проба № 4	58
Всего	200

Бокоплавцы с помощью бинокулярного микроскопа подвергались биологическому анализу, [10; 13], который состоял из видовой идентификации, определения пола, измерения длины тела.

Состояние репродуктивной системы самок определяли по степени развития марсупиальной сумки, с учетом наличия или отсутствия в ней яиц или эмбрионов (молодь), у яйценосных самок – проводили оценку стадии развития эмбрионов, вынашиваемых в выводковой (марсупиальной) сумке, по 5-ти бальной шкале, величину плодовитости (количества эмбрионов и молоди).

Подсчет разовой реализованной плодовитости (количество яиц / молоди в кладке), определялось прямым подсчетом, в камере Богорова. У яиц с точностью 0,1 мм измеряли большой и малый диаметр.

За длину тела амфипод принималось расстояние вдоль средней линии спины (при выпрямленном теле рачка), от рострума до основания тельсона, т.е. до конца последнего сегмента тела [14; 15]. Пол амфипод определялся по наличию или отсутствию оостегитов [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

P. robustoides крупный вид, средняя длина тела около 10-18 мм, потребляет растительный детрит, нитчатые и диатомовые водоросли.

В наших пробах, исследованный нами вид в основном питался растительным детритом, иногда встречались песчинки и нитчатые водоросли.

Размножается 3 раза в год, начало размножения приурочено к марту. Встречается на всех типах грунтов, часто в зарослях высшей водной растительности, при опасности зарывается в грунт.

Способен существовать при больших колебаниях температуры воды, но чувствителен к содержанию кислорода в ней. Характеризуется быстрой скоростью распространения, способен мигрировать против течения, преодолевая 40-50 км в год [6; 16].

Соотношение полов

Максимальные уловы особей (самок и самцов) *P. robustoides* выполнены в пробе №2 (табл. 2), в пробах №1, №3-4 наблюдалось уменьшение количества особей, как самок, так и самцов. В целом, в собранном в апреле 2019 года материале самки почти в два раза преобладали над самцами: 127 и 73 экз. (63 %: 37 %).

Во всех четырех пробах доминировали самки. Не исключено, что меньшее по сравнению с самками количество самцов (во всех пробах), может быть следствием меньшей продолжительности жизни самцов.

Половой состав *P. robustoides* в озере Виштынецком в апреле 2019 года

Номер пробы	Проба №1	Проба №2	Проба №3	Проба №4	
Кол-во, экз.	♀♀	12	49	29	37
	♂♂	7	27	18	21
Всего, экз.	200				
Соотношение полов (♀♀ : ♂♂)	1,7 : 1	1,8 : 1	1,6 : 1	1,8 : 1	
	1,7 : 1				

Размерный состав

Общая длина тела исследованных амфипод в апреле 2019 года варьировала от 4,7 до 16,3 мм (табл. 3). Средняя длина самцов в трех исследованных пробах немного больше, чем у самок. Только в одной пробе средняя длина самок была незначительно выше, чем у самцов (у самок 11,9 мм, самцов 11,5 мм). При этом начальная длина тела самцов была 8,0 мм, а самок 4,7 мм. Подавляющее большинство как самок 22,1 %, так и самцов 27,4 % имели размеры тела 11,5 мм (табл. 4).

Для сравнения длина отловленных в Беларуси самцов в р. Сож 5,7-11,5 мм (8,6), в р. Днепр 12,2 мм (один экземпляр); самок в р. Сож 5,9-10,2 мм (8,1 см) [6; 16; 17]. Средняя длина тела *P. robustoides*, как самок, так и самцов в р. Сож значительно отличается, чем в озере Виштынецком, размеры тела особей в наших пробах выше.

Таблица 3

Размеры самок и самцов *P. robustoides* в озере Виштынецком в апреле 2019 года

Номер пробы	Длина тела, мм (средняя длина, мм)	
	самки	самцы
Проба №1	7,8-14,7 (11,9)	10,1-13,7 (11,6)
Проба №2	4,7-14,6 (11,6)	9,3-14,1 (12,0)
Проба №3	6,5-12,5 (9,8)	8,0-16,3 (10,7)
Проба №4	6,7-14,0 (10,7)	8,5-13,6 (11,2)

В водоемах Европы *P. robustoides* широко распространенный вид, размерные характеристики которого изучены достаточно подробно. Максимальная длина их тела в Каспийском море не превышала 18,0 мм, в реке Висла достигала 21,0 мм, в водохранилищах Средней и Нижней Волги 20,2 мм. В вегетационный сезон в водохранилищах преобладают мелкие особи до 5,0 мм. Отмечено значительное количество экземпляров половозрелых самок длиной тела 8,1-12,0 мм в Куйбышевском водохранилище [18].

В водоемах Европы встречаются более крупные особи *P. robustoides*, чем в Виштынецком озере Калининградской области.

Таблица 4

Встречаемость самок и самцов (%) *P. robustoides* в озере Виштынецком в апреле 2019 года в зависимости от длины тела (мм)

Длина тела, мм	Самки, %	Самцы, %
4,0-4,9	0,8	
5,0-5,9		
6,0-6,9	3,9	
7,0-7,9	2,4	
8,0-8,9	8,7	5,5
9,0-9,9	9,4	15,1
10,0-10,9	18,9	15,1
11,0-11,9	22,1	27,4
12,0-12,9	19,7	23,3
13,0-13,9	10,2	11,0
14,0-14,9	3,9	1,3
15,0-15,9		
16,0-16,9		1,3
Всего, шт.	127	73

Репродуктивная характеристика

Состояние репродуктивной системы самок

Оценка состояния репродуктивной системы позволила разделить самок *P. robustoides* на четыре группы (по: Цветкова, 1975, с нашими дополнениями):

1 отсутствуют даже зачаточные признаки камеры; видны только жаберные пузырьки у основания конечностей. Ювенильные особи.

2 имеются зачатки листовидных пластинок (коксальных выростов), длина которых равна половине длины жаберных пузырьков. Созревающие самки.

3 зачатки коксальных выростов тонкие, достигают длины жаберных пузырьков, могут быть чуть больше или чуть меньше и (или) иметь ответвления. Самки, готовящиеся к нересту.

4 "ветви", образующие стенки инкубационной камеры, скреплены между собой крючками, камера заполнена эмбрионами. Яйценосные самки.

В 4-ех пробах (45 шт.) доминировали ювенильные самки 35,4 %. Меньше всего было самок, которые были заполнены эмбрионами 11,8 % (16 экз.), остальной процент приходится на созревающих самок и самок, готовящихся к нересту (52,8 %). Минимальный размер яйценосных самок в наших пробах был 9,5 мм. В пробах №1 и №4 было встречено по 4 экз. яйценосных самок, в пробе № 2 – 7 экз., а в пробе № 3 всего одна самка у которой инкубационная камера была заполнена яйцами.

Для сравнения в центральной Европе указываются следующие параметры размножения вида: средний размер яйценосной самки 12,65 мм, это выше, чем в наших пробах из озера Виштынецкого.

В Беларуси по исследованиям в 2011-2015 гг., яйценосные самки инвазивного представителя *P. robustoides* не были отмечены, хотя он считается одним из наиболее плодовитых видов амфипод. Минимальные размеры тела, при которых определяли половую принадлежность, равнялись 4,5 мм. Для сравнения, в исследованном нами материале, была встречена лишь одна самка с длиной тела 4,5 мм – она была ювенильная.

Минимальная длина тела яйценосных самок, по литературным сведениям, составила 8,5 мм при массе 13 мг, что несколько выше показателей для белорусских водоемов [19; 20].

Плодовитость, размеры яиц

В четырех пробах собранных в апреле 2019 года в один день с разных станций, встречались самки вынашивающих эмбрионы только на 1 и 2 стадии развития (рис. 1):

1 стадия – только отложенные яйца, прозрачного цвета, желток гомогенный, следов дробления нет;

2 стадия – начало дробления яйца, начало появления зародышевой полоски.

Самок на 3-5 стадиях развития встречено не было.

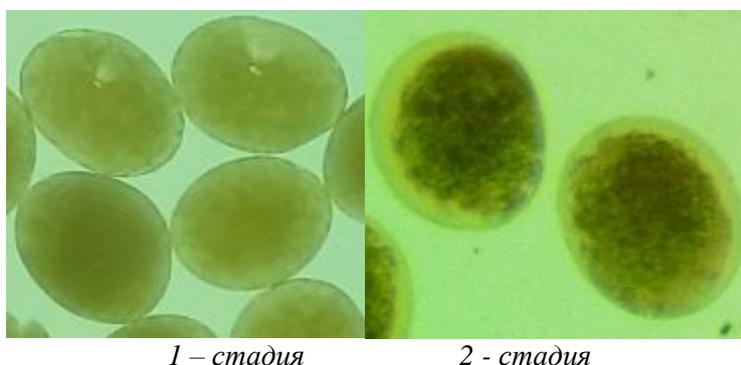


Рис. 1. Внешний вид яиц с эмбрионами (фото автора)

Это может говорить о том, что нерестовый период у исследованного нами вида амфипод только начался, предположительно в марте, как и по литературным источникам.

Максимальное количество самок было тех, которые вынашивали эмбрионов на 1 стадии эмбрионального развития (рис. 2). Больше всего было самок (как на 1, так и на 2 стадиях) с длиной тела 12,5 мм (в общем 37,5 %). На втором месте самки с длиной тела 13,5 мм вынашивающих эмбрионов на 2 стадии развития (18,9 %). Можно сделать предположение, что в наших пробах было более 50 % самок с эмбрионами при длине тела 12,0-14,0 мм. При меньше длине от 9,5 до 12,0 мм, а также более 14,0 мм было яйценосных самок меньше.

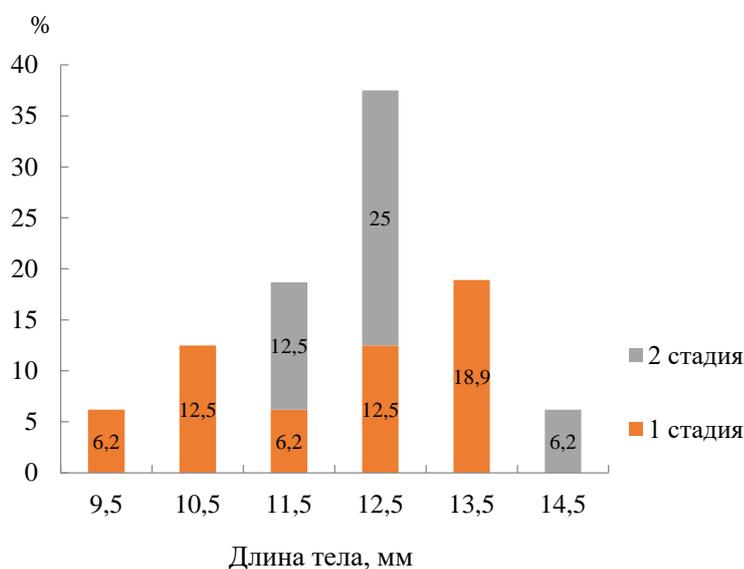


Рис. 2. Эмбриональное развитие у *P. robustoides* в Виштынецком озере в апреле 2019 года

Всего в исследованном материале у *P. robustoides* было встречено 16 самок с эмбрионами в марсупиальных сумках, а количество яиц (реализованная плодовитость) варьировало от 2 до 60 экз. Максимальное количество яиц было у самки с размером тела 12,3 мм, в пробе №3.

Для сравнения по литературным данным среднее количество яиц в кладке 64, средний период размножения 7 месяцев, количество генераций в год – 3.

По данным литературных источников при средних размерах особей 13,5 мм приводится количество от 16 до 201 (в среднем 53), но в основном самки откладывают 20-50 яиц [21].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Identification, invasion and population development of the Ponto-caspian isopod *Jaera istri* Veuille (Janiridae) in the lower Rhine, The Netherlands / Kelleher B., A. bij de Vaate A., Swarte M., Klink A.G., van der Velde G. // *Beaufortia*. – 2000. – Vol. 50. – P. 89–94.

2 Kostrzewa J., Grabowski M. Opportunistic feeding strategy as a factor promoting racer goby (*Neogobius gymnotrachelus* Pallas, 1811) expansion in the Vistula basin. *Lauterbornia* 48. – 2003. – P. 91-100.

3 Еггерс, Мартенс, *Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda (Crustacea) Deutschlands / A key to the freshwater Amphipoda (Crustacea) of Germany*. – 2001. – Bd. 42. – P. 68.

4 Мордухай-Болтовской Ф.Д. Каспийская фауна в Азово-Черноморском бассейне. – М.-Л.: Академия наук СССР. – 1960. – 288 с.

5 Grabowski M., Vcela K., Konopacka A. How to be an invasive gammarid (Amphipoda: Gammaroidea) – comparison of life history traits // *Hydrobiologia*. – 2007. – Vol. 590. – P. 75–84.

6 Мордухай-Болтовской Ф.Д., Гезе И.И., Василенко С.В. Отряд амфиподы, или разноногие, - Amphipoda / *Определитель фауны Черного и Азовского морей. Т. 2. Свободноживущие беспозвоночные. Ракообразные*. – Киев, 1969. – С. 440-524.

7 Чужеродные виды Malacostraca и Mollusca в водах Калининградской области / А.А. Гусев., Д.О. Гусева., Л.В. Рудинская // *Актуальные проблемы гидробиологии и ихтиологии*, Казань, 6 декабря 2011. – Казань, 2012. Изд-во «Казанский университет». – С. 25-28.

8 Grabowski M. Nobanis – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Pontogammarus robustoides*. 2011. // *Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS* // Электрон. дан. Режим доступа URL: www.nobanis.org (дата обращения: 12.07.2024).

- 9 Гусев А.А., Гусева Д.О., Рудинская Л.В. Предварительные итоги изучения зообентоса предустьевых участков некоторых рек Калининградской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2014. – Т. 23. – № 2. – С. 61-71.
- 10 Буруковский Р.Н., Судник С.А. Атлас-определитель амфипод (Crustacea, Amphipoda) юго-восточной Балтики и эстуариев Калининградской области. Учебное пособие. – Калининград: Промышленная типография «Бизнес-Контакт», – 2018. – 106 с.
- 11 Березина Н.А., Фенева И.Ю. *Pontogammarus robustoides* – понтогаммарус выносливый // Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). М.: Товарищество науч. изданий КМК. – 2018. – С. 435.
- 12 Курина Е.М. Распространение чужеродных видов макрозообентоса в притоках Куйбышевского и Саратовского водохранилищ // Известия Самар. науч. центра РАН. – 2014. – Т. 16. – № 1. – С. 236.
- 13 Буруковский Р.Н., Судник С.А., Гусев А.А. Определитель амфипод (Crustacea, Amphipoda) водоёмов Калининградской области. Монография. – Калининград: Промышленная типография «Бизнес Контакт». – 2019. – 172 с.
- 14 Грезе И.К. Амфиподы Черного моря и их биология. Наукова Думка. – 1977. – 156 с.
- 15 Williams J.A. The annual pattern of reproduction of *Talitrus saltator* (Crustacea: Amphipoda: Talitroidea) // Journal of Zoology. – 1978. – № 184. – P. 231-244.
- 16 Семенченко В.П., Вежновец В.В., Липинская Т.П. "Чужеродные виды Понто-каспийских амфипод (Crustacea, Amphipoda) в бассейне реки Днепр (Беларусь)" // Журнал Биологических Инвазий. – 2013. – № 3. – С. 88-97.
- 17 Lipinskaya T., Makarenko A., Semenchenko V., Vezhnovets V. "10-year monitoring of alien amphipods in Belarus: state of the art" // Biodiversity Journal. – 2017. – Vol. 8. – № 2. – P. 649–651.
- 18 Курина Е. М. Сравнительная оценка размерных характеристик чужеродных видов макрозообентоса Куйбышевского и Саратовского водохранилищ // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20. – № 2. – С. 73-84.
- 19 Макаренко А.И. "Плодовитость чужеродных видов амфипод из водоемов Беларуси" / Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси: Сборник статей XI Зоологической Международной научно-практической конференции, приуроченной к десятилетию основания ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам». – Минск. – 2017. – С. 271-279.
- 20 Вежновец В. В., Литвинова А. Г., Макаренко А. И. "Особенности мониторинга чужеродных видов ракообразных" / Мониторинг окружающей среды: сб. материалов II международной науч. - практ. конф.: в 2 ч. Ч. 2. – Брест. – 2013. – С. 22-24.
- 21 Макаренко А.И. "Развитие чужеродных амфипод (Crustacea, Gammaridae) в весенний период в реке Сож" / Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика Н. В. Смольского. В 2 ч. Ч. 2. – Минск. – 2015. – С. 181-185.

ABOUT THE BIOLOGY OF PONTOGAMMARUS ROBUSTOIDES FROM LAKE VISHTY-NETSKY IN APRIL 2019

Shiryayeva Natalia Sergeevna, graduate students,
Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: natalya.pushkina@klgtu.ru

The biology (size and sex composition, embryonic development, fertility) of Pontogammarus robustoides from Lake Vishtynetsky in the Kaliningrad region in April 2019 was studied. Sex ratio in the samples (total 200 individuals: 127 females and 73 males), females were more often 1,5–1,8 times dominant. The total body length of the individuals was 4,7–16,3 mm (females 4,7–14,6 mm, males 8,0–16,3 mm), males are slightly larger than females. The size of juvenile specimens is less than 5,0 mm. The fruitfulness reached 60 eggs, the length of the newly laid ones was 0,4–0,6 × 0,3–0,5 mm. The size of the first spawning is about 9,5 mm.

MONITORING OF SURVIVAL RATES OF TWO STRAINS OF NILE TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*)

¹Khadija OUAISSA, PhD in Environment and aquaculture; Research professor at the high institute of Maritimes fisheries. Agadir, Ecological and Agro-Industrial Engineering Laboratory. Department of Biology, Faculty of Sciences and Techniques.

University Sultan Moulay Slimane. Beni Mellal. Morocco

²M'hamed HMAMOU, PhD in Chemistry, Research professor and director of the High Institute of Maritime Fisheries. Agadir

³Youssef ENNACIRI, Marine aquaculture laboratory. High Institute of Maritime Fisheries. Agadir

⁴Mustapha HASNAOUI, Research Director of Environmental, Ecological and Agro-Industrial Engineering Laboratory. Department of Biology, Faculty of Sciences and Techniques. University Sultan Moulay Slimane. Beni Mellal. Morocco

^{1,2,3}Aquaculture laboratory; High institute of maritime Fisheries. Agadir. Morocco,
e-mail: khadijaouaissa89@gmail.com

^{1,4}Environmental, Ecological and Agro-Industrial Engineering Laboratory. Department of Biology, Faculty of Sciences and Techniques. University Sultan Moulay Slimane. Beni-Mellal, Morocco.

Two strains of Nile tilapia, Oreochromis niloticus, were compared at the aquaculture species breeding unit at the High Institute of Maritime Fisheries in Agadir in order to determine which had the best growth performance. During 7 months of maintenance in similar zootechnical conditions, the fish weighing 10g as the initial weight of the experiment for the two strains; at the end of the experiment we observe that there is a remarkable difference in growth and survival rate. The individual weight gain was 73 ± 4.9 for the red coloring strain g and 43 ± 5.1 g for the gray coloring, survival rates of 70.4 ± 1.5 % and 95.8 ± 1.1 % respectively for the gray strain and the red strain.

I. INTRODUCTION

Tilapia (*Oreochromis niloticus*) is the predominant species in African commercial fish farming (FAO, 2015). They have great economic and ecological importance on the bodies and waterways of Africa. They also represent the species most bred and appreciated by fish farmers and consumers. Among these species of tilapia, *Oreochromis niloticus* is the best known and most used because it has been the subject of immense research and extension programs in Africa and worldwide. This species has long been presented as the precious stone of African fish farming given its high market demand, ease of reproduction, rearing, and high growth.

Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) is a widely farmed species because it grows and reproduces in a wide range of environmental conditions and tolerates stress induced by handling (Tsadik & Bart, 2007).

Tilapia is the main aquaculture species in the world. Around the world, Tilapia farms are affected by diseases. the most important pathogens are four bacterial diseases *Streptococcus agalactiae*, *S. iniae*, *Flavobacterium columnare*, and *Francisella* spp., a viral disease called iridovirus and two large groups of parasites including monogenic ones like *Dactylogyrus* spp and external protozoa like *Trichodina* spp. And *Chilodonella* spp. Except for iridovirus, these pathogens are also widespread in tilapia culture in North Africa (AU-IBAR, 2016). They also cause disease in fish

II. MATERIALS AND METHODS

The research was conducted over the period from October 2023 to April 2024. Sampling of fish was conducted in the fish unit. The study of ectoparasite identification was conducted at the physiology and oceanography laboratory at the Higher Institute of Maritime Fisheries in Agadir.

1. Water Quality Evaluation

The laboratory of the National Drinking Water Office was responsible for the analysis of water quality data, including temperature, pH, dissolved oxygen (DO), nitrate, phosphate, and ammonia.

Parametres	Results	Water quality required for breeding Tilapia (Suresh, 2003)
Temperature (° C)	27	26 – 29
pH	7.20	6.5 – 7.3
Dissolved oxygen (mg/l)	4	3 – 10
Electical conductivity (uS/cm ²)	1335	1455
TH (meq/l)	8.96	50 – 250
alkalimetric title (meq/l)	0	<175
Chloride (mg /l)	250.3	0-400
Nitrat (NO ₃ ⁻) (mg /l)	13.8	5-18
Nitrit (NO ₂) (mg /l)	1.5	< 2,1
Salinity	6	1 – 8
Phosphate (PO ₄) (mg/l)	0.1	0.2

2. Biological species

20 tilapia fish were utilized in this identification study. The fish were reared in tanks with a volume of 0.5 m³ of water in a well-controlled closed system. They were fed twice a day with a well-determined feed, with aeration depending on biomass. Sampling and monitoring were conducted twice a month.

3. Dispositif expérimental

The present study focused on two strains of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, respectively named "gray" and "red", raised at the breeding station within the aquaculture laboratory at the High Institute of Maritime Fisheries in Agadir. introduction which was carried out with 65 young juveniles weighing 10 to 20 g.

The experiment was carried out in two 0.5 m³ rearing tanks supplied with water that meets the requirements for rearing tilapia. The growth performance is translated essentially in the form of a specific growth rate (%/day), c It is the difference in weight compared to the duration of the breeding cycle which counts more than the absolute difference between the final weight and the initial weight. Feed distribution was done manually twice a day, in the morning between 9 a.m. and 10 a.m. and the evening between 3 p.m. and 4 p.m. The daily feeding rate applied was 5% of the estimated fish biomass (based on monthly sampling including all size classes).

4. Determination of growth parameters

The present study focused on two strains of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, respectively named "gray" and "red", raised at the breeding station within the aquaculture laboratory at the Higher Institute of Maritime Fisheries in Agadir. An introduction which was carried out with 65 young juveniles weighing 10 to 20 g.

A sample of 20 fish among the juveniles was taken monthly from each tank using a seine. These live fish were anesthetized with 0.02% phenoxyethanol before individual weighing using an electronic balance with a precision of 1 g and measuring the length to the nearest 1 mm using an ichthyometer. a sample of 20 fish was taken at random to be measured and weighed individually. The number and weight of offspring were not included in the calculations. Growth parameters

Growth parameters such as average weight gain (GPM), daily weight gain (GPJ), specific growth rate (TCS), as well as survival rate (TS) were calculated following the equations below. After (Pechsiri & Yakupitiyage, 2005; Ridha, 2006; Jiwyam, 2011):

- GPM (g) = poids moyen final (g) – poids moyen initial (g).
- GPJ (g/jour) = [poids moyen final (g) – poids moyen initial (g)]/durée élevage (jours).
- TS (%) = (nombre de poissons récoltés/nombre de poissons à la mise en charge) x100.

III. Results and discussions

The average weights of the fish recorded at the start and end of the experiment as well as the growth performances of two strains of *Oreochromis niloticus* examined, in terms of average weight gain, daily weight gain, specific growth rate and survival rate, are presented in Table 1.

Table 1:

Growth parameters of two strains of *Oreochromis niloticus*

growth parameters	Strains	
	Grise	Red
Average initial weight (g)	10±0,6	10±0,6
Average final weight (g)	51,3±0,2	83,8±0,2
Variation coefficient	23,45±0,5	25,49±0,5
Biomass (kg)	2,271±0,15	3,45±0,14
TCS %	4,38±0,5	5,24±0,5
Conversion index	2,43	1,12
Densité (Kg/m ³)	3,025±0,01	3,89±0,01
TS(%)	70±1,5	97±1,7

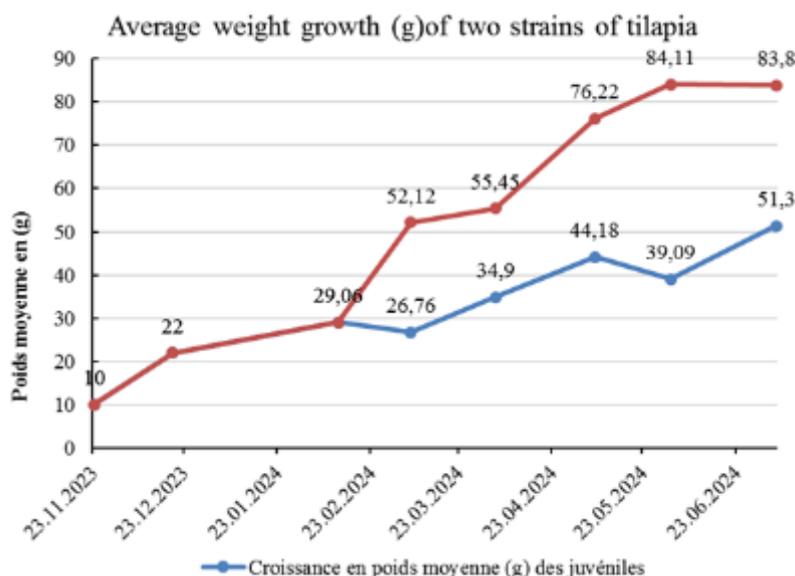


Fig. 1. Monitoring the Growth of two strains of tilapia during the trial period

The Tilapia showed, during the different stages of breeding, a pronounced growth from November. The weight reached after 7 months of growth is 83.8 g for «Red tilapia» and 51.3 for gray tilapia.

Evaluating feed conversion helps determine how efficiently farmed tilapia convert ingested feed into mass gain. Our experience has shown that the conversion index (CI) is exceeded at 1 with an average of (ICG = 2.43 and ICw = 1.12) this value is comparable to that found in the same species by Boucher and Vandenberg (2005) found a CI of 1.45.

From the graph, we notice that the growth is similar for the two strains but beyond the third sampling we observe a noticeable difference in the level of growth is this difference due to stress which disrupted the coexistence and the performance of growth in gray tilapia.

The objective of this study was to compare the behavior of two strains of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, one of which (the gray strain) has a long history of domestication and the other (the red

strain). Two strains were subjected to supposedly similar zootechnical conditions to highlight a possible impact of their varietal differences on growth performance. The present study showed that the difference in growth observed between the two strains is not linked to diet given that it was similar for the two groups. After 7 months of rearing, survival rates of $70.4 \pm 1.5\%$ and $95.8 \pm 1.1\%$ were observed respectively for the gray strain and the red strain. In agreement with Diana et al. (1994).

During this experiment, the survival rate of tilapia reached 97% for gray tilapia and 70% for red tilapia. The percentage of mortality seems to be due to the parasitic attack of *dactylogyrus* which attacks fish with low resistance; From our study, we can conclude that gray tilapia are less resistant to ecological variations which can stress the fish than red tilapia, reduce the immune system, and damage the external organs of fish. (Fig2- 3).



Fig. 2: Ulcers and redness under the abdomen, which are indicative of a *Dactylogyrus* ectoparasite infestation.



Fig. 3: Red tilapia without any infection of *dactylogyrus* parasit

According to Yusni and Rambe (2018), *Dactylogyrus* sp. is a monogenean that lays eggs and has two pairs of anchors. The posterior haptor of the body part lacks a cuticular structure and has one pair of hooks with a cuticular line. The head has four lobes with two pairs of eyes located in the pharynx area. Infection begins with adult worms attaching to the gills or other body parts.

According to Handayani (2020), the tilapia fish infected with *Dactylogyrus* sp. develop weak, dull, and pale bodies, produce excessive mucus, and have limited appetites, leading to weight loss (Bakke et al., 2002; Fikri et al., 2020).

REFERENCES BIBIOGRAPHIQUES

1. AU-IBAR, 2016. Mapping study of aquatic animal diseases in North Africa – North Africa. Rapports de l'UA-BIRA
2. Abdel-Tawwab, M., 2004. Comparative study of growth performance and feed utilization of four local strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) collected from different location in Egypt, In: Bolivar R., Mair G. C. and Fitzsimmons K. (eds.). The Proceedings of the 6th International symposium on Tilapia in Aquaculture, Manila, Philippines, pp. 510-517
3. Bakke. T.A.; Harris.P.D and Cable J. (2002). Host specificity dynamics: observations on gyro-dactylid monogeneans. International Journal for Parasitology, (32) : 281–308.

4. BOUCHER E. et VANDENBERG G. (2005). Essais de moules au Canada. Utilisation de diètes performantes afin de réduire les impacts environnementaux de l'industrie aquacole en eau douce. Projet mené dans le cadre du : partenariat interprovincial pour le développement durable de l'aquaculture en eau douce. Juin 2005.
5. Cahyadi. J.; Satriani. G. I.; Gusman. E and Weliyadi. E. (2019). Parasit dan Penyakit Ikan. Myriah Publisher. Ponorogo. pp: 18.
6. Diana, J. S., Lin, C. K. & Jaiyen, K., 1994. Supplemental feeding of tilapia in fertilized ponds. Journal of World Aquaculture Society, 25, 497-506.
7. FAO. (2015). Climate change, the roles of genetic resources for food and agriculture. Rome, Italie.
8. Fikri. F.; Rahmaningtyas. I. H and Purnama, M. T. E. (2020). Antibacterial activity of *Annona muricata* linn ethanolic extraction against *Pseudomonas aeruginosa* in vitro. Indian Veterinary Journal, 97(4), 38-40.
9. Handajani. H and Samsundari.S. (2005). Parasites and Fish Diseases (University of Publisher: Muhammadiyah Malang. Handayani, L. (2020). Identifikasi dan Prevalensi Ektoparasit pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Dipelihara di Keramba Jaring Apung. Jurnal Ilmu Hewani Tropika, (9)1, 35- 42.
10. Jiwyam, W., 2011. The effect of stocking density on yield, growth, and survival of Asian river catfish (*Pangasius bocourti* Sauvage, 1880) cultured in cages. Aquacult Int, 19: 987–997.
11. Pechsiri, J. & Yakupitiyage, A., 2005. A comparative study of growth and feed utilization efficiency of sex-reversed diploid and triploid Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture Research, 36: 45-51
12. Ridha, M. T., 2006. Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. at two stocking densities. Aquaculture Research, 37, 172-179.
13. Suresh. V. (2003). Tilapias. In Aquaculture: Farming aquatic animals and plants (ed. By Lucas, J.S. and Southgate, P), pp 321-345. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK
14. Tsadik, G. G. & Bart, A. N., 2007. Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chitralada strain Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture Research, 38, 1066-1073.
15. Yusni. E and Rambe. N. (2018). Identification of ectoparasite in fry tilapia (*Oreochromis Niloticus*) in. Sci. 260 012110. doi:10.1088/1755-1315/260/1/012110.

МОНИТОРИНГ ВЫЖИВАЕМОСТИ ДВУХ ВИДОВ НИЛЬСКОЙ ТИЛЯПИИ (*OREOCHROMIS NILOTICUS*)

¹Кхадия Оуаисса, канд. наук (окружающая среда и аквакультура); профессор Высшего института морского рыболовства; лаборатория природообустройства, экологии и агропромышленности, кафедра биологии, факультет наук и техники

²Мохамед Хмамоу, канд. наук (химия), профессор и директор Высшего института морского рыболовства

³Юссеф Енначири, Лаборатория морского рыболовства

⁴Мустафа Хаснаоуи, директор по науке Лаборатории природообустройства, экологии и агропромышленности, кафедра биологии, факультет наук и техники

^{1,2,3}Лаборатория аквакультуры; Высший институт морского рыболовства, Агадир, Марокко, e-mail: khadijaouaissa89@gmail.com

^{1,4}Университет Сьюлтан Муле Слиман, Бени-Меллал, Лаборатория природообустройства, экологии и агропромышленности, Департамент Биологии, Факультет наук и техники, Марокко

*В рамках научной работы две разновидности нильской тилляпии, *Oreochromis niloticus*, сравнивались в установке для выращивания объектов аквакультуры в Высшем институте морского рыболовства Агадира с целью определения наилучших показателей роста. В течение 7 месяцев содержания в схожих зоотехнических условиях у двух видов рыбы с начальным 10 г в конце эксперимента наблюдалась значительная разница в росте и выживаемости. Индивидуальный прирост веса составил $73 \pm 4,9$ г для вида красной окраски и $43 \pm 5,1$ г для серой окраски, выживаемость $70,4 \pm 1,5$ % и $95,8 \pm 1,1$ % соответственно для серого вида и красного вида.*

УДК: 504.453

**ВАРИАЦИИ УРОВНЯ НА УСТЬЕВОМ УЧАСТКЕ РЕКИ ПРЕГОЛИ
В СУТОЧНОМ МАСШТАБЕ (ПО ДАННЫМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ
ИЗМЕРЕНИЙ) КАК ИНДИКАТОР СТАБИЛЬНОСТИ
ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

¹Дикий Дмитрий Игоревич, канд. техн. наук, мл. науч. сотрудник

²Двоеглазова Надежда Вадимовна, мл. науч. сотрудник

^{1,2}Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, Россия,
e-mail: ²nadya2eyes@mail.ru

Сравнительная оценка инструментально определённых значений уровня воды в контрольной точке в районе Музейного судна «Витязь» (Калининград), соответствующей центральной части зоны смешения р. Преголи, за период 04 мая 2023 г. – 12 сентября 2024 г. показала наличие значительных изменений уровня в течение суток (до 0.6–0.8 м). Изменения в пределах средних значений (0.09 м в сутки) можно считать индикатором стабильных гидрологических условий и считать допустимыми при проведении пространственных квази-одномоментных съёмки гидрологических условий на устьевом участке реки Преголи. Сравнение рядов уровня воды с 2-минутной дискретностью и выборки на каждый ровный час суток показал, что более частые измерения регистрируют пиковые значения лучше, разница по амплитуде составляет примерно 3 %. Однако стандартное отклонение более частых и более редких измерений совпадают, поэтому с точки зрения эффективности обработки данных лучше использовать ежечасные измерения. Для оценок суточных минимальных, максимальных и средних значений уровня можно использовать измерения в любой срок в течение суток.

Введение

Данные о гидрологических особенностях в пределах устьевых участков рек - одна из ключевых компонент анализа опасных событий (подтопление территорий, затоки солоноватых вод и, как следствие, нарушение водоснабжения некоторых районов [1, 2]). Гидрологическая структура вод оказывает влияние на состав биологических сообществ [3, 4], распределение загрязняющих веществ и взвешенных частиц (включая такой устойчивый загрязнитель, как микропластик).

Для анализа отклика гидрологической структуры пары Калининградский залив - устьевая область р. Преголи на изменения режимобразующих факторов [5] используются съёмки гидрологических параметров в их акваториях [6]. Такого рода съёмка в пределах устьевых областей должна быть квази-одномоментной для адекватного анализа обнаруживаемых пространственных особенностей. В настоящей статье уровень воды рассматривается как возможный индикатор стабильности гидрологических условий.

Цель работы – проанализировать временные ряды уровня воды в контрольной точке наблюдений на устьевом участке р. Преголи, оценить их изменчивость, сравнить статистические характеристики, полученные при оценках по 2-минутным и ежечасным выборкам, а также верифицировать принятую длительность проведения пространственных съёмок, с точки зрения сохранения стабильности гидрологических условий.

Материалы и методы

Данные о величине уровня воды на устьевом участке р. Преголи анализировались для периода с 4 мая 2023 г. по 12 сентября 2024 г., исходная дискретность измерений составила 1 измерение в 2

минуты, использовалась также выборка с дискретностью 1 измерение в 60 минут. Исследуемый период составил 497 календарных дней. Набор данных для анализа, собранных за этот период, составил почти 360 тысяч данных. Контрольная точка наблюдений была расположена в 8.5 км от устья в середине городского участка р. Преголи (рис. 1а) на территории Музея Мирового океана возле музейного судна «Витязь» (далее МС «Витязь»), что соответствует центральной части устьевой зоны смешения рукава Нижняя Преголя [6].

В качестве инструмента измерений использовался ультразвуковой датчик, который регистрировал время прохождения ультразвукового сигнала с момента его излучения до момента получения отраженного сигнала от поверхности воды. Для учета погрешности скорости прохождения сигнала, попутно фиксировалась температура воздуха.

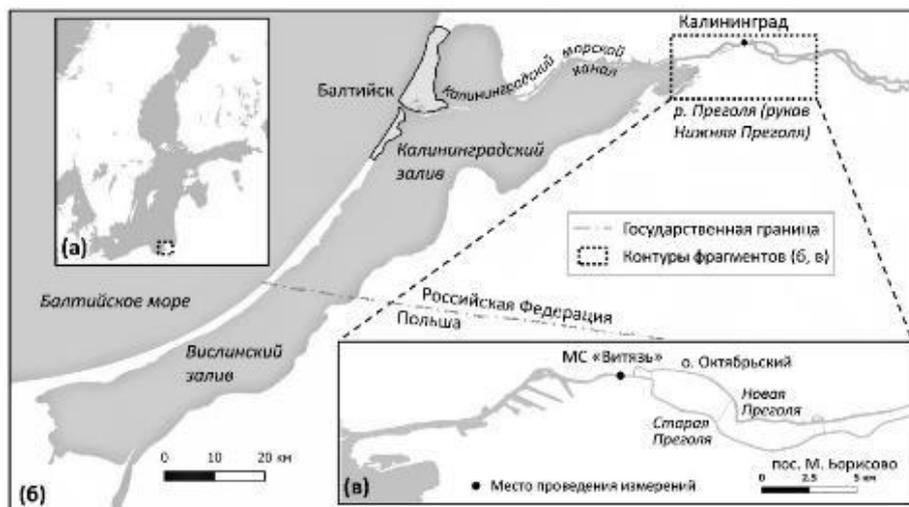


Рис. 1. Расположение контрольной точки наблюдений за уровнем воды на территории Музея Мирового океана возле МС «Витязь» в юго-восточной части Балтийского моря (а) в пределах устьевой области реки Преголи (б, в).

Результаты и обсуждение

На протяжении всего анализируемого временного периода (04.05.2023–12.09.2024 гг., рис. 2а) размах уровня воды в р. Преголе составил 1.5 м (от -0.32 до 1.15 м). Наименьшие суточные значения наблюдались в весенние сезоны, наибольшие - в зимний период 2023 г.

В течение исследуемого периода максимальное значение было зафиксировано в дату 25.12.2023 г. – 1.15 м (для измерения раз в 2 минуты) и 1.11 м (для измерения раз в час). Разница составила 3%, относительно значения измерения раз в час. Минимальное значение отмечено 11.03.2024 г. – -0.33 м (для измерения раз в 2 минуты) и 11.03.2024 – -0.32 м (для ежечасного измерения). Разница составила также 3%. Среднее значение для измерений с разной дискретностью были равными и составили 0.21 м, стандартные отклонения - 0.02 м.

Таким образом, анализ всего временного ряда показал, что выборка с высокой частотой измерений (1 изм./2 мин) имеет такое же стандартное отклонение, что и более разреженная выборка (с частотой измерений 1 изм./час). При этом, регистрация пиковых значений лучше фиксируется более частыми измерениями, но в то же время может привести шумовую составляющую, которую придётся сглаживать, например, методом скользящего окна.

Наибольшее изменение значений уровня в течение суток наблюдалось с 07-08.08.2023 г. – подъем уровня в течение суток на 0.6 м и его последующее падение до уровня ниже начального на 0.8 м (рис. 2б) в результате реакции на кратковременное воздействие сильного юго-западного ветра (рис. 2г) на фоне летнего максимума уровня. Отклонения максимальных и минимальных значений от средних за каждые текущие сутки (внутрисуточные аномалии) (рис. 2в) в среднем за исследуемый период составили 0.09 м (одинаковое значение для положительных и отрицательных отклонений). Максимальное значение положительных аномалий (0.5 м) оказалась в целом больше отрицательных (0.4 м), что иллюстрирует асимметрию в распределении величин аномалий.

Эти данные подтвердили важность проведения пространственных гидрологических съёмки [6] в квази-одномоментном режиме, за несколько часов, не растягивая их на двое и более суток. Изме-

нения в пределах средних значений (0.09 м в сутки) можно считать признаком стабильных гидрологических условий и считать допустимыми при проведении пространственных квази-одномоментных съёмок на устьевом участке реки Преголи.

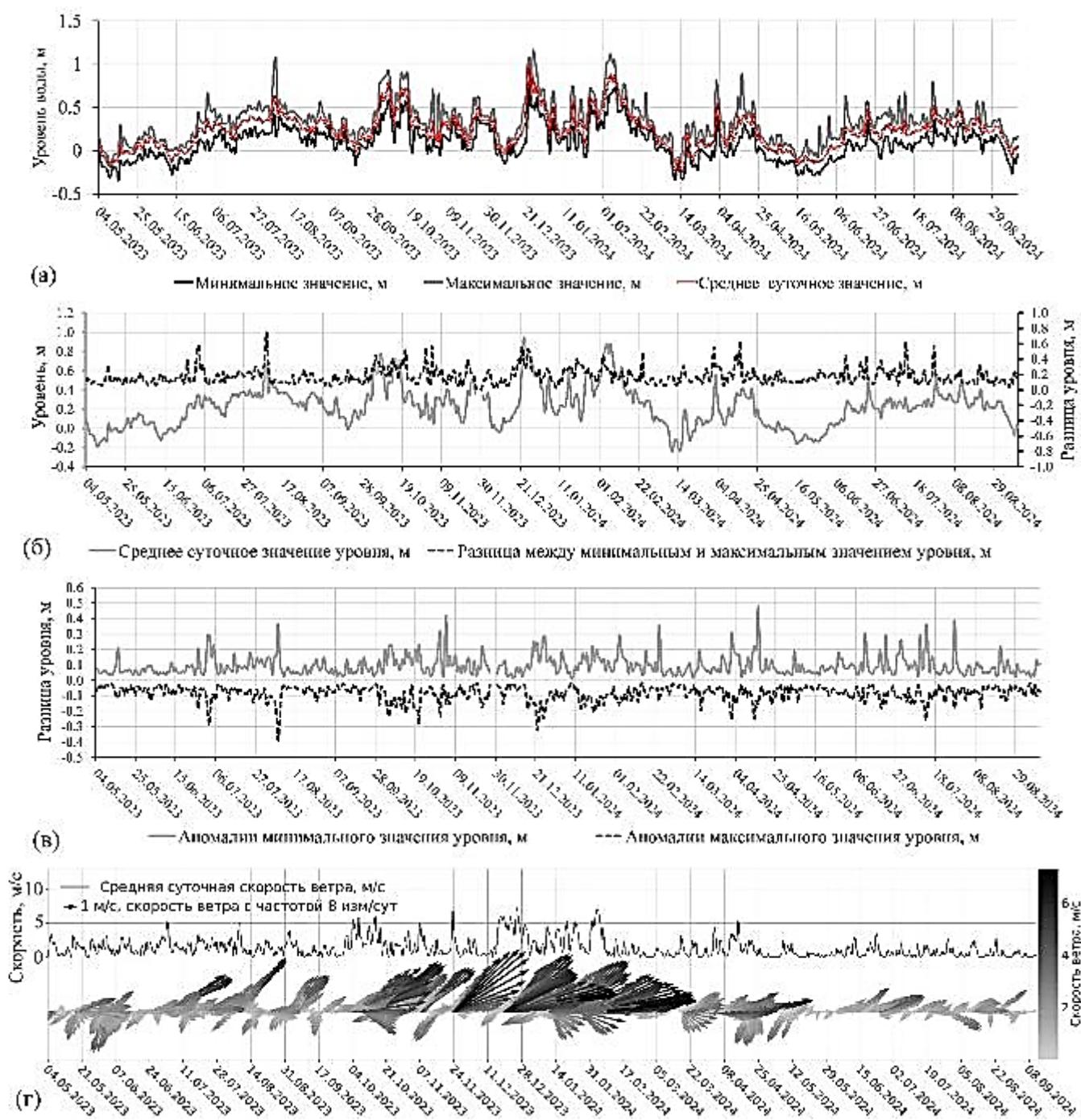


Рис. 2. Уровень воды с 4 мая 2023 г. по 12 сентября 2024 г.: минимальное, максимальное и среднее значение уровня воды в р. Преголе в каждые сутки (а); разница между максимальным и минимальным значениями уровня в течение каждых суток (б); суточные аномалии значения уровня (положительные и отрицательные) (в); скорость и направление ветра по данным [7](г)

Имея в руках фактически полуторолетний набор данных (с 4 мая 2023 г. по 12 сентября 2024 г.), можно выделить для сравнения два одинаковых интервала для 2023 и 2024 гг. (с 04 мая по 12 сентября, рис 3). Максимальные значения уровня воды достигнуты 08 августа 2023 (1.06 м) и 28 июля 2024 (0.78 м). Минимальные значения: 10 мая 2023 (-0.3) и 25 мая 2024 (-0.29) по 2-миутным данным. Средний уровень воды составил 0.17 и 0.16 м. Таким образом, в 2023 году размах колебаний уровня воды был больше, и в целом, объем воды на устьевом участке был чуть-чуть больше, чем в 2024 за тот же период, но эта разница незначительна.

Коэффициент корреляции между этими рядами значений уровня оказался низким (0.6) как по измерениям раз в час, так и раз в 2 минуты. Это было ожидаемо, т.к. независимо от схожести сезонного хода, основные вариации обеспечиваются короткопериодной составляющей, которая является откликом на сиюминутную комбинацию режимобразующих факторов, которые в свою очередь не повторяют друг друга год от года.

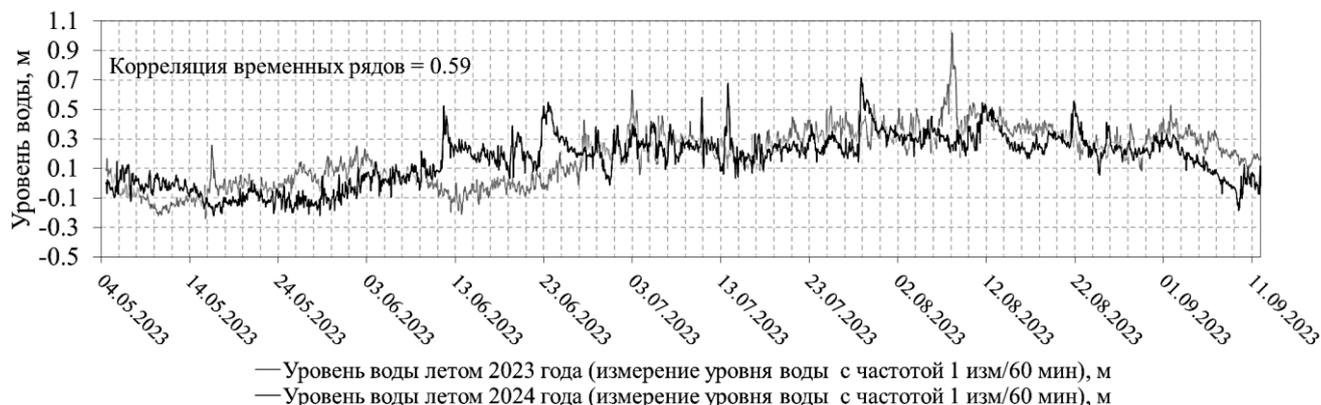


Рис. 3. Вариации уровня воды за периоды с 04 мая по 12 сентября 2023 и 2024 гг.

Для анализа - играет ли роль для описания динамики уровня на сезонных и годовых масштабах то, в какой срок в пределах суток проводятся измерения? - сравнивались данные на каждые две минуты и выборка на каждый ровный час суток (например, 100 суток по 24 измерения в сутки), которые иллюстрирует рис. 4, отображающий максимальное и минимальное значение в течение каждого срока в сутках за период с 4 мая 2023 г. по 12 сентября 2024 г.

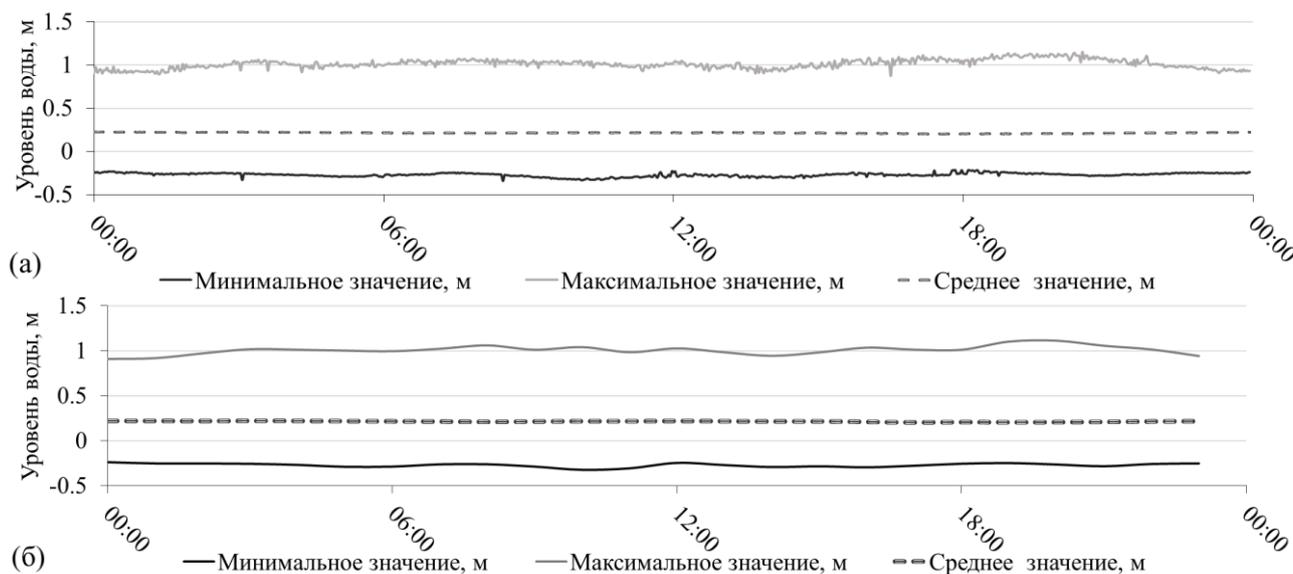


Рис. 4. Максимальное, минимальное и среднее значение уровня воды в каждый срок в течение суток (период с 4 мая 2023 г. по 12 сентября 2024 г.) с частотой измерения раз в 2 минуты (а) и раз в час (б)

Среднее значение за весь анализируемый период оказалось одинаковым (0.22 м) по оценкам на основе 2-минутных и ежечасных данных со стандартными отклонениями 0.006 м и 0.005 м соответственно. Максимальные значения изменялись в пределах 0.88 - 1.12 м (измерения 1 раз в 2 минуты) и 0.91 - 1.11 м (измерения 1 раз в час), средняя величина для них составила 1,01 м со стандартным отклонением 0.05 как по 2-минутным, так и по ежечасным данным (различия были в сотых). Аналогично, минимальные значения изменялись в пределах -0.34 - -0.21 м (измерения 1 раз в 2 минуты) и -0.32 - -0.24 м, средняя величина для них составила -0.27 со стандартным отклонением 0.02 как по 2-минутным, так и по ежечасным данным (различия были в сотых).

Интересным и пока до конца необъяснённым остаётся результат аналогичного анализа для модуля разницы между максимальным и минимальным значением (рис. 5). Она оказалась минимальной в районе

полночи, а максимальной - в районе 21 часа, причём, как по 2-минутным, так и по часовым данным. Активизация движения маломерных плавсредств в дневное время безусловно вносит вклад в увеличение размаха колебаний уровня в дневное время, но не объясняет полностью полученный результат.

На основе вышесказанного можно утверждать, что нет большого значения - ежеминутные или ежечасные данные используются для оценки среднего, максимального и минимального уровня. Различия есть, но они незначительны. Более того, для такой оценки за период времени порядка года и более измерения можно проводить в любой срок в течение суток. Проводимые в настоящее время измерения в системе Росгидромета (гидрологический пост Калининград-Рыбный порт) с периодичностью раз в час вполне представительны для оценки вариаций уровня на устьевом участке реки Преголи.

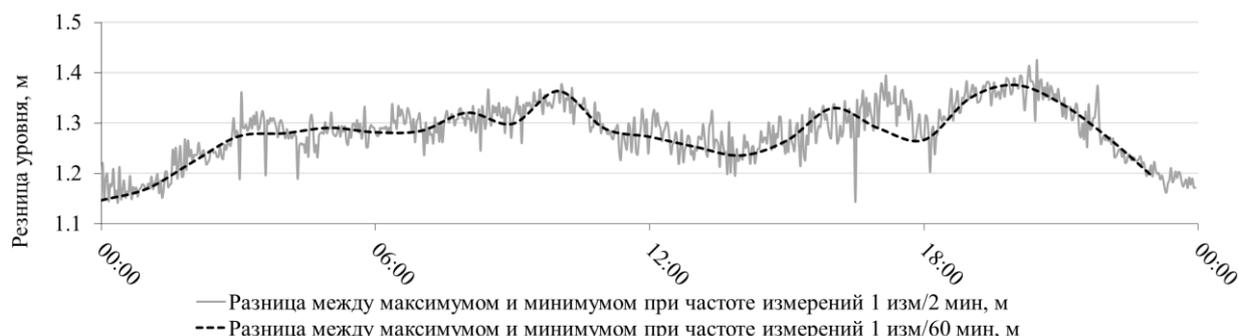


Рис. 5. Разница между максимальным и минимальным значением уровня воды в одни и те же сроки за период в течении дня в период с 4 мая 2023 г. по 12 сентября 2024 г.

Выводы

Анализ данных по уровню воды за период с 04 мая по 12 сентября 2024 года в контрольной точке, расположенной в середине устьевой зоны смешения рукава Нижняя Преголя, показал, что стандартные отклонения в рядах ежечасных и 2-минутных данных одинаковы. Разница между пиковыми значениями составляет порядка 3%, что для исследовательских (не инженерных) задач не очень существенно. Это означает, что при ежечасной частоте измерений сохраняется информативность на должном уровне. Обработка более частых измерений накладывает вычислительные ограничения и занимает больше времени.

Различия в оценках суточных минимальных, максимальных и средних значений уровня на 2-минутных или ежечасных данных незначительны. Более того, для такой оценки за период времени порядка года и более можно использовать измерения в любой срок в течение суток. Проводимые в настоящее время измерения в системе Росгидромета (гидрологический пост Калининград-Рыбный порт) с периодичностью раз в час вполне представительны для оценки вариаций уровня на устьевом участке реки Преголи.

Внутрисуточные изменения уровня воды могут быть значительными, до 0.6-0.8 м. Это происходит в моменты сильных воздействий режимобразующих факторов, которые приводят к существенно перестройке гидрологической структуры вод и изменению объёма вод на устьевом участке. В среднем амплитуды отклонения от среднесуточного значения составляют 0.09 м в обе стороны, что даёт ориентир для оценки - ожидать ли значимого изменения гидрологической структуры за время проведения квази-одномоментной мониторинговой съёмки.

Благодарности

Работа выполнена за счёт гранта Российского научного фонда 24-44-20027, <https://rscf.ru/project/24-44-20027>.

Авторы выражают благодарность коллегам к.г.н. А.В. Килесо за предоставление программного обеспечения для визуализации метеоданных, а также к.ф.-м.н. Б. В. Чубаренко (оба АО ИО РАН) за критические замечания и рекомендации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чубаренко Б. В., Шкурин В.И. Физические механизмы проникновения солёных вод вверх по реке Преголе с учётом влияния рельефа дна // Физические проблемы экологии (экологическая физика). – 2001. – № 7. – С. 80-88.

2. Двоеглазова Н. В. Возможное блокирование водозаборов г. Калининграда на реке Преголе интрузиями вод с повышенной солёностью // Комплексные исследования Мирового океана: Материалы VII Всероссийской научной конференции молодых ученых, Санкт-Петербург, 15-19 мая 2023 года. – Санкт-Петербург: Свое издательство. – 2023. – С. 430-432.

3. Полунина Ю. Ю., Стонт Ж. И. Влияние ветровых условий на распределение зоопланктона устьевой области реки Преголи (бассейн Балтийского моря) после техногенной трансформации её русла // Морской биологический журнал (Marine Biological Journal). – 2022. – Т. 7. – №1. – С. 78-92. doi: 10.21072/mbj.2022.07.1.07.

4. Korobchenkova K.D., Aleksandrov S.V., Semenova A.S, Stont ZH.I., Ulyanova M.O. Influence of Hydrometeorological Conditions on the Plankton Distribution in the Estuary of the Pregolya River and the Coastal Part of the Baltic Sea // Oceanology. – 2023. – Vol. 63, No. S1. – P. S18-S201. – doi: 10.1134/s0001437023070068.

5. Chubarenko B., Domnin D., Navrotskaya S., Stont Zh., Chechko V., Bobykina V., Pilipchuk V., Karmanov K., Domnina A., Bukanova T., Topchaya V., Kileso A. Transboundary Lagoons of the Baltic Sea (Chapter 6). [In] R. Kosyan (ed.) The Diversity of Russian Estuaries and Lagoons Exposed to Human Influence, Estuaries of the World // Switzerland: Springer. – 2017. – P. 149-191. doi: 10.1007/978-3-319-43392-9_6.

6. Чубаренко Б.В., Двоеглазова Н.В., Боскачев Р.В., Шушарин А.В. Пространственно-временная изменчивость гидрологических характеристик в зоне смешения реки Преголи (Юго-Восточная Балтика) и методические подходы к ее изучению // Океанологические исследования. – 2024. – Т. 52, № 1. – С. 157-176. – doi: 10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(1).8.

7. «Расписание погоды». Лицензированная гидрометеорологическая кампания. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rp5.ru>. Дата обращения: 10.09.2024.

VARIATIONS IN THE WATER LEVEL AT THE MOUTH OF THE PREGOLYA RIVER ON A DAILY SCALE (ACCORDING TO INSTRUMENTAL MEASUREMENTS) AS AN INDICATOR OF THE STABILITY OF HYDROLOGICAL CONDITIONS

¹Dikii Dmitrii Igorevich, PhD, junior researcher

²Dvoeglazova Nadezhda Vadimovna, junior researcher

^{1,2}Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: ²nadya2eyes@mail.ru

A comparative assessment of instrumentally determined water level values at a control point in the area of the Museum Ship "Vitiaz" (Kaliningrad), corresponding to the central part of the mixing zone of the Pregolya River, for the period from May 4, 2023 to September 12, 2024, showed significant changes in the water level during the day (up to 0.6–0.8 m). Changes within the average values (0.09 m per day) can be considered an indicator of stable hydrological conditions and are acceptable for spatial quasi-one-time surveys of hydrological conditions in the mouth of the Pregolya River. Comparison of water level series with a discreteness of 2 minutes and a sample for each even hour of the day showed that more frequent measurements better record peak values, the difference in amplitude is about 3%. However, the standard deviation of more frequent and rarer measurements is the same. Therefore, from the point of view of data processing efficiency, it is better to use hourly measurements. Measurements at any time of day can be used to estimate daily minimum, maximum and average water level values.

УСТАНОВКА ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ ВОДЫ БОЛЬШОГО ОБЪЁМА В ЭКСПЕДИЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В ПРИРОДНЫХ ВОДОЁМАХ

¹Домнин Дмитрий Александрович, канд. геогр. наук, ст. науч. сотрудник

²Есюкова Елена Евгеньевна, канд. геогр. наук, ст. науч. сотрудник

³Лобчук Ольга Ивановна, науч. сотрудник

^{1,2,3}Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, Россия,

e-mail: ¹dimanisha@gmail.com; ²elena_esiukova@mail.ru; ³olga_may87@mail.ru

Методика и приборная база, применяемые для отбора проб воды на содержание взвешенных частиц, определяется, исходя из возможностей, доступного оборудования, а также поставленных задач. Основываясь на уже существующих разработках пробоотборников воды, предложена концептуальная модель и подготовлена тестовая установка для отбора проб воды, предназначенная для использования в экспедиционных условиях: как с берега, так и с маломерного судна с целью оценки содержания взвешенных частиц, в том числе микропластика, в природных мелководных водоёмах: реках, озёрах, лагунах или море – с поверхностного, подповерхностного или из промежуточных горизонтов.

Введение

Содержание твёрдых взвешенных веществ (взвесей, взвешенных наносов) определяет основные гидрофизические характеристики природной воды (мутность, прозрачность, цветность, привкус и запах), а также гидрохимический режим водного объекта (Гордеев, 1983, Черепанова, Горбачева, 2016). В зависимости от типа водного объекта, его географического положения и хозяйственного использования, а также внешних условий, определяемых климатической ситуацией, концентрация взвешенных частиц состав и их происхождение, наряду с другими гидрологическими характеристиками, различаются (Лещёв, 2013; Немировская, Артемьев, 2013; Тананаев, Лебедева, 2018; Domnin et al., 2024). Кроме взвешенных частиц природного происхождения, к взвеси добавляются и мелкие частицы пластика (микропластик, размером менее 5 мм), которые обнаружены в Мировом океане повсеместно. Их свойства отличаются от свойств естественных частиц и при этом заметно изменяются со временем пребывания в окружающей среде (Чубаренко и др., 2021).

Одной из важных задач при исследовании концентрации взвешенных в воде частиц, какого бы происхождения они не были, является организация отбора проб воды. Для таких работ используются различные приспособления и установки – начиная от нейстонных сетей и батометров, заканчивая погружными насосами, фильтрующими установками и насосными станциями, способными проводить пробоотборы на разных горизонтах. Поэтому, при проведении экспедиционных работ исследователи используют различные методики и подходы, исходя из возможностей, доступного оборудования, а также поставленных перед ними задач (Зобков, Есюкова, 2018; Чубаренко и др., 2021; Razeghi et al., 2021).

Особенностью определения количества и качественного состава взвешенных частиц является необходимость отбора достаточно большого количества воды, которая пропускается через систему фильтрации (каскад фильтров) фактически на месте проведения отбора проб. Часто вода не отправляется в лабораторию, а результатом отбора являются фильтры с осевшими на них при фильтрации частицами. Для отбора проб воды как на микропластик, так и на взвешенные частицы любого происхождения, целесообразно применение методов закачки воды с различных горизонтов с использованием специализированных погружных насосов (Пахомова и др., 2024; Setälä et al., 2016; Zobkov et al., 2019; Karlsson et al., 2020). Это позволяет отбирать пробы воды из различных горизонтов и обеспечивать отбор точного объёма воды (Setälä et al., 2016; Karlsson et al., 2020).

Основываясь на уже существующих разработках пробоотборников воды, предложена концептуальная модель и подготовлена тестовая установка для отбора проб воды относительно больших объёмов, предназначенная для использования в экспедиционных условиях, с целью оценки содержания взвешенных частиц, в т.ч. микропластика, в природных водоёмах.

Материалы и методы

Разработанное устройство отбора воды для оценки содержания в ней взвешенных частиц может быть использовано в природных мелководных водоёмах – реках, озёрах, лагунах или море – с поверхностного, подповерхностного, или из промежуточных горизонтов. Результатом использования устройства является забор достаточно большого количества воды и её фильтрация через каскад фильтров для получения проб, содержащих взвешенные частицы различного происхождения: минеральных, биологических или антропогенных (в том числе микропластик).

Устройство состоит из подводного и наземного модулей. Подводный модуль представляет собой фильтрационную колонку с обращённым вверх водозаборником. Первой ступенью колонки является сетчатый фильтр (элемент 1 на Рис. 1) с диаметром ячеек – 1 мм, что позволяет отсекавать крупные частицы и мусор. Далее следует обратный клапан (2) с шаровидным золотником увеличенной проходимости с внутренним диаметром 25 мм. Роль обратного клапана – удерживать воду в системе во время заполнения, а также не давать ей и отобранной взвеси вытечь при подъёме и извлечению фильтров. Ниже обратного клапана расположена фильтрационная колонка (3), состоящая из резьбовых попеременно чередующихся элементов – муфт и ниппелей, внутренним диаметром 50 мм. Муфты являются внешним каркасом колонки, а ниппели – внутренним, между ниппелями устанавливаются фильтры. Расстояние между фильтрами составляет 50 мм.

Для данной установки фильтры изготовлены специально. Основой фильтра является два кольца с внешним диаметром 50 мм и шириной 5 мм, которые придают фильтру жёсткость; между кольцами вклеена фильтрующая ткань. Применяются фильтры с размером ячейки, уменьшающимся по ходу фильтрации воды, размеры ячейки определяются исходя из задачи.

Для фильтрационной колонки использованы только металлические латунно-никелевые элементы, что было обусловлено её планируемым применением для отбора проб воды на содержание микропластика (чтобы исключить попадание на фильтры частиц пластика от используемых соединений). В самой нижней части фильтрационной колонки расположен кран с вентиляем для сливания воды из системы перед извлечением фильтров (4). Фильтрационная колонка зафиксирована на жёстком каркасе (5) с грузом и соединена с наземным модулем силиконовым шлангом (6), диаметром 25 мм.

Надводный модуль служит для перекачки воды. Он включает насос, состоящий из закрытого блока крыльчатки с лопастями (9) и электрического мотора (10), приводящего крыльчатку в движение валом. Мотор имеет питание от внешней аккумуляторной батареи (11), с промежуточным выключателем (15). Ввиду того, что большинство насосов именно перекачивают воду, а не всасывают её, то для заполнения системы заборной водой установка включает воронку (8) и вентиль (7), отсекающий подачу воды после заполнения. После насоса расположен расходомер (12), отсчёты которого позволяют контролировать количество проходящей через установку воды с точностью 0.1 л. Замыкает систему запорный вентиль, который позволяет регулировать или полностью прекратить сброс и подачу воды (13), и выпускной шланг (14).

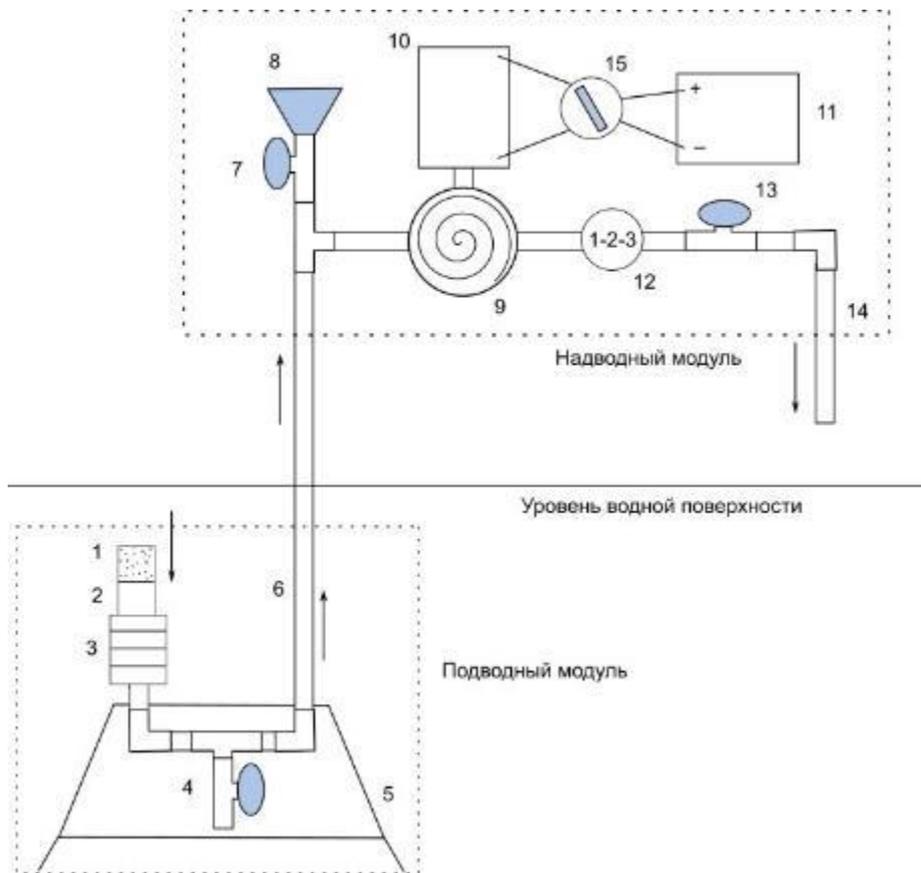


Рис. 1. Концептуальная схема установки для отбора проб воды в экспедиционных условиях для оценки содержания взвешенных частиц в природных водоёмах

Принцип работы установки таков. В начальный момент установка не заполнена водой, вентили 4 и 13 перекрыты, вентиль 7 открыт. С использованием фала, привязанного за каркас (5), установка опускается на требуемую глубину, надводный модуль установлен горизонтально на судне или берегу. Через воронку (8) заливается забортная вода, которая заполняет всю систему, а так как водозаборное отверстие перекрыто обратным клапаном, то воздух из установки выходит через воронку. После заполнения системы водой вентиль 7 перекрывается. Включается мотор (10), который вращает крыльчатку (9), открывается вентиль 13. Создаётся ток воды, проходящей через расходомер, который фиксирует её количество. В подводном модуле обратный клапан (2) не препятствует всасыванию забортной воды. Вода проходит через фильтрационную колонку (3), на фильтрах которой осаждаются взвешенные в воде частицы. После окончания работы насос выключается, подводный модуль вытаскивается из воды, вентиль 13 не перекрывается и остаток воды сливается за борт. Оставшаяся вода сливается через кран (4). Муфты фильтрационной колонки раскручиваются, а фильтры извлекаются и упаковываются для транспортировки.

Результаты и обсуждение

Тесты показали, что сконструированная установка подходит для использования в экспедиционных условиях, как с берега, так и с маломерного плавательного средства. Использование установки с борта большого судна на данном этапе невозможно, так как при использовании насоса относительно небольшой мощности, то чтобы обеспечить перекачку воды, наибольшая высота от уреза воды до надводного модуля не должно превышать 2 м. Максимальная скорость перекачки воды при отсутствии фильтров и, соответственно, загрязнителей, на высоте 0.5 м над урезом составляет 14 л/минуту, на высоте 2 м над урезом – 12 л/минуту. При добавлении фильтрующего материала и его загрязнении взвешенными частицами пропускная способность уменьшается в зависимости от степени загрязнения. Максимальная протестированная глубина водозабора составляет 5 м.

На тестовом уровне предлагается использовать последовательно расположенные в фильтрационной колонке фильтры с размером ячейки 333 мкм, 175 мкм и 100 мкм. Первая ступень – сетчатый

фильтр – пропускает частицы менее 1 мм. Это позволит получить взвешенные частицы, в т.ч. микропластик, соответствующего размера. В перспективе применения в реальных условиях и совершенствования установки, диапазон частиц может быть увеличен с применением последовательных внешних фильтров с размером ячеек, пропускающей частицы 5 и 2 мм (при соответствующей замене фильтра 1 на более грубый).

Заключение

Основываясь на уже существующих разработках пробоотборников воды, предложена концептуальная модель и подготовлена тестовая установка для отбора проб воды относительно больших объёмов, предназначенная для использования в экспедиционных условиях, с целью оценки содержания взвешенных частиц, в т.ч. микропластика, в природных водоёмах. Разработанное устройство отбора воды для оценки содержания в ней взвешенных частиц может быть использовано в природных мелководных водоёмах – реках, озёрах, лагунах или море – с поверхностного, подповерхностного, или из промежуточных горизонтов. Результатом использования устройства является забор достаточно большого количества воды и её фильтрация через каскад фильтров для получения проб, содержащих взвешенные частицы различного происхождения: минеральных, биологических или антропогенных (в том числе микропластик). Установка подойдёт для использования в экспедиционных условиях, как с берега, так и с маломерного плавательного средства. Максимальная скорость перекачки воды составляет до 14 л/минуту. Максимальная протестированная глубина водозабора составляет 5 м. Основное отличие от уже реализованных ранее моделей, как, например, PLEX (Zobkov et al., 2019) или HydroPuMP (Ершова, Татаренко, 2021), является то, что описанная выше установка имеет систему фильтров, которые расположены непосредственно в воде в самом начале пропускного тракта, что позволяет снизить потерю частиц на соединениях, а также исключить влияние конструктивных элементов (шланг, насос, расходомер и многочисленные соединения) на фильтры.

Благодарности

Работа выполнена за счёт гранта Российского научного фонда 24-44-20027. За помощь в технической подготовке тестовой установки авторы выражают свои благодарности ведущему инженеру Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН Немцову М.И.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордеев, В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. – М.: Наука. 1983. – 152 с.
2. Ершова А. А., Татаренко Ю. А. Пробоотборник для определения содержания микропластика в морской воде (HydroPuMP). Патент на полезную модель 206110 U1, 24.08.2021. Заявка № 2020144043 от 28.12.2020.
3. Зобков, М.Б., Есюкова, Е.Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // *Океанология*. – 2018. – Т. 1. С. 149–157, <https://doi.org/10.7868/S0030157418010148>.
4. Лещёв, А.В. Особенности трансформации и переноса взвеси в устьевой области реки Северной Двины // *Проблемы региональной экологии*. – 2013. – № 3. – С. 114–119.
5. Немировская, И.А., Артемьев, В.А. Взвесь и компоненты органического вещества в поверхностных водах южного и атлантического океанов // *Океанология*. – 2013. – Т. 53, – № 1. – С. 42–52.
6. Пахомова, С.В., Ершова, А.А., Жданов, И.А., Якушев, Е.В. Методы исследования загрязнения микропластиком природных вод: современное состояние и рекомендации // *Океанологические исследования*. – 2024. – Т. 52. – № 1. – С. 80–120.
7. Тананаев, Н.И., Лебедева, Л.С. Органическая составляющая взвешенного вещества малых водотоков енисейского севера в летне-осенний период // *География и природные ресурсы*. – 2018. – № 2. – С. 87–95. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2018-2\(87-95\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2018-2(87-95))
8. Черепанова, Т.А., Горбачева, Т.Т. Пространственно-временная изменчивость взвесей в приустьевой зоне малой реки водосбора Белого моря // *Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН*. – 2016. – № 13. – С. 235–238.

9. Чубаренко, И.П., Есюкова, Е.Е., Хатмуллина, Л.И., Лобчук, О.И., Исаченко, И.А., Буканова, Т.В. Микропластик в морской среде. – М.: Научный мир. 2021. – 520 с., ISBN: 978-5-91522-513-7
10. Domnin, D., Kilesa, A., Kulmanov, K. et al. Response of Hydrological Characteristics for Local Coastal Water Bodies of the South-Eastern Baltic to Extreme Weather Events in Autumn–Winter 2023/2024. // Pure and Applied Geophysics. – 2024. <https://doi.org/10.1007/s00024-024-03526-9>.
11. Karlsson, T.M., Kärrman, A., Rotander, A. et al. Comparison between manta trawl and in situ pump filtration methods, and guidance for visual identification of microplastics in surface waters. // Environ. Sci.Pollut.Res., 2020.–27, P. 5559–5571. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07274-5>.
12. Razeghi, N., Hamidian, A.H., Wu, C., Zhang, Y. Yang, M. Microplastic sampling techniques in freshwaters and sediments: a review. // Environmental Chemistry Letters, 2021. – 19 (6), P. 4225–4252, <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01227-6>.
13. Setälä, O., Magnusson, K., Lehtiniemi, M., Norén, F. Distribution and abundance of surface water microlitter in the Baltic Sea: a comparison of two sampling methods. // Marine Pollution Bulletin, 2016.– 110(1), P. 177–183. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.065>.
14. Zobkov, M.B., Esiukova, E.E., Zyubin, A.Y., Samusev, I.G. Microplastic content variation in water column: The observations employing a novel sampling tool in stratified Baltic Sea. // Marine Pollution Bulletin. – 2019. – V.138. – P.193–205, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.047>

INSTALLATION FOR SAMPLING LARGE VOLUMES OF WATER UNDER EXPEDITIONARY CONDITIONS TO ASSESS THE CONTENT OF SUSPENDED PARTICLES IN NATURAL RESERVOIRS

¹Domnin Dmitry Aleksandrovich, PhD in Geographical Sciences, Senior Researcher

²Esiukova Elena Evgenievna, PhD in Geographical Sciences, Senior Researcher

³Lobchuk Olga Ivanovna, Researcher

^{1,2,3}Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
e-mail: ¹dimanisha@gmail.com; ²elena_esiukova@mail.ru; ³olga_may87@mail.ru

The methodology and instrumentation employed for the collection of water samples for the analysis of suspended particles are determined according to the capabilities of the available equipment and the specific tasks assigned. A conceptual model has been proposed based on existing water sampler designs, and a test setup has been prepared for collecting water samples intended for use in expeditionary conditions, both from the shore and from a small boat. The samples may be collected from natural shallow water bodies, including rivers, lakes, lagoons, and the sea, to assess the content of suspended particles, including microplastics, in surface, subsurface, or intermediate layers of water bodies.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТОКОВ НОВАЯ И СТАРАЯ ПРЕГОЛЯ И ИХ ОСОБЕННОСТИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗОН АККУМУЛЯЦИИ ОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Закиров Руслан Баядитович, канд. геогр. наук, науч. сотрудник

Килесо Александр Владимирович, канд. геогр. наук, науч. сотрудник

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,

Москва, Россия, e-mail: ¹zakirov.ruslan.kaliningrad@yandex.ru

По результатам промера глубин русел протоков р. Преголи выявлены морфометрические различия между руслом Старой и Новой Преголи. Установлено, что русло протока Новая Преголя и в среднем, и в районах локального углубления глубже протока Старая Преголя. Извилистые и узкие участки русел характеризуются наличием углублений, что указывает на активные гидродинамические процессы на этих участках, а прямые участки напротив, характеризуются малыми глубинами и повышенной скоростью осадконакопления.

Введение

Малые реки и каналы с древних времен служат источником питьевой воды и биоресурсов, а также используются для транспортного сообщения между внутренними и приморскими населенными пунктами. На фоне современных глобальных вызовов вопрос по сохранению водных ресурсов малых рек и каналов имеет важное значение. Из наиболее распространенных экологических проблем малых рек выделяется изменение их гидрологических режимов и, как следствие, изменение режимов осадконакопления [1, 2].

Река Преголя – крупнейшая судоходная река Калининградской области (Юго-Восточная Балтика), впадает в Калининградский (Вислинский) залив. Река равнинная, среднегодовой расход воды примерно 90 м³/сек, ее питание смешанное: дождевая составляющая 40 %, снеговая – 35%, грунтовая – 25 % [3]. В г. Гвардейске река разделяется на два рукава - Нижнюю Преголю (течёт в Калининградский залив) и Дейму (течёт в Куршский залив). Выше устья, между г. Калининград и г. Гвардейск, Нижняя Преголя разделена на два протока: Новая Преголя и Старая Преголя (рис. 1). Протяженность Новой Преголи 23.3 км, Старой Преголи - 22.2 км, оба протока соединены поперечными каналами, средняя ширина Новой Преголи 71.5 м, Старой Преголи - 61 м [4]. Из русла Старой Преголи выполняется забор воды для бытовых нужд г. Калининграда [5].

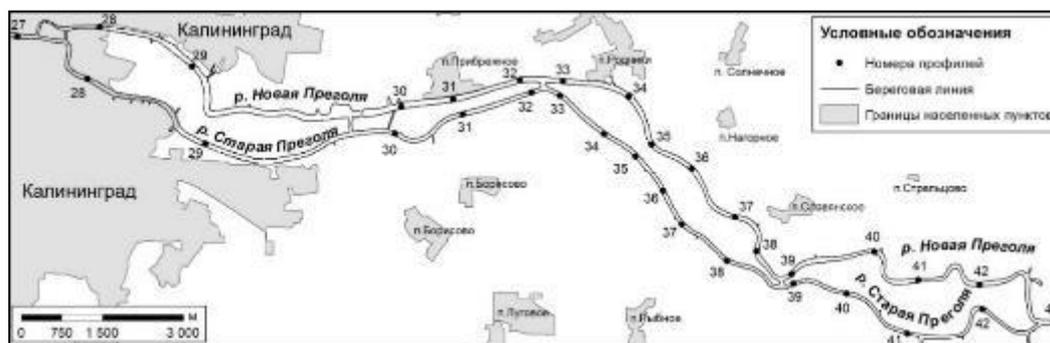


Рис. 1. Схема района исследования: протоки Новая Преголя и старая Преголя от точки разветвления на протоки (на востоке) до их слияния в центре Калининграда (на западе) с указанием точек гидрологического мониторинга АО ИО РАН [7]

Промер глубин в рукавах и протоках Преголи ранее выполнялся в 2013 г., 2019 г. сотрудниками АО ИО РАН, но эти измерения имели ознакомительный характер и выполнялись только по центральной линии водотока без поперечных галсов.

Цель данной статьи - по результатам детального промера глубин провести сравнительный анализ морфометрических характеристик Старой и Новой Преголи и выявить зоны возможной аккумуляции осадочного материала.

Материалы и методы

Промер глубин в протоках Старая и Новая Преголя проводился однолучевым эхолотом методом продольных и поперечных галсов. Продольные галсы (3 штуки) прокладывались по центральной линии русла и посередине между этой линией и берегом, поперечные галсы - с шагом 1 км. Кроме того, в местах слияния протоков, пересечения с соединяющими протоки поперечными каналами и в местах крутых поворотов выполнены дополнительные продольные и поперечные галсы с шагом 25 м. С помощью инструментов QGIS со спутникового снимка Yandex оцифрована береговая линия, затем с шагом 10 м выполнена разметка береговой линии и получен массив береговых точек, каждой точке присвоено значение глубины равное 0 м. С помощью инструментов интерполяции построена цифровая модель рельефа дна с размером сетки 5x5 м. Анализ морфометрии выполнен картографическими методами и методом профилирования. Поперечные сечения получены в точках регулярного мониторинга лаборатории прибрежных систем АО ИО РАН [7] (рис. 1).

Результаты и обсуждение

Русло Новой Преголи глубже русла Старой Преголи (в среднем на 1.1 м, таблица 1) и длиннее за счет извилистости. По мере удаления от устья реки глубина обоих протоков монотонно уменьшается (рис. 2). Русла протоков характеризуются наличием резких перепадов глубин, при этом вдоль русла Новой Преголи перепады значительно больше (рис. 2). Локальные углубления расположены либо на извилистых, либо на узких участках. Участки слияния с поперечными каналами характеризуются расширением русла, углубления на этих участках отсутствуют.

Площадь поперечного сечения рукава Нижняя Преголя до разделения на протоки (сечение 43) и после слияния протоков (сечение 27) различается на 280 м² (рис. 3, таблица 2), в общем площадь поперечных сечений протоков Старая и Новая Преголя по мере удаления от устья реки монотонно уменьшается вместе с глубиной (рис. 4). Средняя площадь сечения русла Новой Преголи больше аналогичной характеристики для Старой Преголи на 100 м², т.е. почти в два раза.

Таблица 1

Характеристика глубин русла протоков Новая и Старая Преголя

	Макс. глубина русла, м	Мин. глубина русла, м	Ср. глубина русла, м
Новая Преголя	10.4	2.5	4.9
Старая Преголя	8.9	1.8	3.8

Таблица 2

Площадь поперечных сечений русла протоков Новая и Старая Преголя

№ сечения	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Новая Преголя																	
S, м ²	480	160	325	335	295	290	290	310	280	260	230	215	205	150	175	160	200
Старая Преголя																	
S, м ²	478	150	290	170	180	155	135	135	135	130	120	120	90	130	110	120	200

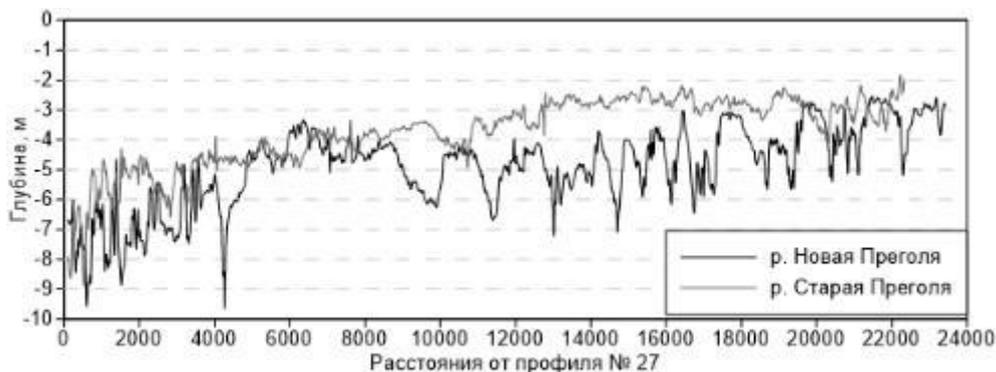


Рис. 2. Продольные профили глубин русел Старой и Новой Преголи

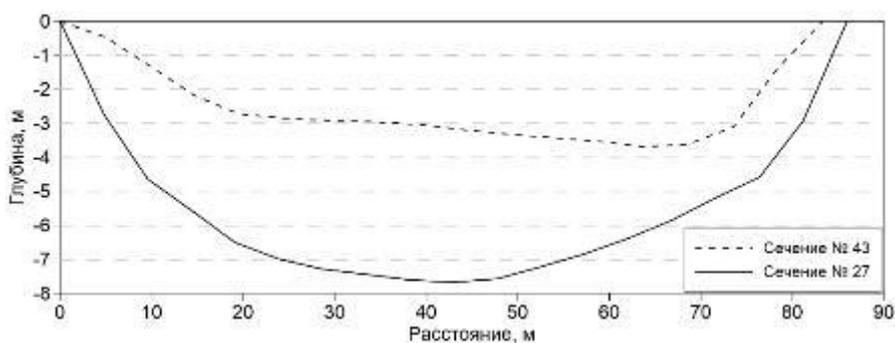


Рис. 3. Поперечные сечения русла Нижней Преголи в точках № 27 и №43

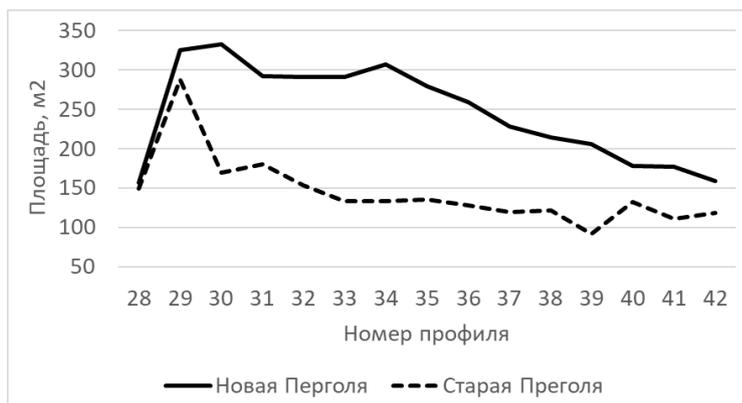


Рис. 4. Площадь поперечных сечений русел Старой и Новой Преголи

Учитывая морфометрические различия Новой и Старой Преголи (извилистость, глубина русла, площадь поперечных сечений) можно предположить, что осадочный материал в русле Старой Преголи накапливается активнее. На извилистых и узких участках реки осадочный материал накапливается медленнее всего, т.к. резкие углубления на этих участках характеризуют активные гидродинамические процессы.

Пробоотбор осадочного материала в Новой и Старой Преголе рекомендуется планировать на прямых и широких участках, в частности на участках слияния с поперечными каналами, где отсутствуют резкие углубления русла реки.

Заключение

Русло протока Новая Преголя *и в среднем, и в районах локального углубления* глубже протока Старая Преголя, средняя глубина на рассматриваемом участке от разветвления русла Нижней Преголи на эти два протока до их слияния в центре Калининграда составляет 4.9 и 3.8 м. По мере удаления от устья глубина обоих протоков монотонно уменьшается (от 7-8 до 2-3 м), так же как и площадь поперечных сечений (от 280-330 до 120-160 м²).

На основе морфометрических характеристик можно предположить, что русло Старой Преголи активнее накапливает осадочный материал по сравнению с руслом Новой Преголи. Отбор проб осадочного материала рекомендуется проводить на прямых и широких участках русла, а также на участках слияния, где ожидается максимум его накопления.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-44-20027, за критические замечания и рекомендации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронин А. В., Киселёва С. П., Рыков С. В. Экологические проблемы использования малых рек // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2007. – №. 3. – С. 74-77.
2. Ткачев Б. П., Булатов В. И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. – 2002. – №. 64. – С. 1-114.
3. Боскачёв Р. В., Чубаренко Б. В. Среднегодовые расходы воды в реках Преголи и Дейма в 1990-2020 гг. / Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 8(110), Ч1.– С. 176-180.
4. Маркова Л.Л., Нечай И.Я. Гидрологический очерк устьевых областей рек Немана и Преголи. // М.: Труды ГОИН. Вып. 49. 1960. С.118–157.
5. Маркова, Л.В., Наумов В.А. Качество воды, поступающей из реки Преголи на Южную водопроводную станцию города Калининграда // Водохозяйственные проблемы региона: Сборник научных трудов / Ответственный редактор В.А. Наумов. – Калининград: Калининградский государственный технический университет. 2016. С. 60–67.
6. Чубаренко Б.В., Шкуренок В.И. Физические механизмы проникновения соленых вод вверх по реке Преголе с учетом влияния рельефа дна // Физические проблемы экологии (экологическая физика). 2001. № 7. С. 80–88.
7. Чубаренко Б.В., Двоглазова Н.В., Боскачев Р.В., Шушарин А.В. Пространственно-временная изменчивость гидрологических характеристик в зоне смешения реки Преголи (Юго-Восточная Балтика) и методические подходы к ее изучению / // Океанологические исследования. – 2024. – Т. 52, № 1. – С. 157-176. – DOI 10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(1).8.

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE NEW AND OLD PREGOLYA AND THEIR FEATURES FAVORITE TO POSSIBLE LOCATION OF SEDIMENTARY ACCUMULATION ZONES

¹Zakirov Ruslan, PhD of geographical sciences, senior researcher

²Kilesso Alexander, PhD of geographical sciences, senior researcher

^{1,2}Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: ¹zakirov.ruslan.kaliningrad@yandex.ru

Based on the results of echo sounding measurements of the depths of the Pregolya River branches, the morphometric differences between the bed of the Old and New Pregolya rivers were identified. It has been established that the bed of the New Pregolya, both on average and in areas of local deepening, is deeper than the Old Pregolya. The winding and narrow sections of the river are characterized by the presence of depressions, which indicates active hydrodynamic processes in these areas, while straight sections and confluences, on the contrary, are characterized by shallow depths and increased sedimentation rates.

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ РОССИЙСКОГО РЫБОЛОВСТВА В ЮЖНЫХ ЧАСТЯХ АТЛАНТИЧЕСКОГО И ТИХОГО ОКЕАНОВ

¹Краснобородько Олег Юрьевич, канд. геогр. наук,
заведующий лабораторией промысловой океанологии

²Чернышков Павел Петрович, д-р геогр. наук, профессор Института
рыболовства и аквакультуры

^{1,2}Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АтлантНИРО)),
Калининград, Россия, e-mail: krasnoborodko@atlant.vniro.ru

²Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия, e-mail: pchernyshkov@klgtu.ru

На основе результатов наблюдений, выполненных в 2023–2024 гг. на борту российских промысловых судов в Юго-Восточной части Тихого океана и Антарктической части Атлантики и ретроспективных данных методами современных информационных технологий (анализ больших данных, машинное обучение на спутниковой и естественно-языковой информации) верифицируются существующие представления о функционировании пелагических экосистем этих районов. Показано, что применение таких технологий позволяет выявлять геоэкологические факторы районов и использовать их в целях промыслового прогнозирования.

Введение

Промысловые районы южного полушария традиционно притягивают внимание стран, располагающих крупными рыбопромысловыми траулерами, способными вести экспедиционный лов в удаленных районах Мирового океана. Этот интерес обусловлен высокой биологической продуктивностью вод в южных частях Атлантического и Тихого океанов, которая поддерживается проникновением в эти широты богатых биогенами антарктических водных масс. К таким районам, представлявшим интерес в прошлом для рыболовного флота СССР (1974-1991 гг.) и остающимся в сфере интересов современного российского рыбодобывающего флота (1992-2024 гг.) относятся районы Юго-Восточной части Тихого океана (ЮВТО), где на протяжении последних 10-и лет ведется ежегодный промысел массовых пелагических видов рыб – ставриды и скумбрии, а также район Антарктической части Атлантики (АЧА), где с 2024 г. Россия возобновила добычу антарктического криля [1,2].

Район ЮВТО (87 статистический подрайон ФАО) является крупнейшим по площади промысловым районом Мирового океана. В его пределах выделяется большая морская экосистема «Течения Гумбольдта» (БМЭ № 13 в классификации NOAA [3]). В ЮВТО обитают более 700 видов водных биоресурсов (ВБР), из которых около 60 являются промысловыми – анчоус, сардинопс, ставрида, скумбрия, хек, берикс, красноглазка, кальмары (Гумбольдта, Бартрама, стрелка, ромб) и др. виды. Ежегодный вылов в ЮВТО колеблется от 6,9 до 12,2 млн тонн [2]. Пелагическая экосистема АЧА (48 статистический подрайон ФАО) является сегодня основным местом добычи антарктического криля. В ее пределах выделяется большая «Антарктическая» морская экосистема (БМЭ № 61 в классификации NOAA [3]). Это район как активного международного промысла сегодня, так и поле научно-промысловой деятельности России в Антарктике в будущем [4]. Ежегодный вылов криля в АЧА колеблется от 0,06 до 0,45 млн тонн [2]. Основные факторы функционирования экосистемы АЧА - перенос скоплений криля в пределах Антарктического циркумполярного течения (АЦТ) и его долгопериодные климатические колебания [5, 6].

Одним из путей исследования процессов, происходящих в пелагических экосистемах ЮВТО и АЧА, является геоэкологический подход, основанный на применении достижений новых информационных технологий. В настоящее время такой подход получил название «цифровая геоэкология» [7]. Будучи

системным, этот подход основывается на исследовании биотопов (совокупности всех характеристик условий среды) и биоценозов (совокупности всех организмов, населяющих экосистему) в их взаимодействии с применением методов новых информационных технологий – больших данных и машинного обучения. Оба компонента экосистем (биотопы и биоценозы) исследуются в рамках биогеоценозов, входящих в сферу хозяйственной деятельности человека. Применительно к ЮВТО и АЧА такие исследования направлены на повышение эффективности научной и управленческой деятельности в этих промысловых районах.

В последние годы как в ЮВТО, так и в АЧА отмечается устойчивый рост промыслового усилия и вылова целевых объектов - ставриды и криля. Сопровождающие промысел научно-исследовательские работы на российских траловых судах, выполняющиеся в рамках требований региональных рыбохозяйственных организаций [8] - Конвенции по сохранению и управлению ВБР открытого моря южной части Тихого океана (SPRFMO) и Конвенции по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (АНТКОМ) - дают возможность на практике верифицировать результаты теоретических исследований, касающихся изучения современного состояния пелагических экосистем этих районов. Целью данной работы стала оценка эффективность применения современных информационных технологий для анализа изменений, происходящих в пелагических экосистемах ЮВТО и АЧА на современном этапе их развития с учетом результатов натурных наблюдений, выполнявшихся на российских промысловых судах в последние годы.

Материалы и методы

Морские научно-исследовательские работы на борту российских крупнотоннажных траулеров «Адмирал Шабалин», «Майронис», «Командор» (Группа компаний «НОРЕБО», Россия) выполнялись в период с марта по декабрь 2023 г. (в ЮВТО) и с февраля по май 2024 г. (в АЧА, рис. 1). Основной их целью был сбор промыслово-биологической информации о промысле и наблюдения за условиями среды обитания ВБР для обеспечения Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО») материалами, необходимыми для оценки состояния запасов ВБР в этих районах и промыслового прогнозирования. В ходе морских работ были получены некоторые новые представления об особенностях функционирования пелагических экосистем ЮВТО и АЧА, которые нашли свое подтверждение в результатах, полученных ранее при анализе ретроспективных данных различными методами новых информационных технологий.

В ходе камеральных промыслово-геоэкологических исследований районов ЮВТО и АЧА, выполнявшихся Атлантическим филиалом ФГБНУ «ВНИРО» в 2020-2023 гг. с применением новых цифровых технологий, были апробированы следующие подходы: методология анализа больших данных (массивов спутниковой океанологической информации) для выявления дальних связей (ДС) – корреляций параметров геоэкологической системы ЮВТО и АЧА друг с другом и с другими районами Мирового океана [9]; методология машинного обучения на числовой информации (Марковские цепи) для выявления преимущества состояний пелагических экосистем ЮВТО и АЧА во времени и пространстве [10]; методология машинного обучения на естественно-языковой информации (опубликованные научные статьи по рыбохозяйственным тематикам) для построения семантических облаков ключевых понятий и выявления на их основе геоэкологических факторов пелагических экосистем ЮВТО и АЧА [11].



Рис. 1. Траулеры «Адмирал Шабалин», «Майронис», «Командор» (ГК «НОРЕБО», Россия)

ДС - корреляционные связи различных параметров геоэкосистем между удаленными районами Мирового океана. Хорошо описанные и формализованные ДС стали основой для расчета целого ряда широко используемых гидрометеорологических индексов, таких как Эль-Ниньо - Южное колебание (ЭНЮК). В рамках данной работы ДС между районами ЮВТО и АчА выявлялись по четырем основным параметрам (величине атмосферного давления, температуре поверхности океана, концентрации хлорофилла, интенсивности промысла) на базе регулярной сетки $1^\circ \times 1^\circ$ с временными сдвигами данных до 2 лет друг относительно друга. Для узлов сетки с обнаруженными высокими коэффициентами корреляции параметров выполнялся расчет регрессий, характеризующих эти ДС.

Для выявления динамики геоэкосистем ЮВТО и АчА (количества возможных состояний и их преемственности во времени и пространстве) использовался метод Марковских цепей (МЦ). Для тех же 4-х разновидностей данных выполнялось построение однородных МЦ первого порядка, позволивших получить матрицы переходов между состояниями экосистем и временные ряды последовательностей их перехода из одного состояния в другое.

Для обучения естественно-языковой модели использовались тексты статей по тематикам исследования ВБР в акваториях Атлантики и Тихого океана, опубликованные в АтлантНИРО в 2007-2020 гг. (более 500 работ общим объемом 9 тыс. машинописных страниц). В качестве метода обучения модели было выбрано «обучение без учителя» на основе метода «мешок слов» [12] с контекстным (смысловым) окном шириной 50 слов. В результате обучения тексты были преобразованы в многомерное смысловое пространство, содержащее около 27 тыс. понятий (например, «ставрида», «течение», «индекс», «корреляция», «увеличение» и др.), связанных 4 млн. связей с разными весами, отражающими смысловую близость и соподчиненность понятий. Такое математическое представление текстов и применение к ним различных математических операций (расчет средних координат понятий «понятие 1 = (понятие 2 + понятие 3) / 2», их пропорций «понятие 1 / понятие 2 = понятие 3 / понятие 4») дало возможность выявить значительное количество фактов, не содержащихся в текстах статей в явном виде (в виде утверждений), но несущих ценную геоэкологическую информацию. Эффективность применения математических операций к координатным представлениям слов была показана ранее [12].

Результаты и обсуждение

В рамках выявления ДС для района ЮВТО были получены характеристики их корреляций по атмосферному давлению, температуре поверхности океана, содержанию хлорофилла и интенсивности промысла. В ЮВТО параметры атмосферного давления тесно связаны с температурным фоном и регулируются изменчивостью характеристик Южно-Тихоокеанского антициклона (ЮТА). Умеренные вариации характеристик ЮТА в последние десятилетия удерживают температуры поверхностных вод в ЮВТО на стабильном уровне на фоне их роста в большинстве промысловых районов Мирового океана, происходящих из-за глобальных климатических изменений. Некоторые региональные изменения термического режима поверхности океана в ЮВТО происходят каждые 6-7 лет и связаны со сменой главного климатического цикла планеты - Эль-Ниньо – Ла-Нинья (теплый и холодный периоды). Последним крупным Эль-Ниньо новейшего времени был эпизод значительного потепления вод ЮВТО в 2015-2016 гг. Новый цикл потепления начался в 2023 г. и продолжается до 2024 г. Как показали исследования АтлантНИРО, возникновение Эль-Ниньо, наряду с динамикой ЮТА, регулируется чандлеровскими колебаниями мгновенной оси вращения Земли. Последнее Эль-Ниньо 2023-2024 гг. развивалось на фоне движения мгновенной оси вращения Земли по траекториям, близким к таковым в прошлые исторические периоды Эль-Ниньо (1982-1983, 1987, 1992, 1997-1998, 2015-2016 гг., рис. 2), то есть это космогеофизический процесс.

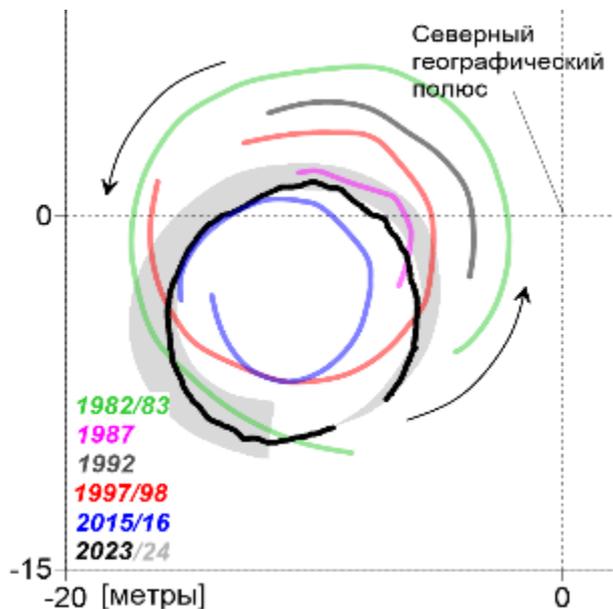


Рис. 2. Траектории движения мгновенной оси вращения Земли в районе географического полюса в годы Эль-Ниньо 1982-2024 гг.

Анализ преобладания состояний пелагической экосистемы ЮВТО в период 2012-2021 гг. с применением метода Марковских цепей показал, что за год-два до очередной смены цикла Эль-Ниньо – Ла-Нинья в Перуанском и Чилийском подрайонах ЮВТО обнаруживаются аномальные состояния экосистемы – предвестники грядущей смены цикла. Они проявляются в значительных отклонениях величин атмосферного давления, температуры воды, содержания хлорофилла, производительности промысла. Непосредственно наличие таких аномалий было прослежено в ЮВТО в первой половине 2023 г. В этот период в районе отмечалась крупнейшая устойчивая температурная аномалия в Мировом океане - до $+5^{\circ}\text{C}$. На промысле ставриды и скумбрии в ЮВТО у российских судов наблюдались аномально высокие величины выловов за траление - свыше 100 т (рис. 3). Промысловые концентрации ставриды и скумбрии отмечались как при нормальных ($16-20^{\circ}\text{C}$), так и при аномальных ($21-23^{\circ}\text{C}$) и экстремальных ($25-26^{\circ}\text{C}$) величинах поверхностной температуры воды. В уловах наблюдались аномально высокая доля скумбрии (до 100% в отдельных тралениях).

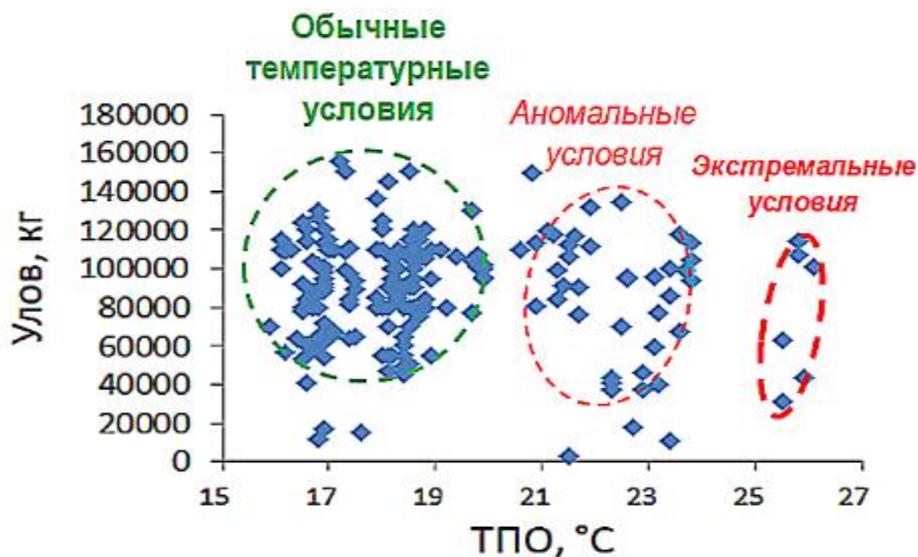


Рис. 3. Уловы на траление у судов в ЮВТО при различных температурных условиях в 2023 г.

Выявленные методами естественно-языкового машинного обучения геоэкологические факторы района ЮВТО (динамические, космогеофизические, гидробиологические) также нашли подтверждение в ходе морских исследований 2023-2024 гг. По результатам наблюдений в 2023 г. в ЮВТО была подтверждена зависимость между приливным циклом (уровенной поверхностью океана) и производительностью лова ставриды: в периоды высокой воды уловы у российских судов были максимальны, а при низкой воде - минимальны. Выявлена существенная роль динамического фактора в формировании промысловых скоплений рыб в открытой части ЮВТО за пределами экономических зон Перу и Чили: миграционные пути скоплений ставриды и скумбрии модулировались в рамках общей структуры геострофических потоков Перуанского течения. В открытой части района скопления в основном смещались в южном направлении навстречу потоку Перуанского течения, совершая мезомасштабные круговые миграционные циркуляции в пределах определенных сезонных широтных зон (рис. 4).

Большое влияние на распределение скоплений и производительность промысла ставриды в ЮВТО в 2023 г. оказывали параметры планктонных сообществ (характеристики и суточная динамика формируемых ими звуко рассеивающих слоев, в пределах которых обитают пелагические виды ВБР) и межвидовые взаимодействия в экосистеме, прежде всего пелагических рыб с головоногими (кальмары). Эти два фактора также ранее были выделены обученной естественно-языковой системой в качестве основных для ЮВТО.

Результаты наблюдения на промысле криля в АЧА в 2024 г. показали, что используемые в настоящее время подрайоны лова криля (Южные Оркнейские острова и Антарктический полуостров) являются перспективными районами для развития отечественного промысла криля. Здесь формируются устойчивые в пространстве и во времени участки промысла криля (рис. 5). Состояние и распределение биомассы криля в АЧА позволяет судам, передвигаясь между подрайонами, вести успешный промысел.

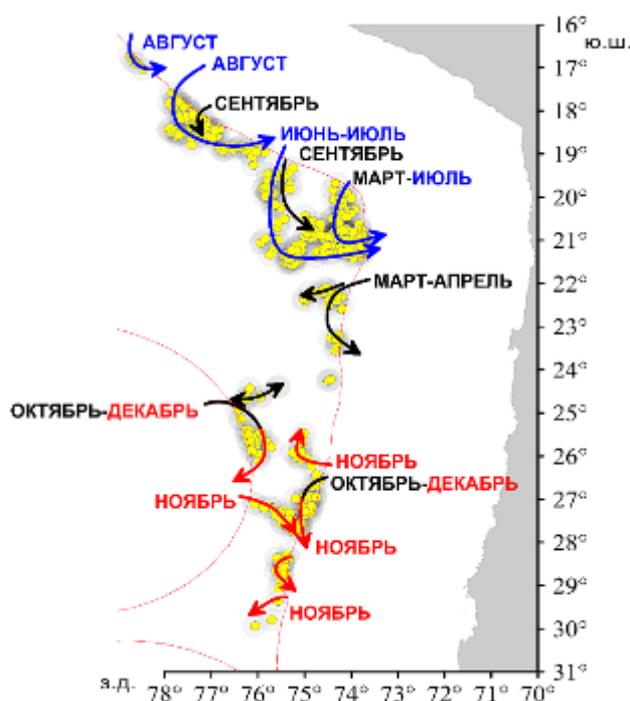


Рис. 4. Миграционные пути скоплений ставриды и скумбрии в открытой части ЮВТО в 2023 г. (красным – летом, синим – зимой)

Как для района ЮВТО, населяемого ставридой и скумбрией, так и для АЧА, населяемого крилем, высокая биологическая продуктивность поддерживается за счет поступающих сюда антарктических промежуточных водных масс (на глубинах 800-1800 м) [13], которые поднимаясь в мезомасштабных вихрях в мезо- и эпипелагиаль (до глубин 600-100 м), поддерживают квазистационарные очаги биопродуктивности в промысловых районах в открытой части океана [14]. Между состояниями пелагических экосистем, состоянием ВБР и промыслом в ЮВТО и АЧА существует связь, которая была выявлена обученной естественно-языковой моделью.

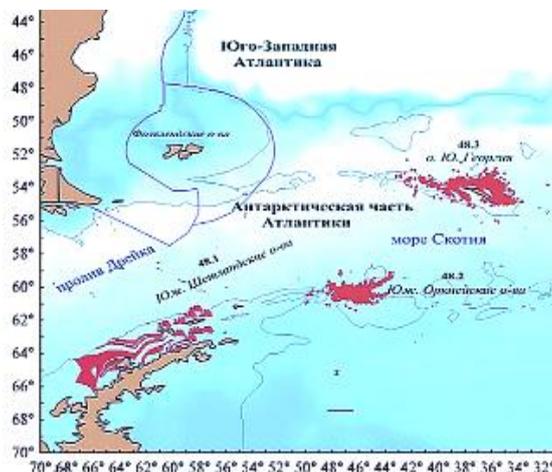


Рис. 5. Районы сезонной дислокации криллового флота в АЧА (среднепогодные данные)

В ходе выполнения математических операций с понятиями в ответ на поданную на вход обученной естественно-языковой модели комбинацию понятий «криль» - «АНТКОМ» - «вылов» - «рост» - «ставрида» - «ЮВТО» - «добыча» - «?», модель выдала понятия «после», «совместный», «интенсивный». А в качестве одного из объединяющих оба района геоэкологических факторов эта же модель выделила «космогеофизический» фактор с весом влияния на фоне других ведущих геоэкологических факторов 40% для ЮВТО и 25% для АЧА. Учитывая известную связь цикла ЭНЮК с общепланетарным процессом колебания мгновенной оси вращения Земли, сделано предположение о влиянии этого цикла на промысел не только ставриды в ЮВТО, но и криля в АЧА. Действительно, между межгодовыми колебаниями объемов вылова криля в АЧА и ставриды в ЮВТО имеется устойчивая корреляция со сдвигом во времени от 7-8 лет в начале 1980-х гг. до 3-4 лет в последние годы (рис. 6).

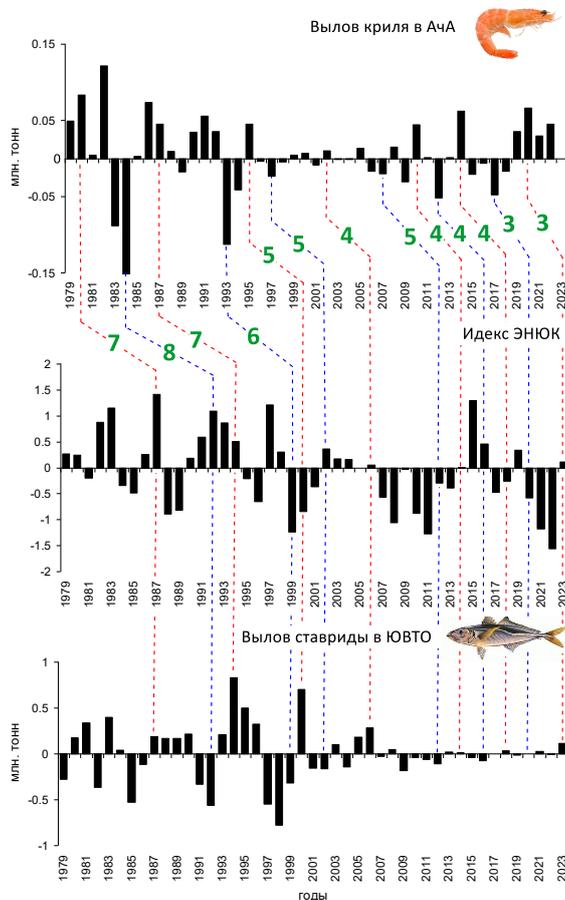


Рис. 6. Связь межгодовых колебаний уловов криля в АЧА и ставриды в ЮВТО (отклонения ежегодных выловов от скользящих средних за 5 лет) и величины индекса ЭНЮК. Зеленые цифры – временной сдвиг связи (лет)

Таким образом, по динамике вылова криля в АЧА (рост или снижение в предшествующий и последующий годы) можно прогнозировать динамику вылова ставриды в ЮВТО с заблаговременностью 3-4 года. Так, хорошие показатели на промысле криля в 2020 г. с временным сдвигом 3 года проявились в хорошей промысловой обстановке в ЮВТО в 2023 г., а некоторое снижение вылова криля, наблюдавшееся в АЧА в 2021 г. (минус 0,08 млн тонн относительно вылова за 2020 г.) может объяснить слабую обстановку на промысле ставриды в ЮВТО в текущем 2024 г. В рамках такой связи можно ожидать существенного улучшения промысловых показателей в ЮВТО в 2025 г.

Выводы

Использование в рамках геоэкологических исследований в районах ЮВТО и АЧА цифровых информационных технологий, основанных на машинном обучении и методологии больших данных, показывает свою эффективность. Ведущая роль отдельных геоэкологических факторов, выявленных в пелагических экосистемах ЮВТО и АЧА методами поиска дальних связей, Марковских цепей и естественно-языкового машинного обучения подтверждается результатами экспедиционных морских наблюдений, выполняемых на промысловых судах в этих районах. Подтверждено, что функционирование пелагических экосистем обоих районов на современном этапе их развития регулируется как единым глобальным космогеофизическим фактором (колебаниями мгновенной оси вращения Земли и циклом Эль-Ниньо - Южное колебание), так и комплексом местных геоэкологических факторов, проявляющихся на разных уровнях организации пелагической экосистемы: на уровне биотопа - стрессорно-регулирующим влиянием Эль-Ниньо - Ла-Нинья и формируемыми им аномалиями температуры воды, параметрами течений, влиянием солнечно-лунных приливов; на уровне биоценоза - состоянием планктонных сообществ, формирующих звукорассеивающие слои, и межвидовым взаимодействием пелагических видов ВБР.

Полученные результаты могут использоваться как для разработки прогнозов ожидаемой производительности промысла ставриды, скумбрии в ЮВТО и криля в АЧА, так и для выработки мер по управлению ВБР районов ЮВТО и АЧА в рамках деятельности SPRFMO и АНТКОМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бандурин К.В., Архипов А.Г. Современное состояние водных биологических ресурсов в океанических районах исследований АтлантНИРО // Ученые записки РГГМУ. – 2017. – Вып. 48. – С. 148-166.
2. Современная океанологическая информация в исследованиях среды обитания криля в Атлантической части Антарктики и ставриды в Южной части Тихого океана с целью увеличения российского вылова этих объектов / П.П. Чернышков, О.Ю. Краснобородько, Д.А. Чурин, А.Я. Шустин // Рыбное хозяйство. – 2022. – №1. – С.2-12.
3. Large marine ecosystems of the world: an annotated bibliography. Technical Memorandum NMFS-F/SPO-167 / E. Kelley, ed. – NOAA. – 2016. – 94 p.
4. Дружинин А.Г., Лачининский С.С. Россия в Мировом океане: геоэкономические и геополитические интересы, масштаб и форматы "присутствия" // Известия Русского Географического Общества. – 2019. – Т. 151. – № 6. – С. 1-19.
5. Использование методов современного математического моделирования для прогнозирования промысла криля *Euphausia superba* в Антарктической части Атлантики / В.И. Архипов, С.Н. Бурыкин, В.Н. Шнар, С.М. Касаткина // Труды АтлантНИРО. – 2019. – Том 3. – №1(7). – С. 42-52.
6. Промыслово-океанологические исследования в Атлантическом океане и южной части Тихого океана (по результатам исследований АтлантНИРО и Запрыбпромразведки) / под. ред. В.Н. Яковлева. – Калининград: АтлантНИРО, 2002. – Т. 1, 2. – 521 с.
7. Цифровая экология: от прошлого к будущему: учебное пособие / И.Н. Сачков, А.А. Тарасев, В.Ф. Турьгина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2023. – 100 с.
8. Краснобородько О.Ю., Архипов В.И., Чернышков П.П. Мировое рыболовство: экосистемы, управление, прогнозирование // Земля из космоса. – 2017. – № 2(24). – С. 24-29.
9. Краснобородько О.Ю. Применение идеологии больших данных к анализу дальних связей и прогнозированию состояния промысловых районов в Атлантическом и Тихом океанах // Ученые записки РГГМУ. – 2021. – Вып. 64. – С. 493-514.

10. Краснобородько О.Ю. Анализ преемственности и краткосрочный прогноз состояний промысловых геозкосистем Атлантического и Тихого океанов методами Марковских цепей // Астраханский вестник экологического образования. – 2021. – №4 (64). – С. 14-29.
11. Краснобородько О.Ю. Применение естественно–языкового машинного обучения для обобщения геозкологических параметров пелагических биоресурсов Атлантического и Юго-Восточной части Тихого океанов // Ученые записки РГГМУ. – 2021ю– Вып. 63. – С. 279-296.
12. Mikolov T. et al. Efficient estimation of word representations in vector space // Proceedings of Workshop at ICLR. – 2013. – 12 С. Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://arxiv.org/pdf/1301.3781.pdf> (дата обращения 04.09.2024).
13. Кошляков М.Н., Тараканов Р.Ю. Промежуточные воды южной части Тихого океана // Океанология. – 2005. – Т. 45. – № 4. – С. 485-503.
14. Бородин Е.В., Чуринов Д.А., Чернышков П.П. Влияние динамики вод на биомассу и распределение биологических ресурсов пелагиали южных частей Атлантического и Тихого океанов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2014. – С. 142-154.

MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN SCIENTIFIC SUPPORT OF RUSSIAN FISHERIES IN THE SOUTHERN PARTS OF THE ATLANTIC AND PACIFIC OCEANS

¹Krasnoborodko Oleg Yuryevich, Ph.D. in Geogr., Head of the Laboratory of Fishery Oceanology

²Chernyshkov Pavel Petrovich, D.Sc. in Geogr., Professor of the Institute of Fisheries and Aquaculture

^{1,2}Atlantic Branch of "VNIRO" ("AtlantNIRO"), Kaliningrad, Russia,
e-mail: krasnoborodko@atlant.vniro.ru

²Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: pchernyshkov@klgtu.ru

Based on the results of observations carried out in 2023–2024 onboard Russian fishing vessels in the South-East Pacific Ocean and the South Atlantic and retrospective data, modern information technology methods (big data analysis, machine learning on satellite and natural language information) are used to verify ideas about the functioning of pelagic ecosystems in these areas. It is shown that the use of such technologies allows identifying geoecological factors of areas and using them for the purposes of fishery forecasting.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ НЕМАН ПО БАЗОВОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ (ПАН₆) В 2022–2023 Г.

¹Кривопускова Екатерина Владимировна, мл. науч. сотрудник кафедры ВБА

²Новожилов Олег Анатольевич, доцент, канд. биол. наук, директор Института рыболовства и аквакультуры

³Бартахова Дарья Константиновна, студентка 1 курса магистратуры направления «Водные биоресурсы и аквакультура»

^{1,2,3}Калининградский государственный технический университет,

Калининград, Россия, e-mail: ¹ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru;

²oleg.novozhilov@klgtu.ru; ³bartakhova02@mail.ru

Экологическое состояние реки Неман имеет важное значение для существования ихтиоценоза не только самого водотока, но и для ихтиоценоза Куршского залива и Балтийского моря, а с учетом его протяженности и высокого уровня развития промышленности в его водосборном бассейне, оценка уровня антропогенного воздействия на экосистему становится важным аспектом формирования плана управления территориями. Использование ПАН₆ позволяет в почти в режиме реального времени оценить влияние антропогенной нагрузки на водную экосистему и выявить за сезонные и годовые изменения ее соотношения с самоочищающей способностью водного объекта.

Введение

В настоящее время почти все водные экосистемы подвергаются негативному воздействию от естественных и антропогенных источников разной степени опасности и происхождения, при этом вклад от антропогенных источников в балансе поступления аллохтонных веществ неуклонно растет. Влияние естественных факторов несмотря на изменения, происходящие в глобальных и региональных климатических системах всегда имело продолжительный и «слабо негативный» эффект, который приводил к длительному процессу «естественного» старения водоемов и водотоков. Под воздействие этих факторов в водоемах происходят изменения гидрологических и гидрохимических показателей (изменения уровня воды, температурных и кислородных условий, объем органического вещества и т.д.), что в свою очередь оказывает влияние на биоту водоема, однако их продолжительное действие и низкий уровень негативного воздействия позволяет экосистеме адаптироваться и трансформироваться за счет медленного снижения ее экологического качества.

С появлением источников антропогенного воздействия различного генезиса в пределах водосборного бассейна скорость изменений в гидрохимических и гидрологических режимах увеличилась, кроме этого негативное воздействие стало оказываться непосредственно на биоту водных экосистем. Воздействие антропогенных факторов связано не только с прямым сбросом загрязняющих веществ, выловом гидробионтов и изъятием водных масс, но с косвенным воздействием от развития на территории водосборного бассейна сельского хозяйства, рекреационной деятельности, в целом ее урбанизации. С увеличением антропогенной нагрузки на водные объекты происходит увеличение объемов поступающих аллохтонных веществ, в том числе чуждых данным экосистемам, что приводит в свою очередь к изменениям их экологического состояния. Возрастающее влияние антропогенных факторов на водные экосистемы приводит к изменению экологического состояния водных объектов, ухудшению популяционных характеристик гидробионтов, изменению структуры сообществ, а также к изменению в продукционных процессах, протекающих в экосистеме.

Необходимо отметить, что особенно сильно антропогенная нагрузка влияет на рыбохозяйственные водоемы, так как изменения абиотических и биотических параметров их экосистем вызывает закономерные изменения в ихтиоценозах. Под воздействием антропогенных факторов таких

как увеличение объемов «видоориентированного» промысла при помощи усовершенствованных орудий лова, повышение их селективности приводит к изменениям в трофических цепях водных экосистем, а при совместном воздействии с другими факторами способствуют к смене доминирующих видов гидробионтов, а в дальнейшем приводит к существенным изменениям в структуре ихтиоценозов, численность одних видов значительно сокращается, а взамен освободившиеся экологические ниши занимают другие виды, способными существовать в более широком диапазоне абиотических факторов, для которых новые условия существования становятся более приемлемыми, а конкурентные связи ограничивавшие рост их популяций ослабились. Кроме этого, антропогенные факторы оказывают влияние и на места нереста, сокращая их площади или полностью их уничтожая. В ряде случаев в рыбохозяйственных водоемах в результате антропогенного воздействия, отдельные представители ихтиофауны оказываются под угрозой исчезновения, вызывая тем самым нарушения трофических связей.

Река Неман является одной из самых крупных рек в восточной части водосборного бассейна Балтийского моря. Она является трансграничным водоемом и протекает по территории трех государств (Белоруссии, Литвы и России) (рис.1) и играет важную роль в экономике этих стран: по ней проходит важный судоходный путь, на ее русле располагаются гидроэлектростанции, ведется промысел и т.д. В тоже время река оказывает большое влияние на Куршский залив, благодаря ее высокой водности этой реки, Куршский залив значительно опресняется.



Рис. 1. Река Неман и ее водосборный бассейн [1]

Рыбохозяйственная значимость реки определяется несколькими факторами: во-первых, Неман является средой обитания ценных проходных видов рыб (таких как: атлантический лосось, кумжа, рыбец, корюшка европейская), местом их нереста, нагула или зимовки. Во-вторых, река и ее притоки являются нерестилищами полупроходных рыб Куршского залива (лещ, судак, плотва и др.), от успешности воспроизводства которых зависит промысел в заливе. В-третьих, на территории реки ведется промысел (корюшки европейской) [2].

Антропогенная нагрузка р. Неман, формирующаяся в пределах его водосборной площади, образуется в основном процессе поступления загрязняющих веществ с сельскохозяйственных земель, от хозяйственно-бытовых стоков, забора воды для нужд промышленности, рекреационной деятельности [2]. Уровень антропогенной нагрузки на всем протяжении реки различен и из года в год непостоянен ввиду развития промышленности, водности года, внедрения природоохранных ограничений, поэтому необходим постоянный мониторинговый контроль за уровнем нагрузки от хозяйственной деятельности на водную экосистему. Наиболее эффективным методом контроля данного

показателя в режиме импактного мониторинга является использования «базового показателя антропогенной нагрузки», в соответствии с ГОСТ 58556-2019 [3], позволяющий оценить качество природных вод с экологических позиций.

Целью данного исследования является определение экологического состояния реки Неман в пределах Калининградской области с использованием комплексного базового показателя антропогенной нагрузки (ПАН⁶), как одного из значимых рыбохозяйственных водотоков региона.

Район исследования

В Калининградской области располагается низовье реки Неман, именно здесь располагается устье водотока, впадающего в Куршский залив. Данный водоток относится к категории трансграничных, поскольку протекает по территории трех государств. Исток реки располагается в болотах Белоруссии. Ее общая протяженность - 937 км, из них по территории Литвы - 475 км, а по территории Калининградской области – 107 км, и впадает в Куршский залив, вынося в него около 21 км³ воды в год, качество которой формируется на территории ее водосборного бассейна общей площадью 98 200 км² [2]. На территории Калининградской области река Неман формирует левый рукав - реку Матросовка, расположенную в 48 км от его устья.

Исследования для оценки экологического состояния реки Неман проводились на его левом берегу (акватория, принадлежащая Калининградской области) в рипали водотока, как наиболее значимого места для формирования пополнения ихтиоценоза реки. В данной зоне реки расположены основные нерестилища промысловых видов рыб, а также места нагула молоди. В рамках проведенного исследования пробы отбирались на следующих мониторинговых станциях:

- станция №1 (пос. Неманское) – является фоновым створом и служит для определения качества воды, поступающей с территории Литовской Республики

- станция №2 (пос. Большое Село, выше г. Неман) – является фоновым створом и служит для определения качества воды, поступающей с территории Литовской Республики, находящийся выше городов Российской Федерации – г. Неман и г. Советск. Также учитывается воздействие на состояние водотока притоков реки Неман – р. Шешупе и р. Юра

- станция №3 (ниже г. Советск) – помогает определить влияние крупных городов (г. Неман и г. Советск) на состояние реки Неман ниже по течению реки.

- станция №4 (пос. Ясное) – является замыкающим створом, который располагается в приустьевой части реки Неман. Показатели этой станции помогают определить состояния вод реки Неман перед его впадением в Куршский залив, а также оценить степень самоочищения реки после прохождения районов с низким уровнем антропогенного воздействия.

Данные станции являются стандартными и используются для мониторинга уже более 10 лет, что дает возможность более достоверно сравнить получившиеся в рамках нашего исследования данные с предыдущими. Применяемая сетка станций позволяет оценить не только экологическое состояние реки Неман, но также степень антропогенного воздействия на водоток на всем протяжении реки.

Материал и методика

Исследования проводились на основании данных полученных в рамках комплексных экологических мониторинговых исследованиях реки Неман, проводимых кафедрой Водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» в период с 2022 по 2023 гг. Мониторинговые работы проводились совместно с оценкой состояния ихтиоценоза реки, как часть многофакторного анализа его функционирования и динамики.

Отбор проб проводили согласно ГОСТ 59024-2020 [4] ежесезонно в рипальной зоне водотока. В рамках импактного мониторинга непосредственно на станциях измеряли температуру, рН, электропроводность и концентрацию кислорода электрохимическим способом.

Для определения величины сухого остатка и концентрации биогенных элементов пробы воды отбиралась в специализированную тару, консервировались и транспортировались в лабораторию для дальнейшего анализа. В лаборатории полученные образцы обрабатывались согласно установленным ГОСТам (ГОСТ 55684-2013, ГОСТ 18309-2014, ГОСТ 33045-2014).

Для оценки экологического состояния качества реки Неман использовалась методика, утвержденная ГОСТом 58556-2019 «Оценка качества вод водных объектов с экологических позиций» [3]. Разработанная методика оценки качества вод водных объектов с экологических позиций в настоящее время является «обязательным этапом экспертных работ, связанных с использованием в хозяйственной деятельности ресурсов водотоков и водоемов при обосновании условий водопользования, необходимости реабилитационных работ, целесообразности водоохраных мероприятий и пр.» [3]

Для оценки влияния антропогенной нагрузки на экологическое состояние выбранных участков реки использовался базовый показатель антропогенной нагрузки (ПАН⁶) – комплексный показатель состояния анализируемого участка с использованием аналит-маркеров и оценивающий возможность экосистемы к самостоятельному восстановлению.

В рамках исследования для расчета ПАН⁶ были использованы следующие базовые аналит-маркеры, характеризующие типичные негативные воздействия оказывающие значительное влияние на рыбохозяйственную значимость р. Неман: рН, сухой остаток, азот аммония, азот нитритов, фосфор фосфатов, железо общее.

Интегральный показатель антропогенной нагрузки ПАН_i, усл.м³/м³, рассчитывают по формуле [3]:

$$\text{ПАН}_i = \frac{C_i}{\text{ЦП}_{i\text{э-НДТ}}} - 1, \quad (1)$$

где ЦП_{iэ-НДТ} - виртуальное целевое значение концентрации показателя (аналита-маркера) по i-му типу воздействия, мг/усл. дм³, достижимое при использовании НДТ и удовлетворяющее условиям предотвращения деградации качества воды поверхностного водного объекта; C_i- концентрация аналита-маркера в сточных или загрязненных природных водах, отражающего определенный тип негативного воздействия, мг/дм³.

Общий показатель антропогенной нагрузки ПАН⁶ сточных или загрязненных природных вод, усл.м³/м³, по установленным типам воздействий, оказываемых технологией или комплексом технологий, определяется суммированием ПАН (формула 2) [3]:

$$\text{ПАН} = \sum_{i=1}^n \text{ПАН}_i, \quad (2)$$

где ПАН_i - ПАН i-го типа воздействия, усл.м³/м³; n - количество учитываемых типов воздействия, ед.

Результаты

Сельское хозяйство в связи с резким сокращением пахотных земель, снижением применения минеральных и органических удобрений на используемых землях, вносит незначительный вклад в антропогенную нагрузку на р. Неман на территории Калининградской области. Основным точечным источником загрязнения поверхностных вод бассейна реки Немана в Калининградской области являются поверхностные и жилищно-коммунальные стоки. Именно они долгое время оказывают значительно негативное влияние на водоток. Ввод в эксплуатацию очистных сооружений в г. Советске позволил улучшить экологическую ситуацию в водной экосистеме, однако она до сих пор остается напряженной из-за накопленных объемов поступившего аллохтонного вещества, а также региональных климатических изменений, которые вносят свои коррективы в процессы самоочищения водотока.

В соответствии с ГОСТ 58556-2019 обеспечивают однозначные выводы о фундаментальном качестве (классе качества) воды исследуемого поверхностного водного объекта и благополучии водной экосистемы. Как уже говорилось ранее при выборе базовых аналит-маркеров в рамках данного исследования оценивалась их значимость для формирования благоприятных условий существования ихтиоценоза реки и с учетом этого фактора были выбраны следующие параметры: сухой остаток, рН, азот аммонийный, нитрит ионы, фосфор фосфатов и железо общее

Результаты расчета за 2022 и 2023 гг представлены в таблицах 1 и 2.

Расчет ПАН за 2022 г.

Базовый аналит-маркер, C_i	Среднегодовое значение C_i в пробе воды	Расчетная формула для ПАН $_i$	Целевой Показатель (ЦПи э-ндт)	ПАН, усл. м ³ /м ³
п. Неманское				
Сухой остаток, мг/дм ³	306,74	$(C_i - C_{ф})/100$	100	2,067
рН, ед. рН	6,79	$(6,5 - pH_i)/0,1$ при $pH_i < 6,5$; $(pH_i - 8,5)/0,1$ при $pH_i > 8,5$;	(6,5-8,5) ед. рН	0
Фосфор фосфатов, мг/дм ³	0,02	$(10C_i - 1)$	0,1 мг/усл.дм ³	0
Азот аммония, мг/дм ³	0,45	$(2,5C_i - 1)$	0,4 мг/усл.дм ³	0,13
Азот нитритов, мг/дм ³	0,004	$(50C_i - 1)$	0,02 мг/усл.дм ³	0
Железо общее, мг/дм ³	0,26	$(3,3C_i - 1)$	0,3 мг/усл.дм ³	0
п. Большое село				
Сухой остаток, мг/дм ³	334,8	$(C_i - C_{ф})/100$	100	2,35
рН, ед. рН	6,85	$(6,5 - pH_i)/0,1$ при $pH_i < 6,5$; $(pH_i - 8,5)/0,1$ при $pH_i > 8,5$;	(6,5-8,5) ед. рН	0
Фосфор фосфатов, мг/дм ³	0,019	$(10C_i - 1)$	0,1 мг/усл.дм ³	0
Азот аммония, мг/дм ³	0,43	$(2,5C_i - 1)$	0,4 мг/усл.дм ³	0,09
Азот нитритов, мг/дм ³	0,004	$(50C_i - 1)$	0,02 мг/усл.дм ³	0
Железо общее, мг/дм ³	0,3	$(3,3C_i - 1)$	0,3 мг/усл.дм ³	0,11
станция выше г. Советска				
Сухой остаток, мг/дм ³	322,19	$(C_i - C_{ф})/100$	100	1,82
рН, ед. рН	6,9	$(6,5 - pH_i)/0,1$ при $pH_i < 6,5$; $(pH_i - 8,5)/0,1$ при $pH_i > 8,5$;	(6,5-8,5) ед. рН	2,22
Фосфор фосфатов, мг/дм ³	0,023	$(10C_i - 1)$	0,1 мг/усл.дм ³	0
Азот аммония, мг/дм ³	0,42	$(2,5C_i - 1)$	0,4 мг/усл.дм ³	0
Азот нитритов, мг/дм ³	0,003	$(50C_i - 1)$	0,02 мг/усл.дм ³	0,05
Железо общее, мг/дм ³	0,3	$(3,3C_i - 1)$	0,3 мг/усл.дм ³	0
п. Ясное				
Сухой остаток, мг/дм ³	321,37	$(C_i - C_{ф})/100$	100	2,2
рН, ед. рН	6,91	$(6,5 - pH_i)/0,1$ при $pH_i < 6,5$; $(pH_i - 8,5)/0,1$ при $pH_i > 8,5$ при $pH_i > 8,5$;	(6,5-8,5) ед. рН	0
Фосфор фосфатов, мг/дм ³	0,022	$(10C_i - 1)$	0,1 мг/усл.дм ³	0
Азот аммония, мг/дм ³	0,44	$(2,5C_i - 1)$	0,4 мг/усл.дм ³	0,12
Азот нитритов, мг/дм ³	0,0046	$(50C_i - 1)$	0,02 мг/усл.дм ³	0
Железо общее, мг/дм ³	0,32	$(3,3C_i - 1)$	0,3 мг/усл.дм ³	0,068

Расчет ПАН за 2023 год

Базовый аналит-маркер, C_i	Среднегодовое значение C_i в пробе воды	Расчетная формула для ПАН $_i$	Целевой Показатель (ЦПи э-ндт)	ПАН, усл. м ³ /м ³
п. Неманское				
Сухой остаток, мг/дм ³	277,6	$(C_i - C_{ф})/100$	100	1,7
рН, ед. рН	7,1	$(6,5 - pH_i)/0,1$ при $pH_i < 6,5$; $(pH_i - 8,5)/0,1$ при $pH_i > 8,5$ при $pH_i > 8,5$;	(6,5-8,5) ед. рН	0
Фосфор фосфатов, мг/дм ³	0,02	$(10C_i - 1)$	0,1 мг/усл.дм ³	0
Азот аммония, мг/дм ³	0,3	$(2,5C_i - 1)$	0,4 мг/усл.дм ³	0

Азот нитритов, мг/дм ³	0,002	(50C _i -1)	0,02 мг/усл.дм ³	0
Железо общее, мг/дм ³	0,2	(3,3C _i -1)	0,3 мг/усл.дм ³	0
п. Большое село				
Сухой остаток, мг/дм ³	283,4	(C _i -C _ф)/100	100	1,8
рН, ед. рН	7,22	(6,5-рН _i)/0,1 при рН _i <6,5; (рН _i -8,5)/0,1 при рН _i >8,5при рН _i >8,5;	(6,5-8,5) ед. рН	0
Фосфор фосфатов, мг/дм ³	0,02	(10C _i -1)	0,1 мг/усл.дм ³	0
Азот аммония, мг/дм ³	0,29	(2,5C _i -1)	0,4 мг/усл.дм ³	0
Азот нитритов, мг/дм ³	0,002	(50C _i -1)	0,02 мг/усл.дм ³	0
Железо общее, мг/дм ³	0,2	(3,3C _i -1)	0,3 мг/усл.дм ³	0
станция выше г. Советска				
Сухой остаток, мг/дм ³	282,99	(C _i -C _ф)/100	100	1,82
рН, ед. рН	7,36	(6,5-рН _i)/0,1 при рН _i <6,5; (рН _i -8,5)/0,1 при рН _i >8,5при рН _i >8,5;	(6,5-8,5) ед. рН	0
Фосфор фосфатов, мг/дм ³	0,024	(10C _i -1)	0,1 мг/усл.дм ³	0
Азот аммония, мг/дм ³	0,31	(2,5C _i -1)	0,4 мг/усл.дм ³	0
Азот нитритов, мг/дм ³	0,004	(50C _i -1)	0,02 мг/усл.дм ³	0
Железо общее, мг/дм ³	0,3	(3,3C _i -1)	0,3 мг/усл.дм ³	0,020
п. Ясное				
Сухой остаток, мг/дм ³	279,04	(C _i -C _ф)/100	100	1,79
рН, ед. рН	7,45	(6,5-рН _i)/0,1 при рН _i <6,5; (рН _i -8,5)/0,1 при рН _i >8,5при рН _i >8,5;	(6,5-8,5) ед. рН	0
Фосфор фосфатов, мг/дм ³	0,02	(10C _i -1)	0,1 мг/усл.дм ³	0
Азот аммония, мг/дм ³	0,32	(2,5C _i -1)	0,4 мг/усл.дм ³	0
Азот нитритов, мг/дм ³	0,0026	(50C _i -1)	0,02 мг/усл.дм ³	0
Железо общее, мг/дм ³	0,25	(3,3C _i -1)	0,3 мг/усл.дм ³	0

Суммарный расчет ПАНб представлен в таблице 3 и рисунке 2.

Таблица 3

Суммарный расчет ПАН^б

Год	Станция	ПАН ^б
2022	п. Неманское	2,2
2022	п. Большое село	2,55
2022	ниже г. Советск	2,38
2022	п. Ясное	2,4
2023	п. Неманское	1,78
2023	п. Большое село	1,83
2023	ниже г. Советск	1,85
2023	п. Ясное	1,79

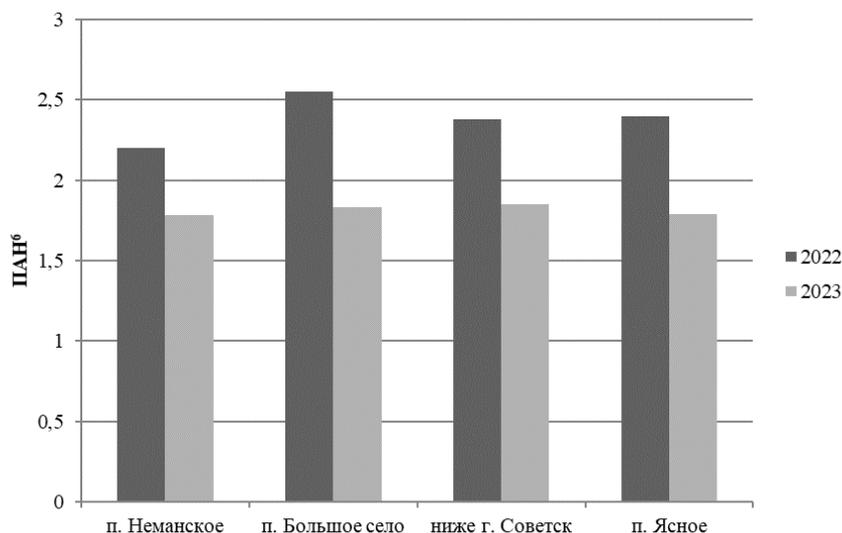


Рис. 2. Динамика среднегодовых значений ПАН⁶ по станциям в реке Неман

Как видно из полученных данных показатель антропогенной нагрузки в 2023 году по сравнению с 2022 уменьшается, что может свидетельствовать об уменьшении антропогенного воздействия на водоток и улучшении процессов его самоочищения. В целом данный показатель относительно не высокий и позволяет оценить экологическое состояние р. Неман на всех станциях обратимое, что очень важно для разработки планов по сохранению и восстановлению естественных промысловых видов рыб.

Заключение

В настоящее время в бассейне реки Неман происходят значительные изменения, связанные с климатом и природоохранной деятельностью, что отражается и на экосистеме реки, поэтому важным аспектом для оценки экологического состояния его водной экосистемы является подбор наиболее показательных индексов и критериев, позволяющих в оперативном режиме отслеживать изменения в экосистеме реки. К одним из таких критериев можно отнести базовый показатель антропогенной нагрузки, который позволяет в рамках импактного мониторинга за короткий промежуток времени получить информацию об экологическом состоянии рассматриваемого участка и оценить влияние хозяйственной деятельности на него.

Поскольку экологическое состояние реки Неман имеет важное значение для существования ихтиоценоза не только самого водотока, но и для ихтиоценоза Куршского залива и Балтийского моря наличие быстро рассчитываемого индекса, такого как ПАН⁶, позволяет в почти в режиме реального времени воздействие антропогенной нагрузки на водную экосистему и выявить за сезонные и годовые изменения соотношения антропогенной нагрузки и самоочищающей способности водного объекта, степень его истощения, а самое главное возможность его самостоятельного восстановления без применения кардинальных природоохранных мер в пределах водосборного бассейна, что очень важно при работе с трансграничными водотоками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегические направления адаптация бассейна реки Неман к изменению климата. Программа развития ООН в Беларуси и Европейская экономическая комиссия ООН /В.Н. Корнев [и др.]. – Брест, 2015. – 68 с.
2. Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов России (Калининградская область) и Литвы / С. В. Шибаев [и др.]. Калининград: «ИП Мишуткина», 2008. 200 с.
3. ГОСТ Р 58556-2019. Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций. - М.: Стандартинформ. - 2019. - 16 с.
4. ГОСТ 59024-2020. Общие требования к отбору проб. – М.: Российский институт стандартизации. - 2023. - 57 с.

5. ГОСТ 18164-72. Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка. - М.: ИПК Издательство стандартов. - 2003. - 4 с.

6. ГОСТ 18309-2014. Вода. Методы определения фосфоросодержащих веществ. - М.: Стандартиформ. - 2015. - 25 с.

7. ГОСТ 33045-2014. Вода Методы определения азотсодержащих веществ. - М.: Стандартиформ. - 2019. - 20 с.

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE NEMAN RIVER BY THE BASIC INDICATOR OF ANTHROPOGENIC LOAD (BIA⁶) IN 2022–2023

¹Krivopuskova Ekaterina Vladimirovna, junior researcher at the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

²Novozhilov Oleg Anatolyevich, Associate Professor, Ph.D. n., Director of the Institute of Fisheries and Aquaculture

³Bartakhova Darya Konstantinovna, 1st year student of the Master's program in the field of "Aquatic Bioresources and Aquaculture"

^{1,2,3}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru; ²oleg.novozhilov@klgtu.ru; ³bartakhova02@mail.ru

The ecological state of the Neman is one of great importance for the existence of the ichthyocenosis not only of the watercourse itself, but also for the ichthyocenosis of the Curonian Lagoon and the Baltic Sea, and the assessment of the level of anthropogenic impact on the ecosystem becomes an important aspect of the formation of plan of territorial management. The use of BIA⁶ allows almost in real time to assess the impact of anthropogenic load on the aquatic ecosystem and to identify seasonal and annual changes in its relationship with the self-purifying capacity of the water body.

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ЕВРОПЕЙСКОЙ РЯПУШКИ ОЗЕРА ВИШТЫНЕЦКОГО В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ

¹Кривоускова Екатерина Владимировна, мл. науч. сотрудник кафедры ВБА

²Новожилов Олег Анатольевич, доцент, канд. биол. наук,
директор Института рыболовства и аквакультуры

³Кирюхина Александра Андреевна,
студентка 1 курса магистратуры «Пищевые биотехнологии»

^{1,2,3}Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия, e-mail: ¹ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru;
²oleg.novozhilov@klgtu.ru; ³ve4no.molodoy098@gmail.com

*Определены состав рациона европейской ряпушки и значимость отдельных его компонентов. Кроме того, были выявлены особенности питания европейской ряпушки в озере Виштынецком на 2022 г., так, в рационе полностью отсутствовали представители вида *Heteroscope appendiculata* и появился новая морфа вида *Eubosmina coregoni* – *Eubosmina coregoni morpha berolinensis*. За последние 50 лет наблюдались изменения в спектре питания, отражающие трансформацию зоопланктонного сообщества озера под воздействием естественных и антропогенных факторов.*

Введение

Европейская ряпушка является среднецикловым видом, потенциал роста которого в большей степени зависит от обеспеченности пищей. В большинстве водоемах максимальные средние размеры особей ряпушки достигают 15-18 см, однако в высококормных водных экосистемах эти значения могут значительно превышать среднемаксимальные. Кроме этого, европейская ряпушка, является одним из важных компонентов ихтиофауны, вступающим в сложные биотические отношения с другими элементами биоценоза. Данный вид, являясь планктонофагом проявляет высокую пищевую пластичность в зависимости от среды обитания, и предлагаемых ею пищевых ресурсов. За частую изучение пищевого спектра европейской ряпушки позволяет сделать вывод не только о поведенческих особенностях популяции в рассматриваемый год, но и расширить данные о видовом составе зоопланктонного сообщества водоема, а также отследить изменения, происходящие в экосистеме на более низких трофических уровнях.

В Калининградской области обитает единственная популяция европейской ряпушки, несмотря на то, что в соседних странах (Польша и Литва) данный вид распространен широко. Это связано, с тем что единственным водоемом, где формируются благоприятные условия для существования данного вида является озеро Виштынецкое, где европейская ряпушка является ценным промысловым видом, обладающим высокой коммерческой ценностью [1].

В период СССР промысел европейской ряпушки на озере Виштынецком велся, начиная с 1962 г., где она являлась основным объектом рыболовства в литоральной части озера. Максимальный зафиксированный вылов в этот период составил 27 т [2]. Однако в последние десятилетия уловы данного вида резко сократились, что привело к почти полному прекращению специализированного лова европейской ряпушки в акватории озера. Оценки запасов остается на прежнем уровне, в тоже время наблюдалось снижение средней длины и навески в уловах, что было косвенным свидетельством стабильного экологического состояния экосистемы.

В последние несколько лет значительно возросло антропогенное воздействия на озеро Виштынецкое за счет увеличения рекреационного потенциала прибрежной территории, вследствие этого отмечаются структурные изменения в планктонных и бентосных сообществах не только прибрежной части озера, но и на глубоководных участках. Отмечается увеличение биомассы фитопланктона, увеличивается частота периодов «цветения» водорослей, в прибрежной части наблюдается накопление органического вещества в донных отложениях.

Европейская ряпушка, являясь облигатным планктонофагом, остро реагирует на любые изменения в экологическом состоянии водоемов, где она обитает. Излишнее накопление органического вещества в прибрежной части может привести к потере части нерестилищ и дальнейшему сокращению уровня пополнения, отсутствия глубинных низкотемпературных зон приводит к замедлению индивидуального роста (при температуре выше 15°C особи почти полностью перестают питаться) и в дальнейшем к заморам. Увеличение биомассы планктонных сообществ приводит к увеличению темпов индивидуального роста, что в свою очередь приводит к увеличению средних размеров и средней навески в уловах, что в последнее время наблюдается в контрольных уловах европейской ряпушки озера Виштынецкого.

Вследствие вышеизложенного изучение особенностей питания европейской ряпушки в современный период в озере Виштынецком является одним из важных аспектов не только контроля за состоянием популяции, но оценки стабильности экосистемы в целом и влияния на нее антропогенной нагрузки.

Целью данного исследования является изучение особенностей питания европейской ряпушки озера Виштынецкого в изменяющихся условиях. Мониторинг структурно-биологических показателей популяции ряпушки озера Виштынецкого наряду с результатами анализа ее пищевого спектра могут быть использованы совместно для оценки экологического состояния водоема.

Материал и методика

Отбор материала для исследования спектра питания европейской ряпушки озера Виштынецкого для данного исследования проводился в летний период в 2022 году в рамках работ по оценке состояния промысловых запасов водоема, осуществляемых кафедрой Водных биоресурсов и аквакультуры. Мониторинговые работы проводились совместно с комплексной оценкой состояния экосистемы, как часть многофакторного анализа его функционирования и динамики.

Обловы популяции европейской ряпушки проводились в пелагиальной части озера при помощи разноячейных ставных сетей, установленных на различных глубинах, также материал отбирался из уловов данной популяции на неспецифических участках ареала обитания в период обловов. Одновременно с отбором ихтиологического материала производился отбор проб для анализа структурных показателей зоопланктонного и зообентосного сообществ водоема.

Обработка проб на питание производилась в лабораторных условиях на базе ихтиологической лаборатории кафедры Водных биоресурсов и аквакультуры методом индивидуальной обработки желудочно-кишечных трактов [3]. В рамках данного исследования был проведен анализ более 40 образцов ЖКТ европейской ряпушки озера Виштынецкого длиной от 10 до 15 см.

Результаты

Европейская ряпушка является типичным пелагическим видом. В озере Виштынецком популяция данного вида формирует ядро пелагического ихтиоценоза и согласно исследованиям [4] европейская ряпушка частота встречаемости на данном участке составляет более 70%. С приближением к берегу частота встречаемости резко падает, такая же картина наблюдается на глубине ниже 25 метров.

В период исследования размерная структура промысловой части популяции европейской ряпушки озера Виштынецкого была представлена особями с длинами от 9 до 17 см. Модальной размерной группой в уловах 2022 года была 14 см, ее доля составила 26,1 % от всех выловленных рыб данного вида (Рисунок 1). Данная размерная структура промысловой части популяции остается неизменной на протяжении более 15 лет, однако наблюдаются межгодовые колебания модальной группы [5].

Доля особей с размерами более 16 см достаточно низка, однако в последние несколько лет наблюдается увеличение численности особей данной размерной группы. Так, в период с 2010 по 2018 данная размерная группа была представлена в уловах единичными особями, а начиная с 2020 доля «большеразмерных» особей начинает увеличиваться. Относительно низкая численность размерных групп более 15 см закономерно связана с высокой смертностью, в тоже время отмеченная тенденция к увеличению их доли в размерной структуре может быть связана с тремя факторами: высоким пополнением, низкой естественной и промысловой смертностью, а также с благоприятным развитием кормовой базы.

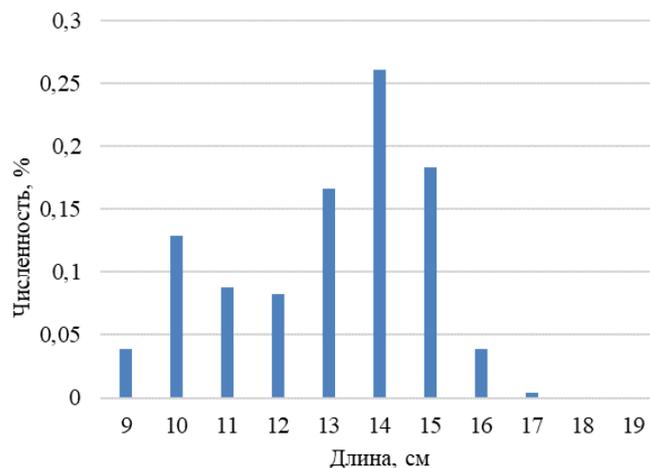


Рис. 1. Размерная структура европейской ряпушки в уловах оз. Виштынецкого в 2022 г.

В рассматриваемый период в составе пищевого комка европейской ряпушки озера Виштынецкого было обнаружено 14 таксономических групп, из них к зоопланктонному сообществу относились только 10 относящихся к массовым пелагическим видам.

В рационе европейской ряпушки главными компонентами были представители ветвистоусых (подотр. Cladocera) и веслоногие ракообразных (подкл. Copepoda). Также единично в питании присутствовали представители класса Insecta (отр. Hydrachnidia, сем. Chironomidae) и сем. Chaoboridae (*Chaoborus crystallinus*) относящиеся к зообентосному сообществу, а у отдельных «мелкоразмерных» особей (9-10 см) в питании значительную долю пищевого комка составляли водоросли.

Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) в пищевом комке были представлены следующими семействами: Daphniidae, Bosminidae и Leptodoridae. Представители этого подотряда являлись преобладающей группой в питании европейской ряпушки озера Виштынецкого, их доля составляет 77,5 %. Веслоногие ракообразные (Copepoda), они были представлены отрядами Cyclozoidea и Harpacticzoidea их доля составила 17,42%. В группу прочие были объединены все найденные представители зообентосного сообщества и фитопланктон.

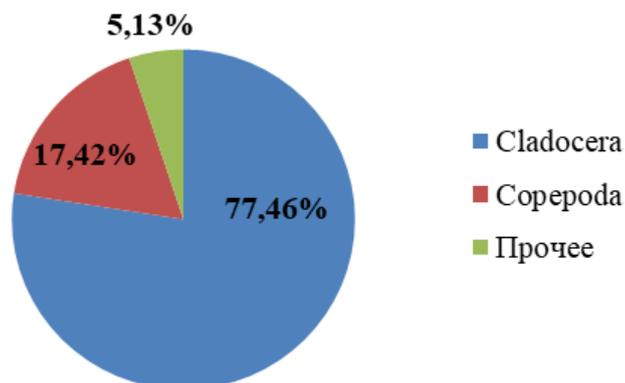


Рис. 2. Структура рациона европейской ряпушки озера Виштынецкого в июне 2022 г (соотношение по численности)

Доминирующим видом по численности в пищевом комке являлись представители сем. Bosminidae - *Eubosmina coregoni* (54,73%) и *Bosmina longirostris* (15,47%). Среди веслоногих ракообразных (Copepoda) отряд Cyclozoidea являлся доминирующей группой (частота встречаемости 14,05%).

По биомассе также, как и по численности преобладают представители отряда Cladocera (83,4%). Это связано с их высокой численностью в исследуемых образцах, что закономерно в виду доминирование данных таксономических групп в пелагической части зоопланктонного сообщества. Биомасса группы прочее была мала и составляла 0,04% от общей биомассы организмов в пищевом комке (Рисунок 3).

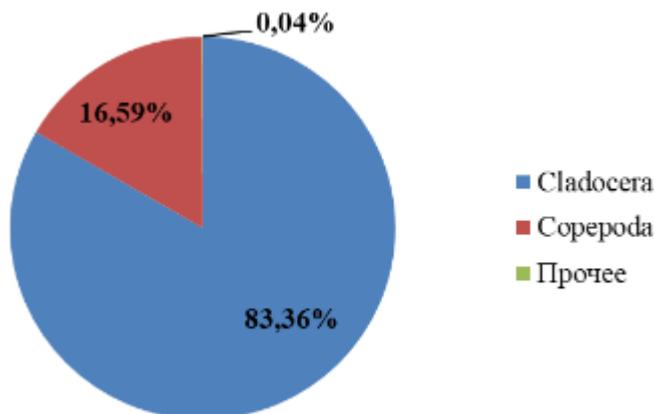


Рис.3. Структура рациона европейской ряпушки озера Виштынецкого в июне 2022 г (соотношение по биомассе)

В течение лета 2022 года главную роль по биомассе в рационе европейской ряпушки играли крупные ветвистоусые ракообразные вида *Daphnia cucullata* (40,34%), доля веслоногих ракообразных, несмотря на относительно крупные размеры особей, была не высока. Также в ходе исследований была обнаружена новая морфа вида *Eubosmina coregoni* - *Eubosmina coregoni morpha berolinensis* (Рисунок 4), которая не упоминалась в исследованиях предыдущих лет. Она имеет более вытянутую форму, больший размер по сравнению с классической морфой и, соответственно, большую массу. Частота встречаемости данного вида составляла 58,3 %.



Рис. 4. *Eubosmina coregoni morpha berolinensis* (фото Кирюхиной А.А.)

Наряду с зоопланктонными организмами, как уже было отмечено ранее, в желудках европейской ряпушки отмечены личинки и куколки сем. Chironomidae, части воздушных насекомых. Иногда бентосные организмы достигали до 78-99% от веса пищевого комка. Большинство из них могли быть схвачены в толще воды в момент подъема со дна к поверхности. Этот способ питания, а также потребление воздушных насекомых, падающих в воду, является закономерным явлением, поскольку европейская ряпушка может захватывать крупную добычу в толще воды или вблизи поверхности. Из нехарактерных объектов питания можно выделить водных клещей (Hydrachnidia), что связано с заходом отдельных особей в прибрежную акваторию и подтверждалось наличием в уловах особей европейской ряпушки на прибрежных станциях (глубина до 5 м).

Необходимо отметить, что, как и в предыдущие годы [6], зафиксировано большое количество паразитов в отдельных исследуемых ЖКТ, сопровождающееся обильным количеством слизи и малым количеством пищевых объектов. Самая высокая зараженность приходится на паразита - *Proteocerphalus exiguus*. Это говорит об интенсивном питании ряпушки зоопланктоном, а именно его копепоидными формами представителей подкл. Сорерода. Данный паразит обнаруживается в течение всего летнего периода, в кишечнике одновременно находятся взрослые паразиты с хорошо сформированной стробилой и совсем молодые формы, что свидетельствует о постоянной инвазии особей европейской ряпушки в озере Виштынецком [7]. Экстенсивность заражения ряпушки очень высокая.

Значимых различий в спектре питания особей европейской ряпушки с увеличением длины не наблюдалось, что связано с небольшими размерами особей данного вида в озере, а также отсутствием значимых различий в расстоянии между жаберными лепестками и жаберными дугами особей различных размерных групп популяции, что характерно для всех «мелких» популяций европейской ряпушки. Зависимость спектра питания от размера особей отмечалось только при сравнении младшевозрастных групп (0+) и старшевозрастных (2+ и более).

Для того чтобы выявить наиболее излюбленные объекты европейской ряпушки в зоопланктонном сообществе озера Виштынецкого был использован индекс IRI. Индекс относительной важности (Index of Relative Importance (IRI)) - позволяет учитывать все недостатки оценки численности, биомасс и частоты встречаемости каждого отдельного вида [8].

Многочисленные мелкие виды не дают в полной мере оценить значимость малочисленных крупных организмов встречающихся в питании европейской ряпушки озера Виштынецкого и согласно литературным данным должны быть излюбленными объектами данного вида, различная активность пищеварения у особей искажает биомассу организмов, а частота встречаемости чувствительны к погрешности выборки, данный индекс позволяет исключить эти погрешности и выявить наиболее важные компоненты в спектре питания данного вида в озере Виштынецком (Таблица).

Таблица

Индекс относительной важности (IRI)

Вид	Встречаемость, %	IRI (2022)	IRI (2012)
<i>Bosmina longirostris</i>	77,70	27,56	24,78
<i>Chaoborus crystallinus</i>	2,8	0,56	-
сем. Chironomidae	16,7	3,51	3,46
под кл. Serepoda	30,5	6,85	6,77
отр. Cyclopoida	58,3	19,85	19,15
<i>Cyclops abyssorum</i>	8,3	1,69	-
<i>Daphnia cucullata</i>	58,3	13,26	15,03
<i>Eubosmina coregoni</i>	91,7	68,52	67,01
<i>Eubosmina coregoni morpha berolinensis</i>	58,3	14,22	-
отр. Harpacticoida	8,3	1,68	-
отр. Hydrachnidia	38,9	8,87	-
кл. Insecta	8,3	1,70	0,99
<i>Leptodora kindtii</i>	5,5	1,10	2,14
<i>Megacyclops sp.</i>	2,8	0,57	-
<i>Sida crystallina</i>	2,8	0,56	-

Анализ данных показал, что даже с учетом влияния многочисленных мелких организмов важными пищевыми объектами (IRI > 10) были виды *Eubosmina coregoni* и *Bosmina longirostris* доминирующие по численности и по биомассе, также к группе важных объектов можно отнести представителей отряда Cyclopoida, вид *Daphnia cucullata* и морфу *Eubosmina coregoni morpha berolinensis*.

Сравнительный анализ данных о рационе европейской ряпушки в период 1975-2022 показал, что за последние 50 лет спектр питания особей популяции претерпел некоторые изменения. В 2022 году в питании ряпушки появляются такие объекты как Hydrachnidia, *Eubosmina coregoni morpha berolinensis*, *Sida crystallina*, которые отмечались в предыдущих исследованиях. К неизменным пищевым объектам можно отнести *Daphnia cucullata*, различных представителей отр. Cyclopoida, *Eubosmina coregoni* и *Leptodora kindtii*. Однако необходимо отметить, что по сравнению с предыдущими годами *Leptodora kindtii* в 2022 году представлена единичными экземплярами в ЖКТ, тогда как ранее частота встречаемости данного вида была намного больше. Вид *Bythotrephes longimanus balticus* начиная с 2012 года не отмечается в рационе европейской ряпушки, тогда как согласно прошлым исследованиям являлся излюбленным объектом питания.

В целом спектр питания европейской ряпушки озера Виштынецком в полной мере отражает структуру зоопланктонного сообщества его пелагиальной зоны. Изменения отмеченные в результате исследования наблюдаются также и в структуре зоопланктона. Вид *Bythotrephes longimanus balticus* практически не встречается в озере и полностью отсутствует в рационе исследуемого объекта, доли видов *Leptodora kindtii*, *Eudiaptomus graciloides* и *Heteroscope appendiculata* в окружающей среде, также низки.

Заключение

Европейская ряпушка является облигатным планктонофагом и будучи визуальным хищником, полагается на оптические характеристики окружающей среды и заметность добычи для эффективного кормления. Из-за морфологических (размер, форма, пигментация) и поведенческих особенностей (подвижность) различные таксоны планктонных ракообразных в большей или меньшей степени подвержены нападению рыб. Крупные и трудноуловимые ракообразные, особенно представители родов *Daphnia* и *Leptodora*, как правило, являются предпочтительными объектами питания для *Coregonus* sp. Более мелкие ракообразные, такие как *Bosmina* sp., потребляются в больших количествах, когда они в изобилии присутствуют в окружающей среде, а более крупных представителей подотряда Cladocera мало. Веслоногих рачков из-за их уклончивого поведения не так-то легко поймать европейской ряпушки, однако сообщалось о значительной доле представителей подкласса Copepoda в рационе сига в периоды низкой нагульности, особенно. Также замечено, что *Coregonus* sp. потребляет организмы отряда Cyclopoidea в больших количествах, чем Calanoida, которые в большинстве случаев подвергались негативному отбору [9].

На рацион европейской ряпушки озера Виштынецкого влияет ряд факторов, таких как структурные показатели кормовой базы и уровень ее развития, температура воды, хищничество или другие внутри- и межвидовые факторы, стадия развития рыбы. В тоже время для данного вида характерны незначительные различия в спектре питания в зависимости от размера, за исключением младшевозрастным групп (0+) ввиду возрастной разницы расстояний между жаберными лепестками на жаберных тычинках.

В целом рацион европейской ряпушки достаточно стабилен на протяжении длительного периода исследования достаточно стабилен и представлен 14 основными таксономическими группами, главными компонентами ее рациона являются представители отряда Cyclopoidea и сем. Bosmiidae, но соотношение существенно зависит от температурных условий в водоеме. Изменения в качественном и количественном составе питания ряпушки приурочены к аномально теплым периодам, а также периодам гомотермии.

В тоже время наблюдаются многолетние изменения спектра питания исследуемой популяции, отражающие изменения происходящие в экосистеме озера на более низких трофических уровнях и связанных с увеличивающимися темпами антропогенной нагрузки, изменениями в водном балансе озера и климатическими изменениями в регионе. Кроме этого, наблюдаемые особенности в видовые структуры пищевого комка в полной мере отражают аномалии в пространственном распределении популяции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривоускова Е.В. Характеристика состава пищи ряпушки (*Coregonus albula*, L) озера Виштынецкого (Калининградская область) / Е.В Кривоускова, Е.А. Масюткина, А.В. Соколов, М.Н. Шibaев // Известия КГТУ. – 2014. – №32. – С. 107–115.
2. Шibaев С.В. Первые результаты оценки численности рыб методом гидроакустики в оз. Виштынецком Калининградской области / С.В. Шibaев, А.И. Дегтев, А.В. Алдушин, А.В. Соколов // Труды V научной конференции «Инновации в науке и образовании – 2007» (23-25 октября). – 2007. – Калининград: КГТУ, 2007. – С. 97-98.
3. Методические рекомендации по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. – Москва: Наука, 1974. – 253 с.
4. Алдушин А.В. Пространственно-временная динамика пелагического ихтиоценоза олиготрофного озера на примере озера Виштынецкого: автореф. дисс. кандидата биологических наук. – Калининград, 2021. – 24 с.
5. Кривоускова Е.В., Соколов А.В. Изменения размерно-возрастной структуры популяции европейской ряпушки озера Виштынецкого (Калининградская область) в период с 2007 по 2016 гг. // Вестник молодежной науки. 2017. – № 3 (10). – С. 23.
6. Кривоускова Е.В., Мычкова А.В., Шibaев С.В., Соколов А.В. Характеристика питания европейской ряпушки озера Виштынецкого в периоды с различной интенсивностью потребления

пищи. // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке (12-14 апреля 2017): в 2 ч./ ответственный за выпуск Н.Г. Клочкова. – Ч I. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2017. – С. 125-129.

7. Евдокимова Е.Б. Паразитофауна ряпушки (*Coregonus albula*, L) озера Виштынецкого / Евдокимова Е.Б., Заостровцева С.К., Авдеева Е.В., Шибяев С.В., Григоренко Е.А. // Известия КГТУ. – 2018. – №50. – С. 48-56.

8. L. Pinkis, M. S. Oliphant and et.al. Food habits of Albacore, Bluefin tuna, and Bonito in California waters // Fish Bulletin. – 1971. – №152.– p. 5-10

9. Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоема / Ю. С. Решетников, О. А. Попова, О. П. Стерлигова [и др.] ; отв. ред. М. И. Шатуновский . - Москва : Наука, 1982. - 247 с.

FEEDING FEATURES OF VENDACE IN THE LAKE VISHTYNETSKOYE UNDER CHANGING CONDITIONS

¹Krivopuskova Ekaterina Vladimirovna, junior researcher at the Department of Aquatic Biore-sources and Aquaculture

²Novozhilov Oleg Anatolyevich, Associate Professor, Ph.D. n., Director of the Institute of Fisher-ies and Aquaculture

³Kiryukhina Alexandra Andreevna, 1st year student of the Master's program in the field of "Food Biotechnology"

^{1,2,3}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru; ²oleg.novozhilov@klgtu.ru;
³ve4no.molodoy098@gmail.com

*Based on research data, this article provides description of the diet composition and the significance of its individual components of the vendace population of Lake Vishtynetskoye. In addition, were identified the feeding habits of this species in the analyzing period: the species *Heterocope appendiculata* were completely absent in the diet of vendace and new morph of the species *Eubosmina coregoni* appeared – *Eubosmina coregoni* morpha *berolinensis*. Over the past 50 years, have been observed changes in the diet spectrum, which reflecting the transformation of the zooplankton community of the lake under the influence of natural and anthropogenic factors.*

МОНИТОРИНГ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КУРШСКОГО ЗАЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДЗЗ

¹Меньшенин Александр Сергеевич, заведующий лабораториями кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

²Новожилов Олег Анатольевич, директор института рыболовства и аквакультуры

³Ляхов Артем Владиславович, магистрант

^{1,2,3}Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия, e-mail: ¹aleksandr.menshenin@klgtu.ru

Анализируется метод исследования динамики зарастания водных объектов с использованием средств дистанционного зондирования Земли, а именно спутникового мониторинга. Описаны общие подходы для определения границ зарастания водных объектов. Рассматриваются основные модели и спектральные каналы, которые могут использоваться в определении границ зарастания водных объектов.

Введение

Зарастание - естественный процесс в динамике экосистем водных объектов. Некоторые авторы считают, что умеренное зарастание (до 20 % акватории) положительно влияет на развитие литоральной фауны и создает благоприятные условия для обитания разнообразных организмов [1]. Водоемы с биомассой растительности, не превышающей 25 т/га, практически не оказывают отрицательного влияния на формирование продуктивности. Однако, если биомасса растительности слишком высока (более 25 т/га) и растительность занимает более 50% площади, негативные последствия становятся все более очевидными. В результате рыбопродуктивность на нерестилищах снижается на 20-40%. Чрезмерное поглощение макрофауной биологических элементов ослабляет интенсивность всех последующих продукционных процессов и постоянно снижает биомассу фитопланктона и зоопланктона [2]. Степень и скорость зарастания определяется рядом факторов, среди которых наиболее значимыми являются: мелководность и трофический статус водоема. Одним из основных факторов, определяющих зарастание, является также колебание уровня воды в водоеме. В зарастании озер участвуют как погруженные водные растения (гидрофиты), так и воздушно-водные, или гелофиты [3]. Повышение уровня воды обычно негативно сказывается на литоральных сообществах водных растений, приводя к значительному сокращению площади мелководных зон водоема. Заиление грунтов и общее потепление климата способствуют интенсивному распространению воздушно-водных растений в береговой зоне.

Однако полученные данные по степени зарастания Куршского залива требуют верификации, что объясняется нерегулярностью исследований и отсутствием системы постоянного мониторинга. В данной работе представлен подход к определению динамики зарастания водных объектов на примере Куршского залива.

Мониторинг высшей водной растительности Куршского залива с использованием данных ДЗЗ

Участки с зарослями высшей водной растительности в поверхностном слое воды определяли по данным дистанционного зондирования Земли. В качестве источника для дешифрирования данных ДЗЗ были задействованы снимки 2021–2024 гг. со спутников группы Landsat (использовали каналы с разрешением 10 м), находящиеся в открытом доступе на сайте <https://eos.com>. Для дешифрирования выбирали малооблачные снимки, сделанные в период с мая по сентябрь, когда большинство водных растений находятся в стадии вегетации. Всего было проанализировано 21 разновременных снимка.

В ходе работ для определения границ водоёма проводили расчёт нормализованного разностного водного индекса (англ. Normalized Difference Water Index – NDWI) [4], а для выделения зарослей ВВП –

нормализованного разностного вегетационного индекса (англ. Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) [5] и индекса растительности с поправкой на воду (англ. Water Adjusted Vegetation Index – WAVI) [6]. Основным объектом при классификации снимков ДЗЗ были гелофиты, у которых часть побегов находится в воде, а часть располагается над водной поверхностью. Площадь зарастания акватории ВВР определяли на основе результатов вычисления NDVI и WAVI, рассчитываемых по формулам:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, WAVI = (1 + L) \frac{NIR - BLUE}{NIR + BLUE + L}$$

где NIR (англ. near infrared) – отражение в ближней инфракрасной области спектра (канал В4); RED – в красной области видимого спектра (канал В3); BLUE – в синей области видимого спектра (канал В2); L – поправочный коэффициент фона (растительного покрова), принимающий значения от 0 до 1 [6].

Значения NDVI и WAVI ниже нуля соответствовали участкам открытой воды, свободным от высшей водной растительности, значения вегетационных индексов выше нуля – зарослям водных растений. После расчёта NDVI и WAVI и выявления участков, занятых высшей водной растительностью, создавали векторные слои, состоящие из полигональных объектов. Площади полигонов рассчитывали автоматически встроенной в геоинформационную систему QGIS (англ. Quantum Geographic Information Systems) функцией расчёта площади в инструменте «Калькулятор полей», затем суммировали. Для обработки данных использовали программный продукт QGIS Desktop 3.26.3. Верификацию полученных при расчёте NDVI и WAVI результатов проводили по данным подспутниковых наблюдений и снимкам с сервиса Google Планета Земля Pro (англ. Google Earth Pro).

На примере мониторинга северо-восточной части Куршского залива [7-8], наибольшую площадь занимает кубышко-камышовая ассоциация (289,25 га). Также распространены заросли тростника, образующего широкие пояса прибрежных зарослей (176,57 га). Меньшие площади занимают камышево-рдестовая (23,87 га), кубышко-рдестовая (19,2 га) и рдестово-роголистниковая (15,1 га). Одиночные заросли урути колосистой (30,2 га), камыша озерного (20,2 га) и рдеста гребенчатого (11,8 га) занимают обширные площади северо-восточной части Куршского залива (рисунок 1).

Согласно данным подспутниковых наблюдений и дешифрирования космоснимков, интенсивность зарастания Куршского залива в период 2021–2024 гг. была невысокой. Минимальная площадь зарастания растительностью акватории водоёма зафиксирована в 2022 г., что было связано с влиянием температурного режима среды. Средняя температура воздуха в июле 2022 г. составляла 16,62 °С, в то время как в другие годы исследования – 17,37–20,72 °С.

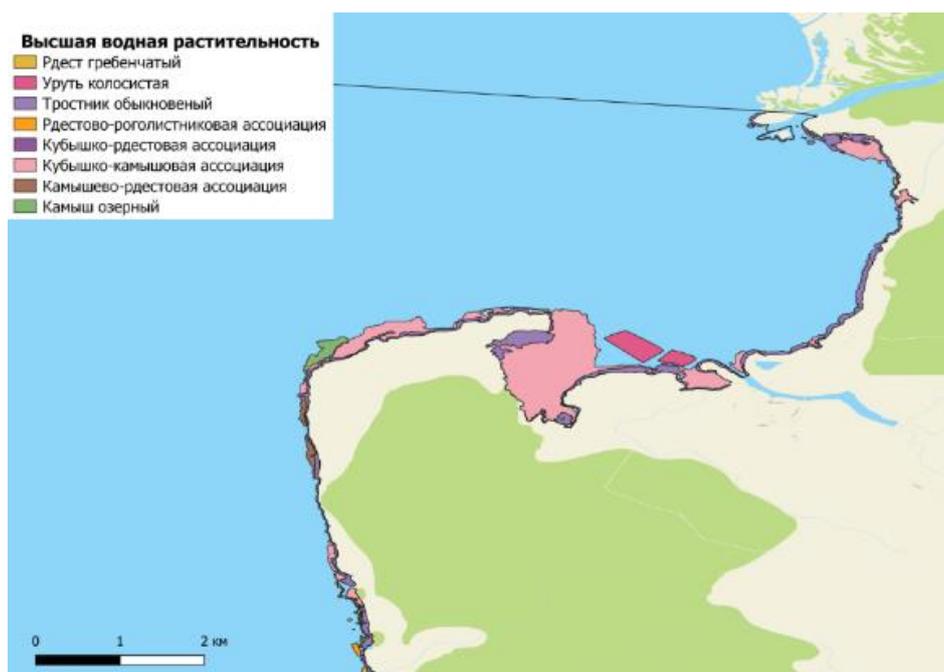


Рис. 1. Карта зарастаемости Куршского залива (2022 г.)

Процессы зарастания акватории, наблюдаемые нами в Куршском заливе, аналогичны процессам, описанным в работе [3] для равнинных водохранилищ с относительно постоянным уровнем воды. Распространение зарослей ВВР вглубь изучаемого водоёма сдерживается большими глубинами, невысоким содержанием питательных элементов в воде и донных отложениях водоёма. В целом по степени зарастания ВВР Куршский залив можно отнести к умеренно заросшим водоёмам.

Выводы

С помощью данных подспутниковых наблюдений и результатов дешифрирования космоснимков со спутника Landsat 7 выделены участки растительности в Куршском заливе, ежегодно или периодически занимаемые зарослями настоящих водных и прибрежно-водных растений, а также участки с открытой водой. Расчёт вегетационных индексов NDVI и WAVI позволил определить площадь зарастания акватории высшей водной растительностью и оценить степень зарастания изучаемого водоёма. Полученные данные проведённого исследования акватории Куршского залива по распространению высших водных растений могут быть использованы в гидробиологических исследованиях и для анализа рыбохозяйственной ценности водоёма.

Спутниковый мониторинг водных объектов может быть рассмотрен в качестве составляющей единой системы мониторинга водных объектов, так как при наличии ряда натуральных наблюдений позволяет вести дистанционное исследование водоемов.

Необходимо продолжать дальнейшее исследования методов спутникового мониторинга и применять на практике полученные модели определения различных показателей для идентификации выявленных типов загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садчиков А. П. Экология прибрежно-водной растительности : учебное пособие для студентов по специальности 013500 "Биоэкология" и другим биологическим специальностям / А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов ; А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Междунар. биотехнол. центр МГУ, Каф. гидробиологии МГУ. – Москва : НИА-Природа, 2004. – 220 с.
2. Чавычалова Н.И., Кушнарченко А.И. ВЛИЯНИЕ ЗАРАСТАЕМОСТИ НЕРЕСТИЛИЩ МАКРОФИТАМИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА СЕВЕРОКАСПИЙСКОЙ ВОБЛЫ. Юг России: экология, развитие. 2008; 3(4) – 134-141 с.
3. Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья: [Монография] / В. Г. Папченков; Рос. акад. наук. Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина. – Ярославль : МУБиНТ, 2001. – 213 с.
4. Ji L, Zhang L, Wylie B. Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2009; 75(11):1307-17.
5. Aguilar, C.; Zinnert, J.C.; Polo, M.J.; Young, D.R. NDVI as an Indicator for Changes in Water Availability to Woody Vegetation. *Ecol. Indic.* 2012,23, 290–300.
6. Villa, P.; Mousivand, A.; Bresciani, M. Aquatic Vegetation Indices Assessment through Radiative Transfer Modeling and Linear Mixture Simulation. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2014,30, 113–127.
7. Меньшенин, А. С. Исследования особенностей видовой структуры ихтиоценоза в биотопах макрофитов Куршского залива / А. С. Меньшенин, С. В. Шibaев // Современные методы оценки и рационального использования водных биологических ресурсов : Тезисы международной научно-практической конференции, Москва, 20–24 ноября 2023 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2023. – С. 90-92.
8. Мурашко, П. А. Первые результаты исследования высшей водной растительности российской прибрежной части Куршского залива / П. А. Мурашко, А. С. Меньшенин, С. В. Шibaев // Балтийский морской форум : материалы X Международного Балтийского морского форума : в 7 т., Калининград, 26 сентября – 01 2022 года. Том 3. – Калининград: Обособленное структурное подразделение "Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Калининградский государственный технический университет", 2022. – С. 82-87.

MONITORING OF HIGHER AQUATIC VEGETATION CURONIAN LAGOON USING REMOTE SENSING DATA

¹Menshenin Aleksandr Sergeevich, Head of Laboratories of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

²Novozhilov Oleg Anatolyevich, Director of the Institute of Fisheries and Aquaculture

³Lyakhov Artyom Vladislavovich, master student

^{1,2,3}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹aleksandr.menshenin@klgtu.ru

The paper analyzes a method for studying the dynamics of overgrowth of water bodies using remote sensing of the Earth, namely satellite monitoring. General approaches for determining the boundaries of overgrowth of water bodies are described. The main models and spectral channels that can be used in determining the boundaries of overgrowth of water bodies are considered.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМОВ СИСТЕМЫ ГОЛУБЫХ ОЗЕР ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В 2023 Г.

¹Моисеенко Валентина Валерьевна, аспирант, техник лаборатории гидробиологии

²Цупикова Надежда Александровна, канд. геол.-мин. наук,
доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

³Попов Андрей Андреевич, аспирант

⁴Севостьянов Никита Владимирович, аспирант

^{1,2,3,4}Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия, e-mail: ²Tsoupikova@klgtu.ru

¹Атлантический филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии (АтлантНИРО),
Калининград, Россия, e-mail: ¹moiseenko@atlant.vniro.ru

Цель – оценить экологическое состояние водоемов карьерного происхождения по результатам гидрохимического мониторинга в течение всех сезонов 2023 г. В ходе полевых выездов осуществлялся отбор пробы воды на трех береговых станциях на каждом из двух водоемов системы «Голубых озер». По результатам проведенных гидрохимических исследований сделаны выводы об экологическом состоянии исследованных водоемов. Установлено, что пруд Форелевый, имеющий непосредственную связь с Калининградским заливом, несмотря на большую площадь водного зеркала, больший объем вод и иную форму рекреационного использования, является более загрязненным, чем озеро Голубое, с сохраняющейся тенденцией к дальнейшему эвтрофированию. Содержание растворенных биогенных веществ в водах обоих объектов в 2023 г. повышено по сравнению с результатами более ранних исследований.

Голубые озера – это комплекс искусственных водоемов разного размера, возникших в 1960-1970-е годы в результате заполнения пресной водой карьеров, образовавшихся после выемки песка и гравия для завода по производству железобетонных изделий в пос. Прибрежном. Фактически данные водные объекты являются не озерами, а обводненными карьерами, но в большинстве источников упоминаются как «озера». Котловины прудов группы «Голубые озера» имеют типичный для водоемов карьерного типа очень сложный рельеф дна и довольно большие глубины.

Пруды в пределах гидрологической системы разделены дамбами высотой от 0,5 до 1,0 м, от Калининградского залива отделены земляной перемычкой неравномерной ширины – от 200 до 20 м. На пруду Форелевом с 1976 года долгое время действовало форелевое хозяйство, расположенное на северо-западном берегу озера, отчего за водоемом и закрепилось соответствующее название. В настоящее время оба водоема являются объектами любительского рыболовства и активно используются для отдыха и купания, независимо от рекомендаций администрации города по местам, разрешенным к купанию [1].

Самым крупным в данной системе водоемом является пруд Форелевый (1,12 км²). Также этот водоем является наиболее глубоким, его средняя глубина составляет 15 м, а наибольшая – 25 м [1]. Пруд «Озеро Голубое», расположенное к западу от Форелевого, имеет значительно меньшую акваторию (0,18 км²). Сильно обособленная, обмелевшая и переувлажненная северо-восточная часть водоема пересыхает в засушливые летние периоды [2].

Различия в гидролого-гидрологическом режиме и экологическом состоянии данных карьеров обусловлены не только неодинаковыми размерами, но и особенностями режима проточности. Пруд Форелевый имеет связь с Вислинским (Калининградским) заливом в северо-восточной части. Ветровой режим – основной фактор, формирующий динамику водообмена у дамбы. Преобладающее направление ветров в Калининградской области способствует затоку солоноватых вод залива в пруд

Форелевый, что повышает его минерализацию [2]. Карьеры данной водной системы питают преимущественно грунтовые воды, атмосферные осадки, местами – сток с прилегающей заболоченной местности.

Целью настоящей работы является сопоставление водоемов карьерного типа со сходным происхождением, географическим положением и назначением

Материалы и методы

Объектами исследования настоящей работы являются два водоема карьерного типа, расположенных на юго-западной периферии Калининграда. Регулярный мониторинг пруда Форелевого ведется кафедрой водных биоресурсов и аквакультуры с 2015 г., Голубого – с 2017 г., отдельные рейдовые съемки выполнялись с 1984 г. [1]. Современное экологическое состояние водоемов оценивалось по материалам 2023 года, в течение которого пробы воды отбирались на химический анализ ежесезонно в утренние часы в прибрежной части акватории, на глубине более 0,5 м. Расположение станций отбора проб продемонстрировано на рис. 1.

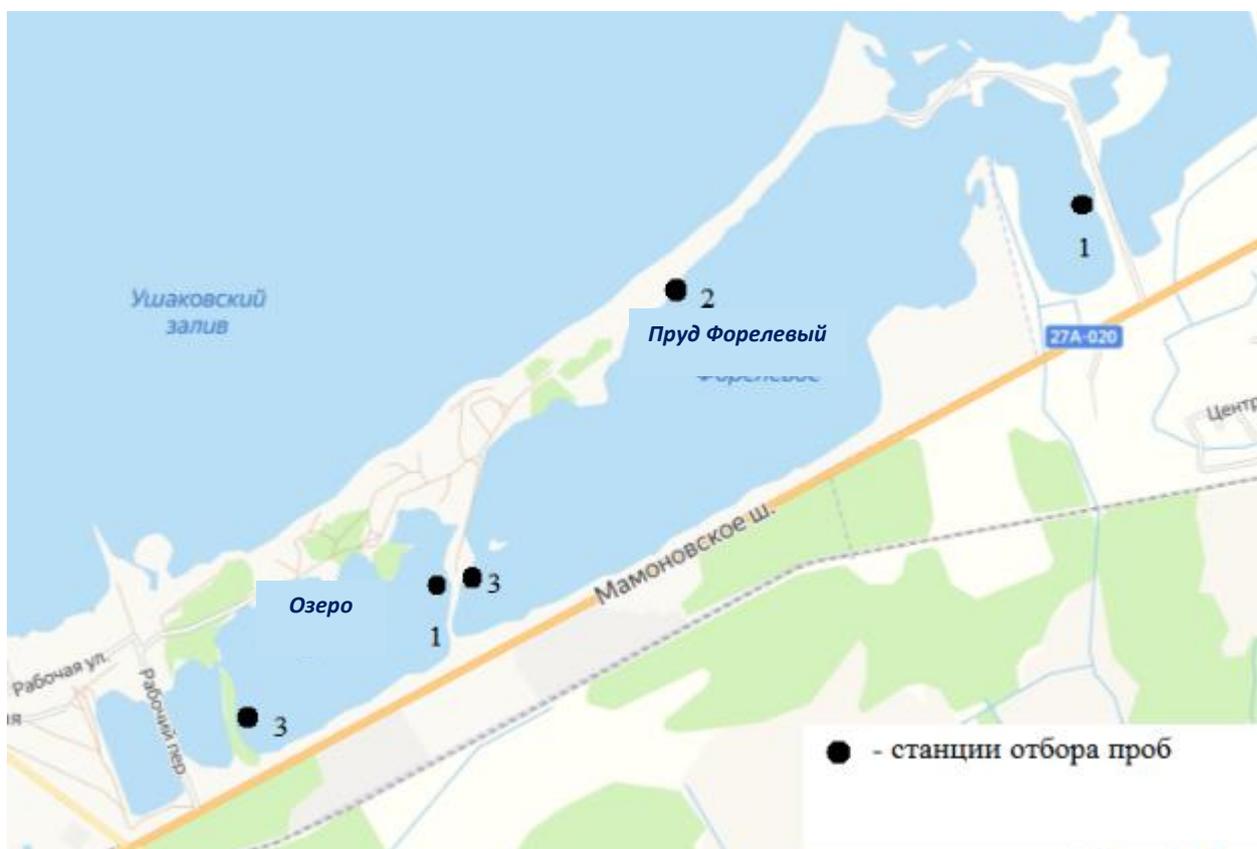


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб воды

Параллельно с отбором проб воды производились измерения температуры воды, прозрачности, электропроводности, величины водородного показателя. Гидрохимический анализ доставленных проб выполнялся в лаборатории кафедры водных биоресурсов и аквакультуры и включал определение растворенного кислорода, величины перманганатной окисляемости, содержания азота аммонийного, нитритов, фосфора фосфатов, железа общего в соответствии с общепринятыми методиками [3, 4]. Оценку качества воды проводили в соответствии с ГОСТ 17.1.2.04-77 [5] и классификацией поверхностных вод суши по О.П. Оксьюк и В.Н. Жукинскому [6].

Результаты и обсуждение

Температура воды во время отбора проб практически не имела отличий между карьерами, в Форелевом, в целом, на всех станциях температура была всегда несколько ниже – до 1 °С (рис. 2). Весной температура воды быстро поднялась до значений около 20 °С на прибрежных станциях, максимальных значений она обычно достигает в конце июня – первой половине июля. За счет столь же быстрого спада осенью температура воды уже к октябрю снизилась до 7 °С, но на момент отбора проб в декабре сохраняла положительные значения – 5 и 4 °С в прудах Голубом и Форелевом соответственно.

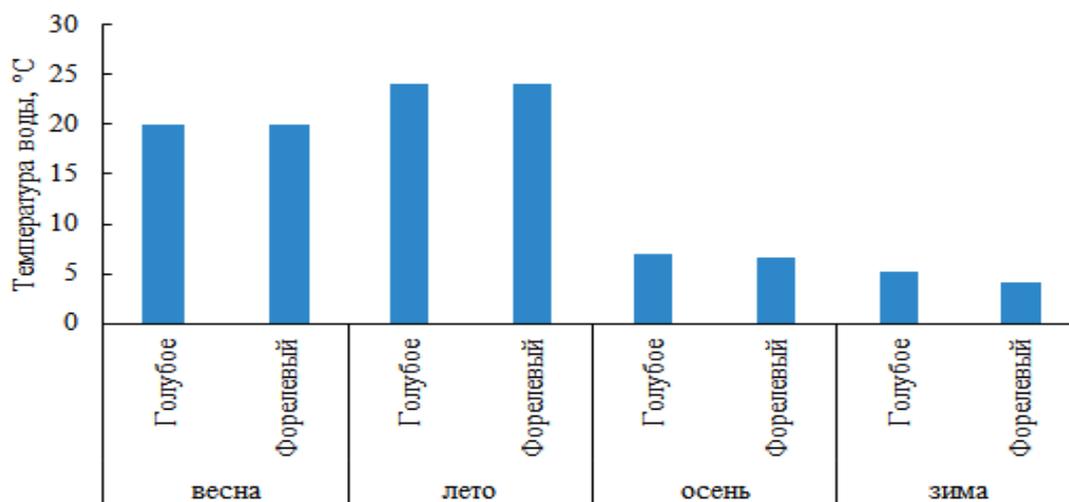


Рис. 2. Температура воды (по сезонам) в Голубых озерах

Прозрачность вод Форелевого и Голубого различается. В первом не достигает 1 м и в среднем по станциям колеблется от 0,8 до 0,9 м. Воды в пруду Голубом обладают большей прозрачностью (от 1,0 до 1,6 м, с увеличением значений от восточного берега к западному).

Величина рН весь период исследования колебалась в диапазоне от 6,8 до 8,6, что, согласно ГОСТ-17.1.2.04-77 [5], соответствует категории «нормальных вод», и в августе в юго-западной части пруда Форелевого возрастает до категории «подщелочные».

Для данной системы обводненных карьеров характерны повышенные значения электропроводности воды, закономерно коррелирующие с минерализацией. При этом не всегда рост температуры воды приводил к увеличению ее электропроводности, особенно в пруду Форелевом, непосредственно связанном с водами Калининградского залива. Ранее было установлено, что весомую долю в минерализации этого карьера составляют хлориды [1, 2]. С учетом коэффициента пересчета, составляющего 0,5-0,55 для NaCl [7], минерализация вод пруда Форелевого достигает 2800-3300 мг/л и увеличивается к востоку, в озере Голубом составляет 1100-1660 мг/л. Таким образом, воды системы карьеров относятся к солоноватым и варьируют в пределах от олиго- до бетамезогалобных [5].

Многолетний мониторинг пруда Форелевого показал, что для него типичен значительный диапазон колебаний величин насыщения воды кислородом: от крайне низкого во все сезоны 2015 г. до часто наблюдавшегося перенасыщения в 2023 г. В обоих прудах в холодный период 2023 г. относительное содержание кислорода в воде колебалось от 80% до 100% по станциям. Летом и осенью распределение растворенного кислорода было менее однородным: в Голубом наблюдалось перенасыщение – от 150%, в то время как в Форелевом насыщение воды кислородом сильно колебалось между станциями (134-182 % – летом, и 110-215 % – осенью).

Кислородные условия в исследуемых прудах в 2023 году в целом благоприятные, концентрация растворенного кислорода не опускалась ниже 7 мг/л. При этом в Форелевом практически во все сезоны его содержание выше, чем в Голубом. Осенью концентрация растворенного кислорода в Форелевом превышала 20 мг/л, что, вероятно, связано с очень ветреной погодой на момент отбора проб, способствовавшей обогащению поверхностного слоя воды кислородом, даже несмотря на повышенную перманганат-

ную окисляемость. Количество органических веществ в Форелевом было выше, чем в Голубом, и достигало 29 мг/л, что позволяет отнести его к водоемам с высоким содержанием органики. В Голубом в летне-осенний период, напротив, отмечались более низкие по сравнению с другими сезонами значения перманганатной окисляемости (рис. 2), в целом за год по величине окисляемости воды относились к категории «средняя», количество органических веществ не превышало 19 мг/л [8].

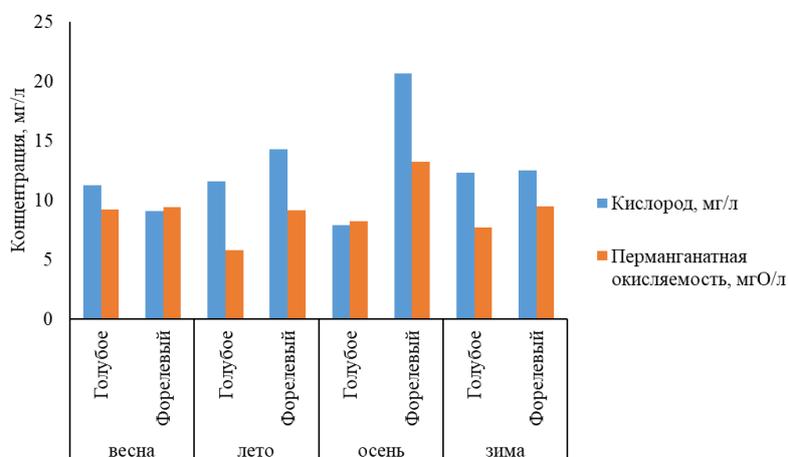


Рис.2. Содержание растворенного кислорода и величина перманганатной окисляемости в Голубых озерах по сезонам

В соответствии с ГОСТ-17.1.2.04-77 [5] озеро Голубое в 2023 году по содержанию растворенного кислорода и величине перманганатной окисляемости преимущественно во все рассматриваемые сезоны являлось олигосапробным, а пруд Форелевый – также олигосапробным по величине окисляемости (за исключением осени), но альфамезосапробным по содержанию кислорода.

В обоих водоемах наблюдается постепенное увеличение содержания биогенных элементов по сравнению с данными гидрохимического мониторинга 2016-2018 гг. В 2023 году накоплено большое количество биогенных элементов, в частности азота аммонийного и аммиака. Отмечались значительные сезонные и пространственные колебания азота аммонийного, в особенности весной и осенью. Содержание аммиака в течение вегетационного сезона практически постоянно было выше ПДКвр. Норма содержания аммиака в воде была превышена на отдельных станциях в обоих прудах почти в 8 раз. По концентрации азота аммонийного оба водоема являются альфамезо-полисапробными, осенью значения в Форелевом достигали зоны гиперсапробности. Нитриты в водах прудов обнаружены в незначительных, часто следовых количествах (рис. 3, 4).

Фосфор фосфатов, концентрации которого были больше в водах Форелевого и увеличивались летом и осенью, в целом обнаруживал более равномерное распределение по акваториям карьеров. В Голубом содержание фосфатов было невысоким с небольшой амплитудой сезонного изменения.

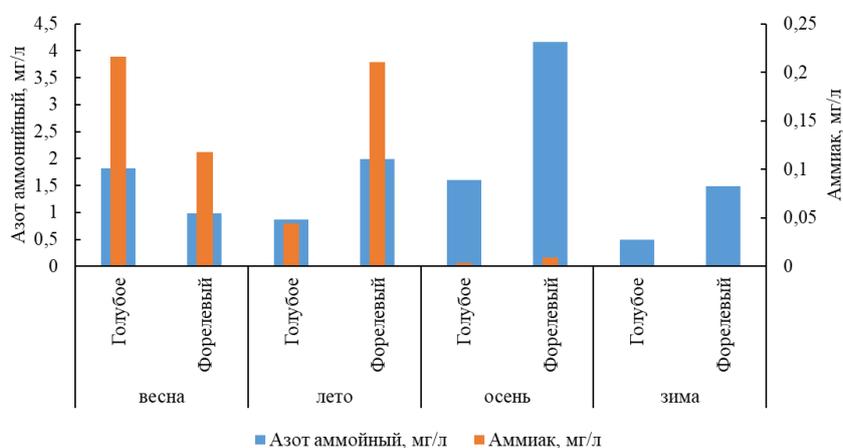


Рис. 3. Содержание азота аммонийного в системе Голубых озер по сезонам

По содержанию фосфора фосфатов озеро Голубое является олиго-бетамезосапробным, а пруд Форелевый – альфамезо-полисапробным.

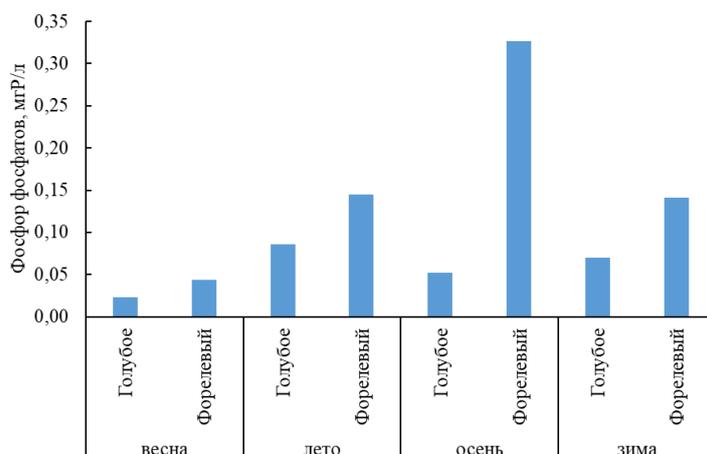


Рис. 4. Содержание фосфора фосфатов в системе Голубых озер по сезонам

По классификации поверхностных вод суши озеро Голубое по большинству химических веществ соответствует третьему классу качества воды, что позволяет отнести водоем к категории удовлетворительной чистоты, только содержание азота аммонийного снижает класс до загрязненных вод. Качество воды в Форелевом несколько хуже – превалирует оценка, соответствующая четвертому классу (от умеренно до сильно загрязненных вод по ряду показателей), встречаются значения пятого класса, что позволяет назвать охарактеризовать водоем в отдельные периоды как «весьма грязный».

Заключение

Анализ гидрохимических показателей Голубых озер показал, что, несмотря на большую площадь водного зеркала и глубины, что снижает восприимчивость к загрязнению, пруд Форелевый на момент исследования более загрязнен.

Зарастаемость побережья озера Голубое больше, чем у Форелевого, но береговые уклоны меньше, что делает его более удобным для отдыха [9]. При этом на южном побережье Форелевого расположены объекты рекреационной инфраструктуры, а с северной стороны – крутой надводный и подводный склоны. Соответственно, большая часть отдыхающих сосредоточены на восточном и западном берегах. Выявленные в ходе исследования различия между водоемами могут объясняться степенью и видами преобладающей рекреационной нагрузки, интенсивностью водообмена с Калининградским заливом, особенностями рельефа котловин. Пространственное распределение некоторых биогенных элементов по-прежнему соответствует ранее выявленным закономерностям – наиболее неблагоприятная ситуация фиксируется в восточной части пруда Форелевого, что может быть связано как с эпизодическим влиянием залива вод Калининградского залива, которые имеют высокий уровень эвтрофирования, т.к. именно на этот район залива приходится основное поступление биогенных элементов с водосбора р. Преголя [10, 11], так и с рассмотренными особенностями распределения антропогенной нагрузки.

В целом экологическое состояние озера Голубого можно оценить как удовлетворительное, Форелевого – загрязненное, в отдельные месяцы – весьма грязное. В водоемах систематически наблюдается высокое содержание биогенных элементов, существенные колебания насыщения воды кислородом, что свидетельствует о интенсивно протекающих процессах эвтрофикации. В пруду Голубом при сравнительном анализе с более ранними исследованиями можно отметить выраженный рост концентраций биогенных веществ.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР 01-44-002.2 «Изучение экологического состояния городских прудов Калининграда».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берникова Т.А., Дубравин В.Ф., Цупкикова Н.А., Шибаева М.Н., Уманский С.А. Экологическое состояние пруда Форелевого // Известия КГТУ. 2005. - №7. С. 30-34.
2. Цупкикова Н.А., Костыря Ю.С. Особенности гидрохимических условий пруда Форелевого в 2016–2017 гг. // Известия КГТУ. - Калининград, 2018, № 49. - С.43-54.
3. Характеристики загрязняющих веществ из раздела «П. Для водных объектов» «Перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды», утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 08.07.2015 г. № 1316-р. ФГБУ УралНИИ «Экология», 2016. 296 с.
4. ГОСТ Р 55684-2013 (ИСО 8467:1993) Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости. 2013. 20 с.
5. ГОСТ 17.1.2.04-77 Государственный стандарт СССР. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов // Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 62 с.
6. Оксиюк О.П., Жукинский В.Н. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал, 1993. – Т. 29, вып. 4. – С. 62-76.
7. Тихонов И.А. Влияние ионного состава воды на её электропроводность // СОК №2 – 2021. С. 42-47.
8. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 443 с.
9. Цупкикова Н.А., Мишкина В.А. Оценка экологического состояния Голубого озера (Калининград) в 2018 году по гидрохимическим показателям // 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. –С. 398- 407.
10. Сташко, А. В. Пространственное распределение и сезонная динамика гидрохимических условий в Вислинском заливе Балтийского моря в 2020-2022 гг. / А. В. Сташко, С. В. Александров // Океанологические исследования. – 2023. – Т. 51, № 1. – С. 71-90.
11. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2023 году». – Калининград, 2024. — 200 с.

ECOLOGICAL STATE OF WATER BODIES OF THE GOLUBYE LAKES SYSTEM BASED ON THE RESULTS OF HYDROCHEMICAL RESEARCHES IN 2023

¹Moiseenko Valentina Valerievna, Postgraduate Student; Technician,
Laboratory of Hidrobiology

²Tsupikova Nadezhda Aleksandrovna, Candidate of Geological-mineral Sciences,
Associate Professor Department of Water Bioresources and Aquaculture

³Popov Andrey Andreevich, Postgraduate Student

⁴Sevostianov Nikita Vladimirovich, Postgraduate Student

^{1,2,3,4}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: ²tsoupikova@klgtu.ru

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

The purpose of this study was to assess the ecological condition of the watered quarries based on the results of hydrochemical monitoring including all seasons of 2023. During the field trips, water samples were taken at three shore stations at each of the two reservoirs of the Golubye Lakes system. The results of hydrochemical studies allowed to draw the following conclusions about the ecological state of the investigated reservoirs. It has been established that the Forelevy pond, which has a direct connection with the Gulf of Kaliningrad, despite the large area of the water surface, a larger volume of water and different way of recreational use, is more polluted than the Goluboe Lake, with a continuing tendency to further eutrophication. The content of dissolved nutrients in the waters of both sites in 2023 increased comparing to the results of earlier studies.