

**Х Национальная научная конференция
«ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ, АКВАКУЛЬТУРА
И ЭКОЛОГИЯ ВОДОЕМОВ»**

**X National scientific conference
"AQUATIC BIORESOURCES, AQUACULTURE
AND ECOLOGY OF WATER RESERVOIRS"**

**СОДЕРЖАНИЕ
CONTENTS**

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

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

<i>Dbar R.S., Gamakhariya P.J.</i> Features of the ecological structure and fishing and biological parameters of the population of the European Anchovy (<i>Engraulis encrasicolus</i> L., 1758) wintering off the coasts of Abkhazia in the 2021/2022 fishing season.....	3
<i>Авдеева Е.В., Казимирченко О.В., Котлярчук М.Ю.</i> Санитарно-микробиологическая характеристика рыбных кормов и оценка влияния режима хранения на их микрофлору.....	7
<i>Архипов А.Г., Осадчий В.М., Саускан В.И.</i> Реализация стратегии развития рыбного хозяйства России до 2030 года при ведении промысла в Атлантическом океане в современных экономических условиях	13
<i>Бегунова С.А., Судник С.А.</i> Биология американского полосатого рака <i>Faronius limosus</i> (Rafinesque, 1817) (Astacoidea: Cambaridae) из водоемов Калининградской области, 2018-2021 гг.....	20
<i>Бекарев А.В., Ивашко Е.Е., Ивашко В.С.</i> Исследование уровня цифровизации предприятий аквакультуры республики Карелия.....	31
<i>Боровкова К.А., Мошаров С.А.</i> Летняя изменчивость продукционной активности фитопланктона на карбоновом полигоне в Балтийском море.....	40
<i>Бурбах А.С., Дубинина Е.Д.</i> Исследование репродуктивной способности корюшки (<i>Osmerus eperlanus eperlanus</i> L.) в реке Дейма.....	48
<i>Буруковский Р.Н.</i> О составе пищи и типе питания краба <i>Rhithropanopeus harrisi</i> (Gould 1841) (Decapoda, Crustacea, Panopeidae) Вислинского залива по материалам сборов 2010–2013 гг.....	53
<i>Гашиников М.П., Ермолин В.П.</i> Методические основы изучения нерестовой структуры вида по показателям среднего возраста и роста на примере леща (<i>Abramis brama</i> , Cyprinidae).....	61
<i>Дудаков М.О., Дудакова Д.С., Ронжин А.Л.</i> Разработка и опытная эксплуатация модернизированного дночерпателя Экмана-Берджи с автоматизацией захвата и оценивания качества пробы.....	64
<i>Егорова Ю.Е., Судник С.А.</i> Биология каменной креветки <i>Palaemon elegans</i> (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) у берегов Куршской косы в 2020 году	71
<i>Кобяков К.А.</i> О питании креветки <i>Eualus gaimardi belcheri</i> (Bell, 1855) из Хатингтонгского залива (море Лаптевых) в сентябре 2016 года	77
<i>Мурашко П.А., Меньшенин А.С., Шibaев С.В.</i> Первые результаты исследования высшей водной растительности российской прибрежной части Куршского залива	82
<i>Новожиллов О.А.</i> Рост белого амура <i>Stenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844) в экспериментальной УЗВ ФГБОУ ВО «КГТУ»	88
<i>Пинчук М.В., Пьянов Д.С., Хайновский К.Б.</i> Результаты выращивания балтийского сига в целях искусственного воспроизводства в условиях Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО»	93

Пушкина Н.С. Питание камчатского краба <i>Paralithodes camtchaticus</i> (Tilesius 1815) (Crustacea, Decapoda, Anomura) в губе «Зеленая» Баренцева моря летом 2015 и 2016 гг.....	102
Рудченко А.Е., Карпов В.А. Состав жирных кислот в мышечной ткани и икре осетровых видов рыб из естественной среды обитания и аквакультуры.....	107
Семко Е.Ю. Проведение рыбоводно-биологических исследований экстерьерных показателей самок карпа, выращиваемых на УОХ КГТУ	112
Судник С.А. Некоторые данные о биологии краба <i>Rhithropanopeus harrisi</i> (Gould, 1841) (Decapoda: Branchiura: Panopeidae) из Калининградского залива в 1999 г.	119
Токранов А.М., Орлов А.М., Емелин П.О. Биологическая характеристика остроносого триглопса <i>Triglops pingelii</i> (Cottidae) Карского моря.....	128
Тюкина О.С., Кравец П.П., Деркач С.Р., Ковалева Т.О. Биоэкологические аспекты организации мидиевых хозяйств на Восточном Мурмане Баренцева моря	136
Хамад Х.А. К вопросу эффективного использования пробиотиков в аквакультуре.....	143
Харчук И.А., Рылькова О.А. Состояние цианобактерии <i>Arthrospira platensis</i> при длительном хранении в состоянии анабиоза	149
Христофорова Н.К., Данилин Д.Д., Литвиненко А.В., Катакинова Е.А., Ржечицкая К.Е., Салимзянова К.Р., Коваль Г.В. Особенности микроэлементного состава нерки (<i>Oncorhynchus Nerka</i> W.) восточной Камчатки	155
Челядина Н.С., Попов М.А. Смертность самцов и самок <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lam. на черноморском побережье Крыма.....	159
Чернышков П.П., Федотов М.С., Шустин А.Я., Зуев К.Ю. Мезомасштабная динамика вод южных частей Тихого и Атлантического океанов в связи с промысловыми ресурсами ставриды (<i>Trachurus murphy</i>) и антарктического криля (<i>Euphausia superba</i>)	163
Шевцов В.А., Литвиненко А.В., Гринберг Е.В. Опыт применения отечественного экструдированного корма при подращивании молоди кеты в условиях двух цехов лососевого рыбоводного комплекса «Найба».....	174
Юшко Л.В., Шibaев С.В. Экспериментальное исследование культивирования австралийского красноклешневого рака (<i>Cherax quadricarinatus</i> , Von Martens 1868) в аквапонной установке.....	179

СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

SECTION "ECOLOGY AND RATIONAL ENVIRONMENTAL MANAGEMENT"

Барсуков А.С. Механизмы интенсификации биологической очистки.....	185
Дубравин В.Ф., Краснобородько О.Ю. Особенности сезонной изменчивости поверхностных температуры и солености Атлантического океана	191
Коробченкова К.Д., Ульянова М.О. Комплексное исследование системы река-море на примере юго-восточной части Балтийского моря в 2020-21 гг.	203
Кривоусова Е.В., Шibaев С.В. Первые результаты оценки концентраций микропластика в приустьевых участках некоторых малых рек Калининградской области	208
Кухарук Е.Д., Меньшенин А.С., Цупикова Н.А. Комплексная характеристика водотока без названия водосборного бассейна Виштынецкого озера.....	215
Меньшенин А.С., Никулин Т.Р., Бабухин Н.И. Анализ типов загрязнения воды в акваториях водных объектов с помощью спутникового мониторинга	222
Минашкина А.В. Особенности расположения полигонов ТКО в Калининградской области, их рекультивация и дальнейшее использование	227
Севостьянова Е.А., Цупикова Н.А., Шibaев С.В. Экологическое состояние некоторых малых водоемов Калининграда (пруды Летний и Поплавок) по альгологическим и гидрохимическим показателям	234
Цветкова Н.Н., Дубравин В.Ф. Междекадная изменчивость температуры и солености на поверхности Атлантического океана.....	240
Ширчкова А.Н., Цветкова Н.Н. Вынос биогенных веществ со стоком реки Приморской в Калининградский залив.....	248

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

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

УДК 597.554.5(262.5)

**FEATURES OF THE ECOLOGICAL STRUCTURE AND FISHING
AND BIOLOGICAL PARAMETERS OF THE POPULATION
OF THE EUROPEAN ANCHOVY (*ENGRAULIS ENCRASICOLUS* L., 1758)
WINTERING OFF THE COASTS OF ABKHAZIA
IN THE 2021/2022 FISHING SEASON**

¹Dbar Roman Saidovich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
of the Department of Animal Morphology and Ecology

²Gamakhariya Paata Jeyranovich, post-graduate student, researcher at the Institute
of Ecology of the Academy of Sciences

¹Azov-Chernomorsk branch of FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKh"), Rostov-on-Don, Russia,
e-mail: romandbar@mail.ru

²Institute of Ecology of the Academy of Sciences of Abkhazia (IE ANA), Sukhum, Abkhazia,
e-mail: pgamakhariya@mail.ru

*Based on the available data for the 2021/2022 fishing season, data on the ecological structure and fishing biological parameters of the European anchovy wintering in the coastal waters of Abkhazia (*E. encrasicolus* L., 1758) were analyzed. The paper presents materials that make it possible to analyze the dynamic parameters of the Azov-Black Sea anchovy wintering off the coast of Abkhazia in the winter period, a comparative analysis of the main biometric parameters is carried out. Common ichthyological methods were used for data analysis. The available data on anchovies harvested during the period under study characterize the dynamics of the size-age structure of catches and represent the intra-annual patterns of the dynamics of the anchovy fishery (Black Sea and Azov).*

1. Introduction

The European anchovy, or anchovy, *E. encrasicolus* L., due to its abundance, plays an important role in the marine ecosystem, acting as an intermediate link between zooplankton and representatives of the highest trophic level - large predatory fish, dolphins, and birds [1]. At the same time, this species consistently ranks first in terms of catch volume and is an important commercial object in all Black Sea countries. The main fishery is carried out in the coastal waters of Turkey, Georgia and Abkhazia, where anchovy migrates in large numbers from the northern half of the Black Sea and from the Sea of Azov for wintering, forming dense and stable aggregations [2]. A relatively small part of the total herd winters near the Caucasian coast, as well as near the southern and southwestern coasts of Crimea [3, 4]. Anchovy fishing is one of the traditional types of Black Sea fishing [5, 6].

According to the results of modern population genetic studies, in the Azov-Black Sea basin, the European anchovy is represented by two forms - the Black Sea (the Black Sea anchovy) and Azov (the Azov Sea anchovy), each of which is characterized by the presence of spatially isolated reproductive, feeding and wintering areas and, respectively, represents an independent unit of the commercial stock [7, 8, 9 10].

In the water area of Abkhazia, anchovy is present only during wintering (December-March). It is a commercial object, and the recommended catch is about 30-45 thousand tons annually.

Fishing in Abkhazia was carried out by leased Turkish fishing vessels in the amount of 17 units and transport vessels in the amount of 9 units. The total catch in the 2021/2022 fishing season was 46,982 tons. The state of the population can be assessed as stable with a low stock.

The purpose of the research is to assess the state of the anchovy stock in the 2021/2022 fishing season and characteristics of local populations wintering in the Abkhazian waters of the Black Sea. Taking into account the identified signs of excessive fishing pressure on the population of the Azov-Black Sea anchovy, it is important to understand the state of the dynamic characteristics of the population.

2. Materials and methods

The object of research was the local populations of anchovy wintering in the waters of Abkhazia in 2021/2022. As additional sources of data, we used materials from fishing journals, which were kindly provided by the State Committee for Ecology of the Republic of Abkhazia. In addition, they carried out direct control of the caught fish at the sites of unloading the catch at the fisheries. The material was obtained from the catches of fishing vessels. Anchovy was caught using a purse seine. The study area covered the shelf zone from the Sukhumi region up to the Gal region, the range of depths of the vessels was 20-60 m.

Sampling (2700 specimens) and their cameral processing were carried out in accordance with the methods generally accepted in the practice of ichthyological research. Fish measurements were made with an accuracy of 1 mm, the age of the fish was determined by otoliths and the mass of individuals on an electronic scale with an accuracy of tenths of a gram. Gender was determined by standard methods. In all calculations, only the body length FL was used [11].

3. Results and discussion

Fishing in the anchovy season 2021/2022 began in mid-December and lasted until the end of March. The largest daily catch exceeded 2000 tons. The fishing area (Fig. 1) covered mainly the eastern part of the Abkhazian sea area, in which the temperature in the long-term average aspect is slightly lower than in the western part of the Abkhazian water area, but in the fishing season 2021/2022 the average sea temperature was comfortable for the wintering of anchovies also in the western part of the Abkhaz water area. At the end of February, there was a massive run of anchovy with a sharp decrease in numbers in March. The number of anchovies that came for wintering is estimated by us at an average level - about 130-150 million individuals, the predominant modal group is 8-10 cm in body length and 6-9 g in weight.

It is important to note that the intensity of fishing in the current fishing season was quite high compared to the previous year, while estimating the magnitude of fishing effort and catch per effort, one can speak of their average values.

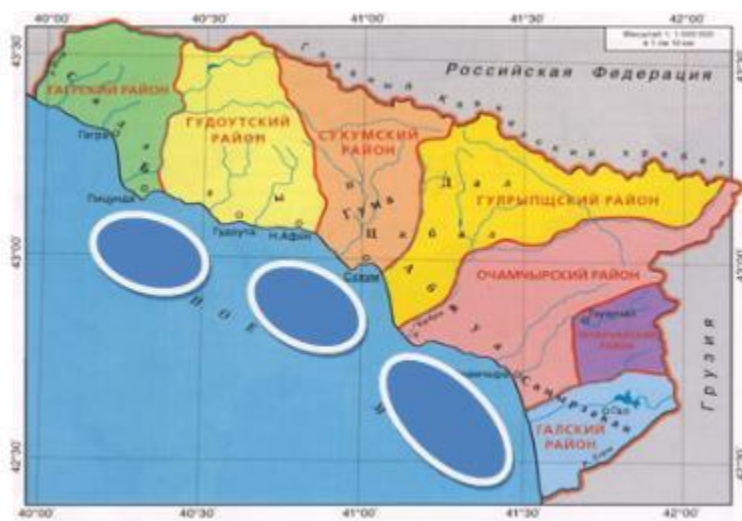


Fig. 1. Fishing area for the Azov-Black Sea anchovy in the 2021/2022 fishing season (the size of the allocated zones corresponds to the volume of anchovy caught in the indicated areas).

During the period under review, the volume of anchovy catch amounted to 46,982 tons. The monthly catch did not vary significantly, except for March, when the catch dropped markedly (Fig. 2). So, in December and January and February, an average of 13,000 tons was mined, while in March about 6,500 tons. The decrease in the catch in March is associated with the beginning of the spring migration of anchovies. The average March temperature was comfortable enough for the start of migrations. Such a shift to February of the main catch of the anchovy is associated with late winter, which came in the Abkhazian water area only by the beginning of February. The temperature of the territorial waters of the Black Sea of Turkey and Georgia in the fishing season 2021/2022 was not comfortable enough (on average, below 10-11°C), so the migration of anchovies to the territorial waters of Abkhazia was active and anchovy went from them to the warmer waters of Abkhazia - to this time is the maximum catch of anchovy in the fishing season 2021/2022.

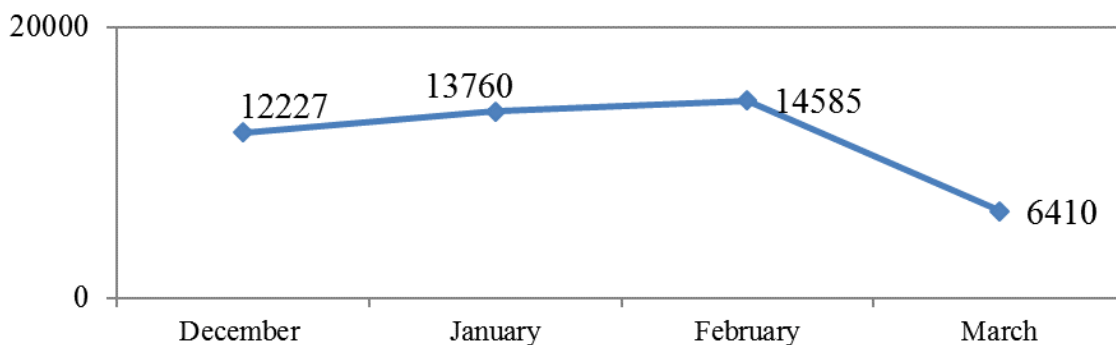


Fig. 2. Monthly anchovy biomass in 2021/2022 fishing year (in tons)

The age structure of a population is an indicator of its stability, making it possible to estimate the number and fertility of spawners at the time of spawning. During the period under review, the anchovy population was stable and the number of spawners was high. The dynamics of the age composition of anchovy catches shows that in December, fish aged 2+ dominated, accounting for more than half of the fish caught by the fishery, but in March their share fell to 17%, while the proportion of fish aged 3+ was noticeably higher than in previous years months. Fish aged 0+ dominated in January, their biomass amounted to 32% of the total biomass of the January catch (Fig. 3).

The dynamics of the biomass of the stock during the wintering period shows that the anchovy will spawn with the dominant group of individuals aged 2+ and 3+, which indicates that the biomass of the anchovy for the fishing season 2021/2022 can be predicted as medium productive.

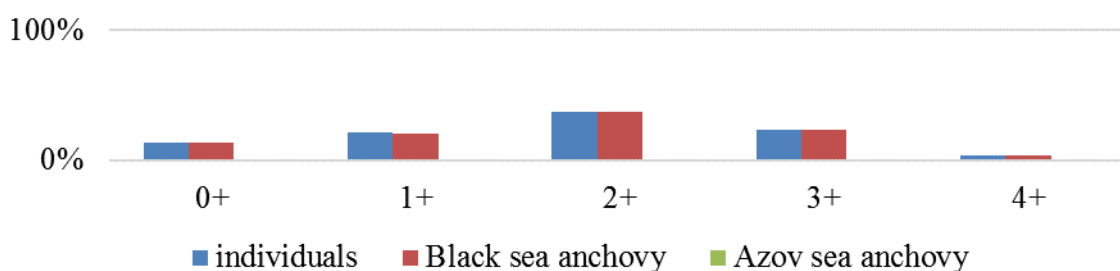


Fig. 3. Age ratio of local anchovy stocks in commercial catches in the 2021/2022 fishing season in Abkhazia.

4. Conclusion

The studies carried out show that the regulation of anchovies fishing is reasonable, expedient and necessary, especially in those years when the share of underyearlings and two-year-olds sharply increases in catches in the spring months. This is of paramount importance, since it is important to preserve the younger groups of anchovies migrating both to the Sea of Azov and to the northwestern and central parts of the Black Sea for spawning and feeding. Given the low nutritional value of underyearlings, on the one hand, and at the same time their key role in shaping the reproductive potential of the population and maintaining its abundance, on the other hand, intensive catching of underyearlings at the end of wintering is

undesirable. In such cases, the timing of the end of the fishery should be determined on the basis of operational monitoring of the size structure of catches with the establishment of the proportion of individuals of non-commercial length in the amount of 25% of the catch (by abundance).

REFERENCES

1. Mahir Demir, Suzanne Lenhart. A spatial food chain model for the Black Sea anchovy and its optimal fishery // *Discrete and continuous dynamics systems series B.* –Knoxville. USA. 2021. - V. 26. No 1. - P. 155-171.
2. Zuev G.V., Bondarev V.A., Murzin Yu.L., Novoselova Yu.V. Intraspecific structural and functional differentiation of anchovy wintering near the Black Sea coast of Crimea and its long-term dynamics // *Modern fisheries and environmental problems of the Azov-Black Sea region: Mat. VII international conference (Kerch, June 20-23, 2012).* Kerch: YugNIRO, 2012. - 1. - p. 51-58.
3. Gamakharia P.J. Long-term dynamics of the fishery and the size-age structure of catches of anchovy (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus) wintering off the coast of Abkhazia // *Pont Evksinsky - 2021: mater. XII All-Russian. scientific-practical. conf. for young scientists from the international participation on the problems of aquatic ecosystems, dedicated to the 150th anniversary of the Sevastopol Biological Station - FRC "Institute of Biology of the Southern Seas named after A.O. Kovalevsky RAS" (Sevastopol, September 20–24, 2021).* Sevastopol: Publishing House of the Federal Scientific Center “Institute of Biology of the Southern Seas named after A.O. Kovalevsky RAS”, 2021, pp. 18–19. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46638883>
4. Dbar R.S., Gamakharia P.J. Long-term dynamics of catches of anchovies (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758), wintering off the coast of Abkhazia // *Modern problems and prospects for the development of the fishery complex: mater. VIII scientific-practical. conf. young scientists from the international participation (Moscow, November 5–6, 2020).* M.: VNIRO Publishing House, 2020, pp. 41–43. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44755221>
5. Dbar R. S., Gamakharia P. J. Long-term dynamics of fishing and size-age structure of catches of anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L., 1758), wintering off the coast of Abkhazia // *Biological diversity: study, conservation, restoration, rational use. : Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference.* Kerch, 2020. p. - 298-303. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43095471>
6. G. V. Zuev, V. A. Bondarev, Yu. L. Murzin, and Yu. Long-term dynamics of the fishery and the size-age structure of catches of the Black Sea (*Engraulis encrasicolus ponticus* Aleks) anchovy in Ukraine // *Marine Ecological Journal - 2014.* - 2, no. 3. - S. 27 - 34.
7. Vodyasova E. A., Abramson N. I. Genetic variability of anchovies in the Azov-Black Sea basin // *Genetics.* St. Petersburg, Zoological Institute RAS, 2017 - volume 53, number 6 - p. 696-704. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29364883>
8. Vodyasova E. A., Soldatov A. A. Identification of subspecies of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* (*Engraulidae*) in wintering aggregations based on otolith morphological parameters. *Ichthyology Issues.* Institute of Marine Biological Research RAS - IMBI, Sevastopol, 2017 - volume 57, number 4 - p. 408-414.
9. Vodyasova E. A., Abramson N. I. Phylogeography of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* // *Marine biological research: achievements and prospects, Sevastopol, ECOSY-Hydrophysics,* 2016 - p. 381-384.
10. Nessikhina N. A., Barmintseva A. E., Timoshkina N. N., Vodyasova E. A. Microsatellite variability of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758 // *Water bioresources and habitat.* Rostov-on-Don, AzNIIRH, 2019 - volume 2, number 4 - p. 73-84. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41725633>
11. Nessikhina N. A., Lebedeva E. V. Study of the genetic structure of the population of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* in the Azov-Black Sea basin // *Proceedings of AzNIIRKh, Rostov-on-Don,* 2019 - pp. 47-52.

САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЫБНЫХ КОРМОВ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ХРАНЕНИЯ НА ИХ МИКРОФЛОРУ

¹Авдеева Елена Витальевна, канд. биол. наук, профессор

²Казимирченко Оксана Владимировна, канд. биол. наук, доцент

³Котлярчук Марина Юрьевна, канд. биол. наук

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹elena.avdeeva@klgtu.ru; ²oksana.kazimirchenko@klgtu.ru

*Проведен санитарно-микробиологический анализ нескольких видов рыбных кормов, изучено изменение состава микрофлоры кормов при различных температурных режимах в течение 12 месяцев. В пробах кормов Аллер-Форель и Аллер 45/15 выявлены высокие показатели общей бактериальной обсемененности, наличие микроскопических грибов, в пробе корма Аллер-Форель также обнаружены бактерии группы кишечной палочки. В составе микрофлоры кормов преобладали споры бактерии рода *Bacillus*, плесневые грибы рода *Penicillium*.*

Полноценное искусственное кормление занимает важное место в повышении общей устойчивости культивируемых видов рыб к заболеваниям. Сбалансированность рыбных кормов оценивается по соотношению белков, жиров, углеводов, минеральных веществ и витаминов. Недостаток питательных веществ в кормах - причина алиментарных заболеваний рыб. Присутствие в рационе рыбы кормов, несбалансированных по соответствующим основным питательным веществам, вызывает замедление роста рыбы, нарушение развития костной и хрящевой тканей, мышечную дистрофию, анемию [1, 2].

Микробная контаминация кормов приводит к изменению химического состава, снижению пищевой ценности, накоплению токсичных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов и нарушению нормальной микрофлоры кишечника рыб. Возникновение у рыбы инфекционных заболеваний бактериальной природы часто связано с обсемененностью рыбных кормов потенциально патогенными возбудителями. Обсемененность рыбных кормов плесневыми грибами, которые разрушают питательные вещества корма и выделяют микотоксины, также влияет на их качество и безопасность [3-8].

Нами было проведено санитарно-микробиологическое исследование искусственных кормов, используемых в рыбоводных хозяйствах для выращивания различных видов рыб. Микробиологическому исследованию подвергали пробы кормов Aller Safir, Аллер-Форель (для лососевых рыб), Aller 45/15 (для лосося, форели и осетровых рыб), SGP 493 (для молоди форели, лосося, осетровых рыб), Aller Molle (для карпа, в качестве стартового корма для личинок сига). Применяли метод 10-кратного разведения навески корма в стерильном физиологическом растворе с последующим высевом суспензии корма на питательные среды общего и специального назначения. Общую бактериальную обсемененность корма рассчитывали по количеству колоний бактерий с учетом степени разведения на рыбопептонном агаре. Питательный агар также использовали для изучения микробного фона кормов. Для обнаружения бактерий группы кишечных палочек (БГКП) применяли агар Эндо, фекальных энтерококков - среду с эскулином и хлористым натрием, плесневых и дрожжевых грибов – агар Сабуро. Идентификацию выделенных штаммов бактерий проводили по определителю бактерий Берджи [9]. Хранимоспособность при различных температурных режимах (+4-5 °С, +18+20 °С, +26 °С) в течение 12 месяцев определяли для проб кормов Аллер-Форель, Aller 45/15.

Результаты санитарно-микробиологического исследования кормов представлены в таблице 1.

Санитарно-микробиологическая оценка рыбных кормов

Наименование корма	Общая бактериальная обсемененность	Бактерии группы кишечных палочек (БГКП)	Фекальные бактерии рода <i>Enterococcus</i>	Дрожжи	Плесневые грибы
Aller Safir	1,0×10 ⁴ КОЕ/г	-	-	-	-
Аллер-Форель	1,0×10 ⁶ КОЕ/г	2,0 ×10 ² КОЕ/г	-	-	+
Aller 45/15	1,2×10 ⁶ КОЕ/г	-	-	-	+
SGP 493	1,0×10 ⁵ КОЕ/г	-	-	-	-
Aller Molle	1,0×10 ⁵ КОЕ/г	-	-	-	-

По результатам исследований установили, что пробы кормов Aller-Форель и Aller 45/15 не соответствовали по показателю общей бактериальной обсемененности, которая, согласно Ветеринарно-санитарным нормам и требованиям к качеству кормов для непродуктивных животных [10], не должна превышать 5,0×10⁵ КОЕ/г. Превышение бактериальной обсемененности кормов выше установленного уровня может быть связано с повышенной обсемененностью исходных компонентов кормов – рыбной и мясокостной муки [3, 4].

В пробе корма Аллер-Форель обнаруживали бактерий группы кишечной палочки. Плесневые грибы родов *Penicillium*, *Rhizopus* в незначительных количествах обсеменяли корм Aller 45/15, в микофлоре контрольной пробы корма Аллер-Форель единично присутствовали плесневые грибы родов *Penicillium*, *Mucor*. Видимого плесневого налета в пробах кормов Aller 45/15 и Аллер-Форель не наблюдали.

Состав микрофлоры кормов (контрольные пробы) представлен в таблице 2.

Состав микрофлоры кормов (контрольные пробы)

Вид бактерий	Aller Safir	Аллер-Форель	Aller 45/15	SGP 493	Aller Molle
<i>Bacillus alvei</i>	+	-	-	+	+
<i>Bacillus pumilus</i>	+	-	+	+	-
<i>Bacillus polymyxa</i>	-	-	+	-	-
<i>Bacillus subtilis</i>	-	+	+	-	-
<i>Bacillus megaterium</i>	-	+	+	-	-
<i>Bacillus brevis</i>	-	-	+	-	-
<i>Bacillus coagulans</i>	-	+	+	-	-
<i>Bacillus badius</i>	-	+	-	-	-
<i>Bacillus licheniformes</i>	-	+	-	-	-
<i>Micrococcus luteus</i>	-	-	+	-	-
<i>Micrococcus varians</i>	-	-	-	-	-
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	-	+	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	+	-	-	-
<i>Streptococcus sp.</i>	-	+	-	-	-
<i>Pseudomonas cepacia</i>	-	-	+	-	-
Итого	2	8	8	2	1

Видовое разнообразие бактерий выявили в пробах кормов Аллер-Форель и Aller 45/15. В других пробах кормов обнаруживали только споровых бактерий: в пробе корма Aller Molle присутствовали *Bacillus alvei*, в пробах кормов Aller Safir, SGP 493 – два вида бацилл (*B. alvei*, *B. pumilis*).

В таксономическом отношении в микрофлоре кормов преобладали бактерии рода *Bacillus*, представленные аэробными или факультативно-анаэробными палочковидными формами, образующими центральные или терминальные споры, активно ферментирующими углеводы. Бациллы – часто встречаемые бактерии в воде, почве, на растениях, покровах, пищеварительном тракте животных. Бактерии обладают протеолитической активностью, разлагают белки, что приводит к гнилостной порче пищевого субстрата. В кормах для рыб бациллы часто относятся к доминирующей группе бактерий [3, 4, 11, 12].

Бактерии рода *Staphylococcus* контаминировали корм Аллер-Форель. Виды *St. epidermidis* и *St. aureus* были неподвижными факультативно-анаэробными бактериями с окислительным и бродильным типами метаболизма, отличались по пигментообразованию. Данные виды бактерий обычно ассоциированы с микрофлорой кожных покровов и слизистых человека. По нашему мнению, стафилококки – привнесенная микрофлора, так как корм Аллер-Форель для микробиологического исследования был отобран сотрудниками рыбоводного хозяйства из вскрытой упаковки. По данным других исследователей [3], стафилококки – многочисленная группа бактерий, встречаемая в микрофлоре рыбных кормов.

Бактерий рода *Micrococcus* встречали в составе бактериофлоры корма Aller 45/15. Микрококки были облигатными аэробами, пигментирующими, с окислительным типом метаболизма. Данные бактерии – обитатели почв, пресной воды, воздуха, входят в состав микрофлоры кожных покровов человека, не патогенны для рыб, обнаруживаются в микрофлоре комбикормов [4].

Состав бактериофлоры корма Aller 45/15 также определяли условно-патогенные для рыб псевдомонады *Pseudomonas cepacia*. Бактерии ферментировали углеводы, усваивали ацетат натрия, обладали протеолитической и денитрифицирующей активностями. Псевдомонады благодаря биохимической лабильности широко распространены в различных средах обитания (в пресной и морской воде, почве, водорослях), в том числе в составе микрофлоры рыбных кормов [13].

Наблюдения за изменением качественного состава микрофлоры при стабильных условиях хранения кормов в определенных диапазонах температур проводили для проб кормов Aller 45/15 и Аллер-Форель, отличающиеся высокой бактериальной обсемененностью.

Изменение состава бактериофлоры корма Aller 45/15 в течение 12 месяцев хранения при различных температурах хранения представлено в таблице 3.

Таблица 3

Изменение состава бактериофлоры корма Aller 45/15 в течение 12 месяцев хранения

Месяцы хранения	Температурный режим		
	+4...+5 °С	+18...+20 °С	+26 °С
1	<i>Bacillus:</i> <i>B. coagulans B. subtilis</i>	<i>Bacillus:</i> <i>B. subtilis, B. megaterium,</i> <i>B. brevis</i> <i>Pseudomonas</i>	<i>Bacillus:</i> <i>B. subtilis, B. megaterium, B. brevis</i> <i>Micrococcus luteus</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Pseudomonas cepacia</i>
3	<i>Bacillus megaterium</i> <i>Micrococcus luteus</i>	<i>Bacillus:</i> <i>B. subtilis, B. megaterium,</i> <i>B. brevis</i>	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Micrococcus luteus</i> <i>Pseudomonas cepacia</i>
6	<i>Bacillus megaterium</i> <i>Pseudomonas cepacia</i>	<i>Pseudomonas cepacia</i>	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Pseudomonas cepacia</i>
9	<i>Bacillus megaterium</i> <i>Pseudomonas cepacia</i>	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Micrococcus luteus</i>	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Micrococcus luteus</i>
12	<i>Bacillus megaterium</i> <i>Pseudomonas cepacia</i>	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Micrococcus luteus</i>	<i>Pseudomonas cepacia</i>

Наиболее разнообразной была микрофлора корма в 1-й месяц хранения при температуре +26 °С: в составе бактериофлоры выявляли споровых бацилл, условно-патогенных псевдомонад, кокковых бактерий. При других температурах хранения кормов состав микрофлоры был различным. Но в течение всего срока хранения независимо от температуры бактерии рода *Bacillus* формировали основной микробный фон кормов. Развитие условно-патогенных псевдомонад изменялось в зависимости от температуры и срока хранения корма. При температурных режимах +18...+20 °С и +26

⁰С псевдомонад регистрировали в 1-й месяц хранения, при холодильном хранении – с 6-го месяца. Присутствие псевдомонад в составе микрофлоры корма при хранении в условиях повышенных температур варьировало. При температуре +18...+20 ⁰С бактерий выявили только на 6-й месяц хранения, далее рост псевдомонад подавлялся активным развитием споровых бацилл. При температуре +26 ⁰С псевдомонад не обнаруживали только на 9-й месяц хранения корма. Бактерии *Micrococcus luteus* в незначительных количествах обсеменяли корм при разных температурных режимах в различные сроки хранения.

Состав микрофлоры корма Aller 45/15 в течение 12 месяцев хранения при различных температурах представлен в таблице 4.

Таблица 4

Изменение состава микрофлоры корма Aller 45/15 в течение 12 месяцев хранения

Месяцы хранения	Температурный режим		
	+4...+5 ⁰ С	+18...+20 ⁰ С	+26 ⁰ С
1	-	-	-
3	<i>Penicillium glaucum</i> <i>Rhizopus nigricans</i>	<i>Penicillium glaucum</i>	<i>Penicillium glaucum</i>
6	<i>Rhizopus nigricans</i>	<i>Penicillium glaucum</i> <i>Rhizopus nigricans</i>	<i>Rhizopus nigricans</i>
9	<i>Penicillium glaucum</i>	<i>Penicillium glaucum</i> <i>Rhizopus nigricans</i>	<i>Penicillium glaucum</i> дрожжи
12	<i>Penicillium glaucum</i>	<i>Penicillium glaucum</i> <i>Rhizopus nigricans</i>	<i>Penicillium glaucum</i>

В 1-й месяц хранения плесневых и дрожжевых грибов в пробах корма не обнаруживали при всех температурных режимах. Дрожжевые грибы в течение срока хранения проб при всех анализируемых режимах отсутствовали, за исключением 9-го месяца хранения корма при температуре +26 ⁰С, но обсеменённость дрожжами была низкой.

После 6-го месяца хранения наблюдали резкое увеличение обсемененности кормов плесневыми грибами, что указывает на начало микробной порчи. В составе микрофлоры кормов доминировали плесневые грибы рода *Penicillium glaucum*, присутствующие при всех температурных режимах.

Другой вид плесневых грибов - *Rhizopus nigricans* – в составе микрофлоры корма встречался в незначительных количествах. При хранении в условиях холодильника ризопусы обсеменяли корм с 3-го по 6-го месяцы хранения, с 9-го месяца - рост *Rh. nigricans* подавлялся плесневыми грибами *P. glaucum*. При хранении корма при температуре +18...+20 ⁰С *Rh. nigricans* обсеменяли корм с 6-го по 12-й месяцы хранения в ассоциации с *P. glaucum*. Вероятнее всего, температура +18...+20 ⁰С оптимальна для развития данных видов плесневых грибов. При температуре хранения корма +26 ⁰С плесневые грибы *Rh. nigricans* в незначительных количествах были встречены только на 6-й месяц, на протяжении всего исследования преобладали *P. glaucum*.

Состав бактериофлоры корма Аллер-Форель в течение 12 месяцев хранения при различных температурах представлен в таблице 5.

В таксономическом отношении микрофлора исследуемого корма была разнообразной при температуре хранения +18...+20 ⁰С в 1-й месяц хранения. В бактериофлоре корма Аллер-Форель споровые бактерии рода *Bacillus* также были преобладающими при всех температурных режимах на протяжении всего срока хранения. Обращает на себя внимание присутствие в микрофлоре корма бактерий группы кишечных палочек – показателей фекального загрязнения и нарушения санитарного режима на производстве. Сохранение кишечных бактерий в первый месяц хранения при всех температурных режимах и впоследствии на третий месяц хранения при температуре +18...+20 ⁰С, на всех сроках хранения при температуре +26 ⁰С объясняется тем, что кишечные бактерии были обнаружены в контрольной пробе корма. Отсутствие кишечных бактерий с 3-го по 12-й месяцы хранения в условиях холодильника указывает на то, что температура +4...+5 ⁰С не является оптимальной для развития данных бактерий.

Изменение состава бактериофлоры корма Аллер-Форель в течение 12 месяцев хранения

Месяцы хранения	Температурный режим		
	+4...+5 °С	+18...+20 °С	+26 °С
1	<i>Bacillus coagulans</i> <i>Streptococcus sp.</i> БГКП	<i>Bacillus coagulans</i> <i>B. subtilis</i> <i>B. megaterium</i> <i>Streptococcus</i> БГКП	<i>Bacillus coagulans</i> БГКП
3	<i>Bacillus coagulans</i>	БГКП	<i>Bacillus coagulans</i> <i>Staphylococcus aureus</i> БГКП
6	<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Bacillus coagulans</i> , <i>B. licheniformes</i> БГКП
9	<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Bacillus coagulans</i> , <i>B. licheniformis</i> БГКП
12	<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Bacillus coagulans</i> , <i>B. licheniformis</i> БГКП

В процессе хранения выявили обсеменение корма кокковыми бактериями. В 1-й месяц хранения корма в условиях холодильника и при температуре +18...+20 °С в составе бактериофлоры выявили стрептококков, по-видимому, попавшие из воздуха при вскрытии пакета корма и дальнейшей работы с пробой. Бактерии рода *Staphylococcus* нами были обнаружены только на 3-й месяц хранения при температуре +26 °С. Вероятнее всего, в 1-й месяц хранения рост стафилококков лимитировался активным ростом кишечных бактерий и бацилл.

Состав микрофлоры корма Аллер-Форель в течение 12 месяцев хранения при различных температурах представлен в таблице 6.

Таблица 6

Изменение состава микрофлоры корма Аллер-Форель в течение 12 месяцев хранения

Месяцы хранения	Температурный режим		
	+4...+5 °С	+18...+20 °С	+26 °С
1	-	-	-
3	<i>Penicillium glaucum</i> <i>Mucor spinosus</i>	<i>Penicillium glaucum</i> <i>Mucor spinosus</i>	<i>Penicillium glaucum</i>
6	<i>Penicillium glaucum</i>	<i>Penicillium glaucum</i> <i>Mucor spinosus</i>	<i>Penicillium glaucum</i>
9	<i>Penicillium glaucum</i>	<i>Penicillium glaucum</i> <i>Mucor spinosus</i>	<i>Penicillium glaucum</i>
12	<i>Penicillium glaucum</i>	<i>Penicillium glaucum</i> <i>Mucor spinosus</i>	<i>Penicillium glaucum</i>

В 1-й месяц хранения плесневых и дрожжевых грибов в пробах корма Аллер-Форель не обнаруживали при всех температурных режимах. Дрожжевые грибы при последующем хранении корма при различных температурах также не выявляли. В составе микрофлоры корма преобладали *P. glaucum* на всех этапах хранения корма при различных температурных режимах. На 3-м месяце хранения в микрофлоре корма при температуре +4...+5 °С присутствовали мукоровые плесени *M. spinosus*. Наибольшее количество плесеней *M. spinosus* регистрировали в пробе корма, хранящегося при температуре +18...+20 °С. При температуре +26 °С мукоровые плесени в корме отсутствовали.

Таким образом, пробы кормов Аллер-Форель и Аллер 45/15 имели высокую исходную бактериальную обсемененность, что может быть связано с повышенными показателями обсемененности исходных основных компонентов. В пробе Аллер-Форель обнаруживали бактерий группы кишечных палочек, свидетельствующие о фекальном загрязнении корма. Данная группа бактерий сохраняла активность роста при хранении проб корма в условиях температур +18...+20 °С и +26 °С. Основной микробный фон кормов составляли сапрофитные бактерии рода *Bacillus* различных видов.

Способность бактерий к спорообразованию позволяет переносить кратковременное увеличение температуры в процессе изготовления корма, кроме того, споры бактерий переносят высушивание. В бактериофлоре кормов присутствовали кокковые бактерии – стафило- и микрококки, попавшие в корма из воздуха, рук персонала или исходных компонентов. В пробе корма Aller 45/15 были выявлены условно-патогенные бактерии рода *Pseudomonas*, участвующие в развитии бактериальных инфекций выращиваемых рыб. По результатам исследования изменения характера микрофлоры кормов Aller-Форель и Aller 45/15 в течение 12 месяцев хранения установили, что температурные режимы +18...+20 °С и +26 °С – оптимальны для развития доминирующих видов бактерий, которые при нарушении санитарных условий в процессе упаковки, транспортировки и хранения кормов приводят к бактериальной порче с накоплением токсичных для рыб продуктов обмена. При всех исследованных температурных режимах хранения в течение года в кормах были обнаружены плесневые грибы при доминировании грибов рода *Penicillium*. Плесневые грибы относятся к контаминантам рыбных кормов и их компонентов, при высокой степени обсемененности приводят к развитию патологий внутренних органов рыбы и ее гибели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Факторович К.А. Алиментарные заболевания рыб // Биологические основы рыбоводства: паразиты и болезни рыб. – М.: Наука, 1984. – С. 144-159.
2. Головина Н.А., Головин П.П., Романова Н.Н. Алиментарные болезни культивируемых рыб и разработка методов их коррекции // Проблемы ихтиопаразитологии и ихтиопатологии в современных условиях. – СПб: ГосНИОРХ, 2001. - Вып. 329. - С. 39-44.
3. Бурлаченко И. В. Актуальные вопросы безопасности комбикормов в аквакультуре. – М.: Изд-во ВНИРО, 2008. – 183 с.
4. Жезмер В.Ю., Ляшенко Е.В. Санитарно-бактериологическое качество комбикормов, используемых при выращивании рыбы // Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах: сб. науч. тр. ВНИИПРХ, 1991. - Вып. 64. - С. 19–24.
5. Ларцева Л.В., Шульга Е.А., Пузанков И.В. Санитарно-микробиологическая характеристика искусственных кормов, используемых в осетроводстве // Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та, 2004. – №2 (21). – С. 61-66.
6. Юхименко Л.Н., Литов А.В., Бычкова Л.И. Бактериальные контаминанты комбикормов и их влияние на среду обитания и организм рыб // Водные биоресурсы и аквакультура. – Киев, 2010. – С. 397-399.
7. Микотоксины в аквакультуре: распространение и последствия / Р. Гонсалвес, Д. Шатцмайр, У. Хофштеттер и др. // Комбикорма, 2017. - №6. – С. 82-86.
8. Влияние микотоксинов в кормах на рост и физиологическое состояние карпа / В.Я. Складов, Н.А. Студенцова, В.А. Селиванова и др. // Известия вузов. Пищевая технология, 1998. - №5-6. – С. 16-18.
9. Определитель бактерий Берджи / Под ред. Дж. Хоулта: в 2 т. – М.: Мир, 1997.
10. Ветеринарно-санитарные нормы и требования к качеству кормов для непродуктивных животных, 1997. - № 13-7-2/1010. – 15 с.
11. Изучение влияния продукционных кормов на микробиоценоз органов тиларии (*Tilapia*) в установках замкнутого водообеспечения / С.М. Шалгимбаева, С.Ж. Асылбекова, А.К. Садвакасова и др. // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство, 2016. - №3. – С. 94-99.
12. Микробиоценоз воды, кормов и рыбы в нерестово-выростном хозяйстве «Прибрежное» / Е.В. Авдеева, М.Ю. Котлярчук, В.А. Гулая и др. // Прибрежный: прошлое, настоящее, будущее. Материалы научно-практической конференции. – Калининград: Издательство Калининградского государственного университета, 2001. – С. 41-44.
13. Авдеева Е. В., Котлярчук М. Ю., Казимирченко О. В. Опыт изучения микробиоценозов при выращивании рыбы в УЗВ в Калининградской области // III Балтийский форум. Международная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоёмов». Труды. – Калининград: ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», 2015. – С. 114-116.

SANITARY AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF FISH FEEDS AND ASSESSMENT OF THEIR MICROFLORA CHANGES DURING STORAGE

¹Avdeeva Elena Vitalievna, Candidate of Biological Sciences, Professor

²Kazimirchenko Oksana Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

³Kotlyarchuk Marina Yurievna, Candidate of Biological Sciences

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,

e-mail: ¹elena.avdeeva@klgtu.ru; ²oksana.kazimirchenko@klgtu.ru

The microbiological analysis of several types of fish feed was carried out, the change in the composition of fish feed's microflora of under different temperature conditions during 12 months was studied. In feed samples of Aller Trout and Aller 45/15 high rates of total bacterial contamination, the presence of microscopic fungi were revealed. Intestinal group bacteria were also found in the Aller Trout samples. Spore bacteria of the genus Bacillus, mold fungi of the genus Penicillium were dominated in fish feed's microflora.

УДК 639.21.3(470) + 639.2(261)

РЕАЛИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ ДО 2030 ГОДА ПРИ ВЕДЕНИИ ПРОМЫСЛА В АТЛАНТИЧЕСКОМ ОКЕАНЕ В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

¹Архипов Александр Геральдович, д-р биол. наук, доцент,

профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры; научный координатор

²Осадчий Виктор Михайлович, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

³Саускан Владимир Ильич, д-р биол. наук, профессор, консультант-наставник Института рыболовства и аквакультуры

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ²osadvn@rambler.ru

¹Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО»), Калининград, Россия, e-mail: ¹ag_arkhipov@mail.ru

Рассмотрены возможности достижения поставленных в «Стратегии развития рыбного хозяйства России до 2030 года» (Стратегия – 2030) целей увеличения добычи водных биологических ресурсов в различных районах Атлантического океана в новых экономических условиях. Так как меняется формат взаимодействия российских представителей и рыбодобывающих предприятий с международными рыбохозяйственными организациями, в Стратегию – 2030 планируется внесение соответствующих корректив.

Введение

Россия полноправный участник международной морехозяйственной деятельности в Мировом океане. Наша страна выполняла и выполняет все международные правовые акты в области рыболовства и сохранения живых ресурсов. Российская Федерация в 1997 году ратифицировала Конвенцию ООН по морскому праву и неукоснительно соблюдает все ее положения.

Основные цели и задачи деятельности России в Мировом океане изложены в Морской доктрине РФ [1]. В 2019 году Правительством Российской Федерации также утверждена «Стратегия

развития рыбного хозяйства России до 2030 года» (Стратегия-2030) [2], которая предусматривает, в том числе, увеличение добычи водных биологических ресурсов (ВБР) в различных районах Атлантического океана.

Продовольственная и сельскохозяйственная организация при ООН (ФАО) определила семь промысловых районов для Атлантического океана (рис. 1). Основные промысловые районы Атлантики, в которых работает отечественный рыболовный флот – Северо-Восточная Атлантика (СВА) и Центрально-Восточная Атлантика (ЦВА). Кроме того, перспективным районом промысла для России является Антарктическая часть Атлантики (АЧА) [3-5].

Результаты и обсуждение

Рассмотрим возможности достижения поставленных в вышеперечисленных документах целей по увеличению добычи водных биологических ресурсов в основных промысловых районах Атлантики в новых экономических условиях, вызванных введёнными экономическими санкциями.

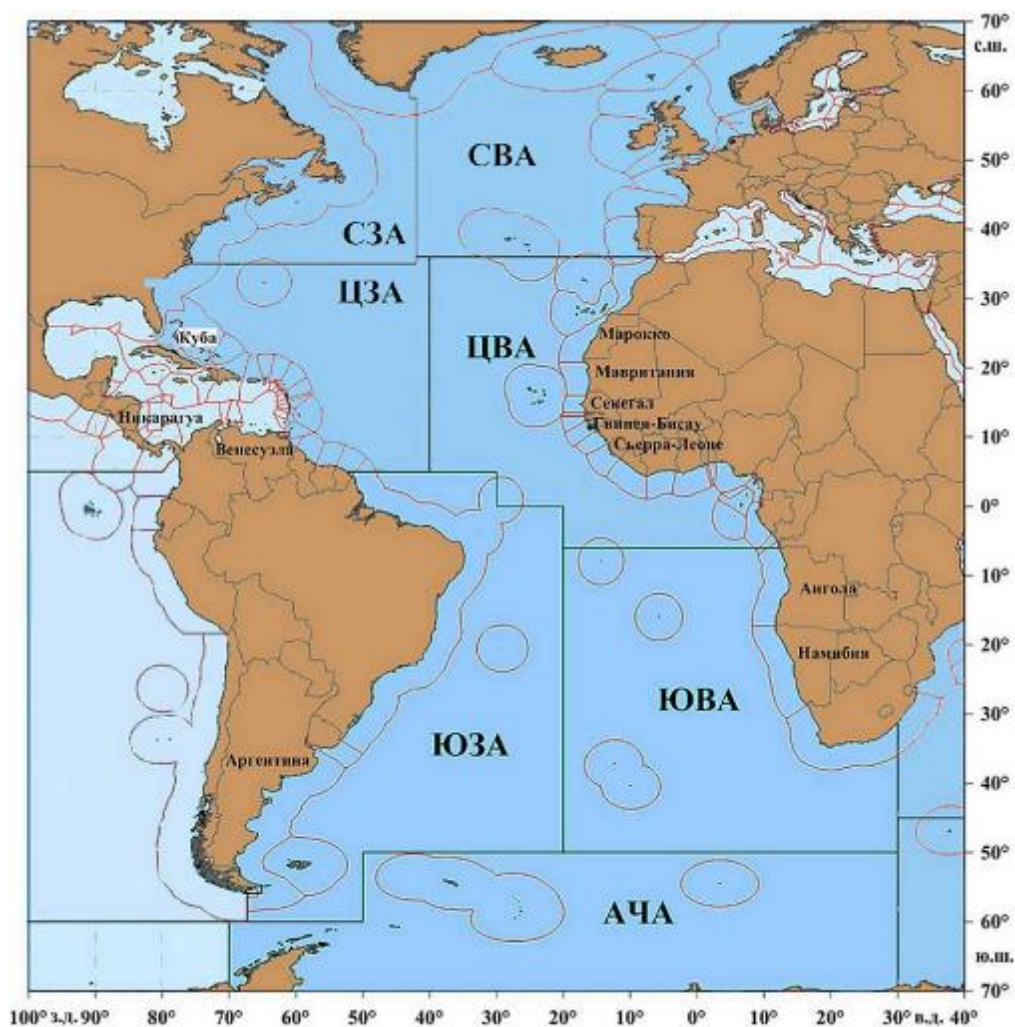


Рис. 1. Промысловые районы Атлантического океана (районирование по ФАО)

Северо-Восточная Атлантика (СВА)

В регионе осуществляются научные исследования и весьма действенный контроль промысла в рамках межправительственных соглашений и международных региональных организаций. Отечественные специалисты ведут мониторинг российского промысла и участвуют в международных съёмках, по оценке запасов морских окуней. Возможный вылов ВБР в открытых водах распределяется между странами-участницами Комиссии по рыболовству в Северо-Восточной Атлантике (НЕ-АФК). Ежегодные суммарные мировые уловы водных биоресурсов в последние годы находились

на уровне 8,0-9,3 млн т (рис. 2) [6, 7]. Сырьевая база российского рыболовства в СВА представлена в основном пелагическими видами – путассу, пикшей, треской, сельдью, скумбрией и морскими окунями. Всего в СВА (без уловов в Баренцевом и Норвежском морях) Россия может добывать до 80-90 тыс. т., а с учётом северных морей – до 1,1 млн т (рис. 2) [3, 5, 8]. Все установленные Международной комиссией НЕАФК квоты для России в основном осваиваются в полном объеме. Резервными объектами промысла могут быть мезопелагические виды, запасы которых в Атлантике довольно значительны. Однако для этих объектов ещё не разработаны эффективные и экономически выгодные способы лова и переработки продукции.

В связи с введёнными экономических санкциями временно приостановлено участие России в региональных международных организациях – НЕАФК и Международному совету по исследованию моря (ИКЕС). Российским рыболовным судам временно запрещён вход в порты западноевропейских стран. В связи с этим часть нашего рыбодобывающего флота из этого района вынуждена перебазироваться в некоторые африканские страны или в российскую экономическую зону.

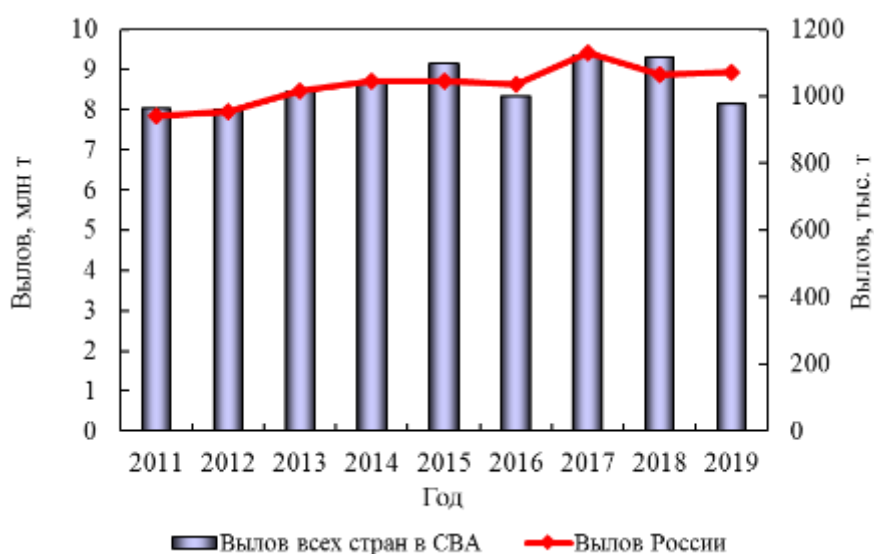


Рис. 2. Вылов ВБР в Северо-Восточной Атлантике

Центрально-Восточная Атлантика (ЦВА)

Основой сырьевой базы промысла в ЦВА являются запасы массовых пелагических рыб – европейской сардины, европейской и западноафриканской ставриды, каранкса, круглой и плоской сардинеллы, восточной скумбрии и некоторых других видов. Нарращивание вылова возможно, в основном, за счет сардины, численность которой остается на стабильном уровне, и в определенной степени за счет скумбрии. Суммарный вылов ВБР всеми странами, ведущими промысел в этом районе, в последние годы был довольно устойчивым и колебался в пределах 4,2-5,1 млн т (рис. 3) [6, 7]. Контроль промысла в ЦВА осуществляется Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО). Российские специалисты ведут мониторинг отечественного промысла и проводят ежегодные съёмки по оценке пополнения массовых пелагических рыб в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) Марокко. ЦВА является традиционным районом отечественного рыбного промысла. В настоящее время вылов России в ЦВА (в ИЭЗ иностранных государств) находится на уровне 140-240 тыс. т/год [8]. Ежегодный вылов России в этом районе (по межправительственным соглашениям в ИЭЗ иностранных государств) возможен в объёме 250-260 тыс. т (рис. 3) [3, 5].

Перспективными объектами промысла в этом районе являются тунцы. Как известно, после распада СССР Россия практически прекратила специализированный промысел тунцов. Тунцы суммарно с пеламидой и марлинами занимают третье место по объёму добычи (более 8 млн т), из них тунцов вылавливается примерно 5 млн т в год, в районе Атлантики – более 600 тыс. т, и они наиболее востребованы на мировом рынке [6, 7, 9].



Рис. 3. Вылов ВБР в Центрально-Восточной Атлантике

Проблема восстановления национального тунцеловного промысла неоднократно обсуждалась на различных уровнях. В Стратегии-2030 поставлена задача – создать тунцеловный флот, обеспечивающий уловы в Атлантике в объеме до 60 тыс. т (Проект «Развитие отечественного промысла тунцов»). Для решения этой задачи нет никаких ограничений в международно-правовом аспекте. Международное регулирование промысла тунцов в Атлантическом океане осуществляет Международная комиссия по сохранению атлантических тунцов (ИККАТ), с которой российские специалисты продолжают сотрудничать. Наши позиции и достижения в области сохранения тунцов в этой международной организации никто не отрицает. Решение поставленной в Стратегии-2030 задачи зависит только от того, насколько быстро будет построен национальный тунцеловный флот. Его базирование возможно в г. Калининграде, но оперативное обслуживание предстоит организовать в ряде африканских государств.

Предположительный объем добычи тунцов Россией, после корректировки Стратегии-2030 в новых экономических условиях, может быть меньше 60 тыс. т. Увеличение вылова тунцов возможно только при строительстве или покупке (аренде) специализированных современных тунцеловных сейнеров. Введение нового флота в промысел потребует согласования в Международной комиссии ИККАТ. Научное сопровождение тунцеловного промысла мог бы осуществлять Атлантический филиал ВНИРО (АтлантНИРО). Безусловно, реализация проекта возможна при активной поддержке государства [9, 10].

В Центрально-Восточной Атлантике Россия заключила двусторонние соглашения в области рыболовства с Марокко, Мавританией, Сенегалом и Гвинеей-Бисау. Сотрудничество с этими странами имеет многолетнюю историю и развивается успешно.

Например, в мае 2022 г. делегация ученых АтлантНИРО приняла участие в Международном симпозиуме «Мелкие пелагические виды рыб в районе Северо-Западной Африки: освоение, расширение использования и последствия изменения климата». Встреча состоялась в г. Нуакшот (Мавритания). Симпозиум собрал более 300 делегатов из 17 стран Африки, Европы и Азии. Участники обсудили перспективы рациональной и устойчивой эксплуатации морских биоресурсов региона. Мавританская сторона выразила глубокую заинтересованность в проведении российскими учеными тралово-акустических съёмок по оценке биомассы пелагических видов рыб в исключительной экономической зоне Мавритании в комплексе с океанографическими и гидробиологическими исследованиями пелагической экосистемы. Мавританские коллеги также подчеркнули практическую значимость съёмок по учёту пополнения пелагических видов рыб, которые могут выполняться в рамках заключенного межправительственного соглашения. Кроме Мавритании и другие страны Западной Африки выразили желание о расширении сотрудничества с РФ по вопросам рыболовства и сохранению живых ресурсов ЦВА [10].

Что касается влияния экономических санкций, то страны Западной Африки против нашей страны их не вводили, поэтому отечественный рыбопромысловый флот активно работает в этом районе.

Антарктическая часть Атлантики (АЧА)

Антарктический криль является главным промысловым ресурсом в водах так называемого Южного океана. По сочетанию потенциала вылова и потребительских свойств антарктический криль на сегодняшний день – крупнейший и самый перспективный ресурс Мирового океана. Кроме того, в АЧА ведётся промысел клыкачей и ледяной рыбы. Динамика общего вылова промысловых гидробионтов АЧА (в первую очередь – криля) изменялась в пределах 0,16-0,37 млн т. (рис. 4) [6, 7]. Весь современный промысел криля сосредоточен в Антарктической части Атлантики. Общая биомасса криля в АЧА оценивается значением 60,1 млн т, величина общего допустимого вылова установлена на уровне 5,61 млн т при временном ограничении на вылов в 620 тыс. т. Регулированием добычи и охраной водных биоресурсов АЧА занимается Комиссия стран участниц Конвенции по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (АНТКОМ). Отечественные специалисты участвуют в международном мониторинге промысла и международных съёмках по оценке запасов антарктического криля. Анализируется статистика промысла из доступных международных источников. Ежегодно Россия может добывать в АЧА более 300 тыс. т криля [3, 5, 11].

Особое значение в Стратегии-2030 придается восстановлению промысла криля в Антарктической части Атлантики (Проект «Добыча и производство промышленных продуктов из уловов антарктического криля»). Изучение и промысел в этом районе осуществлялись в 80-е годы XX века советскими учеными и рыбаками. Максимальные уловы криля в СССР достигали 500 тыс. т. Криль – источник уникальных белков, жиров, ферментов, минеральных элементов, необходимых для производства пищевой продукции, кормовой муки, специализированных кормов для аквакультуры, лекарств и т.д. Для организации промысла криля в Стратегии-2030 предусматривается строительство 5-и судов рыбодобывающего флота и 3-х транспортных судов, а также в перспективе доведение добычи антарктического криля до 450 тыс. т в год.

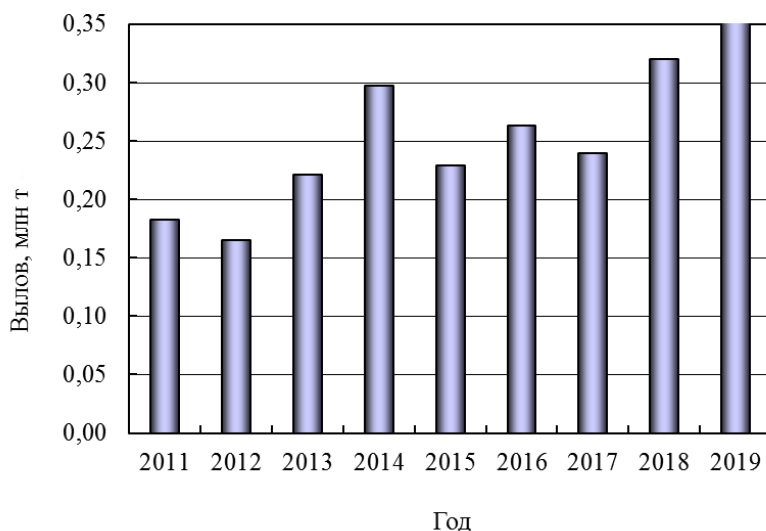


Рис. 4. Вылов ВБР в Антарктической части Атлантики.

Однако возобновление отечественного промысла требует развития судовой и береговой переработки криля. Необходимо планировать большие объемы высокотехнологичной переработки сырья в береговых условиях, а также организовать научное сопровождение для обеспечения оперативного промыслового прогнозирования и работ по технологии переработки криля.

В настоящее время ряд западных стран под предлогом сохранения природы Антарктики предлагают установить заповедные зоны (морские охраняемые районы – МОР), в которые попадают традиционные районы промысла криля российскими рыбаками. Если такое решение будет принято, то цели по восстановлению промысла криля станут практически недостижимыми. Необходимо отметить, что авторы данной идеи не приводят никаких научных данных по обоснованию введения заповедных зон. На последних сессиях АНТКОМ Россия выражала несогласие с данным решением

и предложила провести всесторонние научно-исследовательские работы, а уже после изучения, исходя из полученных результатов, рассмотреть этот вопрос в рамках процедуры данной Комиссии. Учитывая ситуацию по крилю в Антарктике, представляется чрезвычайно важным продолжение Россией комплексных научно-исследовательских работ по оценке его запасов [12].

Международные экономические санкции не коснулись возможности сотрудничества нашей страны с АНТКОМ, и наши представители участвуют в работе этой международной организации. В том числе сотрудники Атлантического филиала ВНИРО (АтлантНИРО) активно представляют интересы нашей страны в рабочих группах и Научном Комитете АНТКОМ [10].

В целом экономические санкции против России включают возможность западных стран вводить запреты на заходы или удорожание стоянок российских судов и их обслуживание в иностранных портах. Кроме того – осложняются возможности реализации российских уловов ВБР и продукции из них в других странах. Имеется ввиду экспорт и импорт продукции, а также продажа на внутреннем рынке, логистика, формирование цен. Возможно – изменится спрос на продукцию из ВБР, выловленную российскими рыбаками. Как следствие – вероятны изменения соотношения в годовых уловах России разных групп ВБР. Однако санкции могут способствовать росту темпов развития марикультуры в России. Скорее всего, в результате санкций произойдет удорожание строительства и ремонта морских судов за границей, и постепенный переход к ремонту и строительству флота внутри России [13, 14]. Изменится формат взаимодействия российских представителей и рыбодобывающих предприятий с международными рыбохозяйственными организациями. Поэтому в Стратегию-2030 планируется внесение соответствующих корректив.

Выводы

1. Для достижения целей, установленных в Стратегии-2030, есть необходимые ресурсы и условия. Однако в условиях экономических санкций в этот документ планируется внесение соответствующих корректив.

2. Для осуществления эффективного российского промысла в Атлантическом океане, не смотря на введённые экономические санкции, имеются все необходимые международно-правовые акты.

3. Расширение сотрудничества в первую очередь со странами Западной Африки и организация промысла криля в АчА позволят создать новые возможности для сохранения и увеличения объемов добычи живых ресурсов в Атлантическом океане.

4. На период реализации Стратегии-2030 необходимо значительно увеличить объемы финансирования научно-исследовательских работ в Атлантическом океане.

5. Для реализации Стратегии-2030 Калининградская область может представить необходимый материально-технический и кадровый потенциал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морская доктрина Российской Федерации, утвержденная Президентом Российской Федерации // 26.07.2015 г. – 24 с.

2. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная Распоряжением Правительства Российской Федерации от 26.11.2019 г. № 2798-р. – 58 с.

3. Саускан В.И., Архипов А.Г., Осадчий В.М. О современном состоянии и перспективах развития российского промысла водных биоресурсов в Атлантическом океане и южной части Тихого океана // «Рыбное хозяйство». – 2018. – № 5. — С. 7-11.

4. Саускан В.И., Осадчий В.М., Архипов А.Г. О роли и задачах отечественной рыбохозяйственной науки в развитии океанического рыболовства // «Рыбное хозяйство». – 2020. – № 2. – С. 18-23.

5. Бандурин К.В., Архипов А.Г. Современное состояние и перспективы развития российского промысла водных биоресурсов в океанических районах исследований АтлантНИРО // Труды АтлантНИРО, – 2019. – Т. 3. – № 2(8). – С. 5-14.

6. FAO Yearbook / Fishery and Aquaculture Statistics (2014). Rome: FAO, 2016. – 77 p.

7. FAO Yearbook / Fishery and Aquaculture Statistics (2018). Rome: FAO, 2021. – 82 p.

8. Статистика и аналитика // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika>.

9. Булатов О.А., Бандурин К.В., Нестеров А.А., Михайлов А.И. Промысел и состояние запасов тунцов в зоне действия комиссии ИККАТ // «Вопросы рыболовства», 2019. – Т. 20. – № 4. – С. 436–456.

10. Архив новостей// Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://atlant.vniro.ru/index.php/nov/arkhiv-novostej>.

11. Касаткина С.М., Абрамов А.М., Соколов М.Ю. Биомасса и распределение антарктического криля в Антарктической части Атлантики в январе-феврале 2020 года // Труды АтлантНИРО.– 2021. – Т. 5. – № 2(8). – С. 49-61.

12. Петров А.Ф., Касаткина С.М. Морские охраняемые районы (МОР) в Антарктике – инструмент геополитической борьбы за ресурсы // «Рыбное хозяйство». 2019. –№ 3. – С. 3-16.

13. Работу в условиях санкций обсудил совет АРПП// Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://fishnews.ru/news/44713/>

14. Флот для рыбаков будут строить быстрее: верфи повышают уровень производительности труда// Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://fish.gov.ru/news/2022/05/06/flot-dlya-rybakov-budut-stroit-bystree-verfi-povyshayut-uroven-proizvoditelnosti-truda/>

IMPLEMENTATION OF THE STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF THE FISHING INDUSTRY OF RUSSIA UNTIL 2030 IN THE ATLANTIC OCEAN IN MODERN ECONOMIC CONDITIONS

¹Arkhipov Aleksandr GERAL'DOVICH, doctor of biological sciences, associate professor, professor of the department of aquatic bioresources and aquaculture; scientific coordinator

²Osadchiy Viktor Mikhailovich, candidate of biological sciences, associate professor; associate professor of the department of aquatic bioresources and aquaculture

³Sauskan Vladimir Il'ich, doctor of biological sciences, professor, consultant-mentor of the Institute of fisheries and aquaculture

^{1,2,3}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: ²osadvm@rambler.ru

¹Atlantic branch Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Kaliningrad, Russia, e-mail: ¹ag_arkhipov@mail.ru

The possibilities of achieving the goals of increasing the production of aquatic biological resources in various areas of the Atlantic Ocean in the new economic conditions set in the «Strategy for the development of the fish industry of Russia until 2030» (Strategy – 2030) are considered. Since the format of interaction between Russian representatives and fishing enterprises with international fisheries organizations is changing, it is planned to make appropriate adjustments to the Strategy – 2030.

БИОЛОГИЯ АМЕРИКАНСКОГО ПОЛОСАТОГО РАКА *FAXONIUS LIMOSUS* (RAFINESQUE, 1817) (ASTACOIDEA: CAMBARIDAE) ИЗ ВОДОЕМОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ, 2018-2021 ГГ.

¹Бегунова Софья Андреевна, студентка кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура»

²Судник Светлана Александровна, канд. биол. наук,
доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура»

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹sofya.begunova.00@mail.ru; ²svetlana.sudnik@klgtu.ru

*Представлены первые результаты изучения биологии американского полосатого рака *Faxonius limosus*, собранного в 2018–2021 гг. из 12 водоемов Калининградской области. Комплексный биологический анализ 204 особей позволил описать размерно-половой состав, массу тела и размерно-весовую зависимость у особей вида, репродуктивное состояние самцов и самок, связь репродукции и питания, состояние экзоскелета раков, их некоторых эбионтов, клинические признаки болезни «черных жабр».*

Материалы и методы

Материал для исследования биологии рака *F. limosus* (33 пробы) показан в таблице 1; использованы гидробиологический сачок (ISO 10870:2012) с ячейей 0,5 мм, ставные сети с ячейей 18-55 мм. Фиксация материала происходила 8 %-ным раствором формальдегида.

Таблица 1

Материал *F. limosus*, водоемы Калининградской области, 2018-2021 гг.

№	Дата	Водоем	Кол-во особей, экз.	Орудие лова, глубина, м	Сборщики проб
1.	05.07.2018	пруд Нижний	5	гидробиологический сачок, 0,5-1,5	студенты 17-ВА «КГТУ»
2.	09.05.2018	река Дейма	1	ставная сеть, 0,2-0,8	Новожилов О.А.
3.	19.06.2018	река Писса	18		
4.	28.09.2018	река Преголя	1	ставная сеть, 1,5-3,0	
5.	09.10.2018	озеро Шенфлиз	4	ставная сеть, 2,5-4,5	
6.	19.10.2018	река Преголя	2	ставная сеть, 1,5-3,0	
7.	10.11.2018	река Неман	2		
8.	16.11.2018	водохранилище Правдинское	6	ставная сеть, 1,5-10	
9.	24.11.2018	озеро Виштынецкое	10	ставная сеть, 2,5-4,5	
10.	14.04.2019	река Прохладная	4	ставная сеть, 6,0	
11.	23.05.2019	река Неман	1	ставная сеть, 1,5-3,0	
12.	29.05.2019	река Преголя (в карьерах)	1	ставная сеть, 0,2-0,8	
13.	09.06.2019	река Дейма	1	ставная сеть, 2,5-3,5	
14.	1-5.07. 2019	озеро Виштынецкое	2	ставная сеть, 3,0-10,0	
15.	14.09.2019	река Неман	9	ставная сеть, 1,5-3,0	
16.	28.09.2019	река Преголя	2	ставная сеть, 1,5-8,0	
17.	10-11.10.2019	водохранилище Правдинское	10	ставная сеть, 1,5-10,0	
18.	19.10.2019	река Преголя	10	ставная сеть, 1,5-8,0	
19.	26.10.2019	озеро Виштынецкое	6		
20.	29.10.2019	озеро Виштынецкое	10	ставная сеть, 3,0-10,0	
21.	28.02.2020	река Северная	4	ставная сеть, 3,5-4,5	
22.	20.03.2020	река Неман	5	ставная сеть, 1,5-3,0	
23.	24.03.2020	река Преголя(в карьерах)	5	ставная сеть, 7,5-9,0	

№	Дата	Водоем	Кол-во особей, экз.	Орудие лова, глубина, м	Сборщики проб
24.	26.03.2020	водохранилище Правдинское	3	ставная сеть, 1,5-10,0	
25.	10.06.2020	река Неман	16	ставная сеть, 1,5-2,0	
26.	10.08.2020	река Неман	10		
27.	28.06.2021	озеро Шенфлиз	1	гидробиологический сачок, 0,5-1,5	Бегунова С.А.
28.	04.07.2021	озеро Синявинское	2		
29.	12-17.07.2021	озеро Виштынецкое	17	ставная сеть, 5,0-10	Кривопускова Е.В.
30.	20.08.2021	озеро Форелевое	2	гидробиологический сачок, 0,5-1,5	Бегунова С.А.
31.	08.09.2021	водохранилище Правдинское	3	ставная сеть, 1,5-10	Меньшенин А.С.
32.	20.10.2021	река Преголя	10	ставная сеть, 7,0-9,0	
33.	12.11.2021	озеро Виштынецкое	21	ставная сеть, 5,0-10	
всего			204		

В состав комплексной методики лабораторного анализа десятиногих раков вошли данные нескольких методик [2, 3, 4], оценивающих следующие параметры: определение пола особи, определение стадии зрелости гонад (по 6-балльной шкале для яичников; по 4-балльной шкале для семенников), стадии развития вынашиваемых эмбрионов (по 5-балльной шкале), состояния экзоскелета особи с оценкой стадии линочного цикла (по 3-балльной шкале), степени наполнения желудка (по 4-балльной шкале), степени поражения жабр болезнью «черных жабр» (по 4-балльной шкале), морфометрия (измерение 12 пластических признаков с точностью 0,1 мм: промысловая длина; зоологическая длина; длина карапакса (ДК) и ширина; длина рострума; длина и ширина скафоцерита; ширина брюшка в районе сомита 2; длина и ширина сомита брюшка 6; длина плеврита сомита брюшка 2; длина тельсона), определение массы тела особи с точностью 0,01 г, оценка прямым подсчетом в камере Богорова величин плодовитости (абсолютной разовой: АРП; общее количество зрелых ооцитов в яичнике; и реализованной разовой: РРП; количество яиц в кладке с плеоподов), мертвых яиц, определение размеров полигональных зрелых ооцитов и овальных яиц (измерение большого и малого размера с точностью 0,01 мм).

Результаты и обсуждение

1.1 Половой состав *Faxonius limosus*

В целом, среди исследованных особей отмечено сильное доминирование самцов, ювенилы и самки преобладали крайне редко (таблица 2).

Таблица 2

Половой состав *F. limosus*, водоемы Калининградской области, 2018-2021 гг.

Дата	Водоем	Количество особей, шт.	ювенилы: самцы: самки	
			количество, экз.	доли, %
05.07.2018	пруд Нижний	5	3 juv : 2♂	60:40: 0
09.05.2018	река Дейма	1	1 ♂	—
19.06.2018	река Писса	18	7♂:11♀	0:39:61
28.09.2018	река Преголя	1	1♂	—
09.10.2018	озеро Шенфлиз	4	4♂	—
19.10.2018	река Преголя	2	2♂	—
10.11.2018	река Неман	2	2♂	—
16.11.2018	водохранилище Правдинское	6	6♂	—
24.11.2018	озеро Виштынецкое	10	9♂:1♀	0:90:10
14.04.2019	река Прохладная	4	3♂:1♀	0:75:25
23.05.2019	река Неман	1	1♂	—
29.05.2019	река Преголя	1	1♂	—
09.06.2019	река Дейма	1	1♂	—
1-5.07.2019	озеро Виштынецкое	2	2♂	—

Дата	Водоем	Количество особей, шт.	ювенилы: самцы: самки	
			количество, экз.	доли, %
14.09.2019	река Неман	9	9♂	–
28.09.2019	река Преголя	2	2♂	–
10-11.10.2019	водохранилище Правдинское	10	10♂	–
19.10.2019	река Преголя	10	10♂	–
26.10.2019	озеро Виштынецкое	6	6♂	–
29.10.2019	озеро Виштынецкое	10	9♂:1♀	0:90:10
28.02.2020	река Северная	4	4♂	–
20.03.2020	река Неман	5	5♂	–
24.03.2020	река Преголя	5	1juv:4♂	20:80:0
26.03.2020	водохранилище Правдинское	3	3♂	–
10.06.2020	река Неман	16	1juv:14♂:1♀	6:88:6
10.08.2020	река Неман	10	2juv:7♂:1♀	20:70:10
28.06.2021	озеро Шенфлиз	1	1♂	–
04.07.2021	озеро Синявинское	2	2♂	–
12-17.07.2021	озеро Виштынецкое	17	16♂:1♀	0:90:10
20.08.2021	озеро Форелевое	2	2♂	–
08.09.2021	водохранилище Правдинское	3	2♂:1♀	0:66:33
20.10.2021	река Преголя	10	8♂:2♀	0:80:20
12.11.2021	озеро Виштынецкое	21	18♂:3♀	0:86:14

В 21 из 33 сборов (из четырех озер, водохранилища и трех рек) пойманы только самцы (таблица 2). При преобладании самцов в трех сборах из рек Неман и Преголя встречены еще немногие ювенильные особи, а в 12 сборах из рек Неман, Прохладная, Преголя, Писса, озера Виштынецкое и водохранилища – и самки. Количество самок превышало таковое самцов (в 1,5 раза) лишь в одном улове – из реки Писса, в июне. В сборе из пруда Нижний в начале июля преобладали ювенильные особи. В уловах разных сезонов года тоже отмечено доминирование самцов: весной и летом кроме них иногда, чаще в небольшом количестве, встречались самки и ювенилы, осенью – немногие самки; зимой – только самцы. В пробах из других водоемов (Польша и США) соотношение полов у вида варьировалось от равного до преобладания самцов в 2-3 раза (таблица 3).

Таблица 3

Соотношение полов *Faxonius limosus* в разных водоемах

Водоем	Страна	Года, сезон	Соотношение полов, %		Авторы
			самцы	самки	
пруд Плочичанский	Польша	1999-2003 гг.	51	49	[5]
озеро ДгалВельки			70	30	
озеро Ханьча			68	32	
западная часть река Вислы		2001 г., август-октябрь	67	33	[6]
пруд Клифтонс	США	2005-2017 гг.	50-75	25-50	[1]

Вывод: соотношение полов у вида изменчиво, но, очевидно доминирование в материалах разных водоемов, лет и сезонов года самцов, что может объясняться как особенностями их сбора, так и предпочтением самками укрытий.

1.2 Размеры тела и морфометрия *Faxonius limosus*

Сравнение морфометрии по 12 пластическим признакам у самцов и самок *F. limosus* из водоемов области показало отсутствие межполовых отличий (таблица 4).

Морфометрия *Faxonius limosus*, водоемы Калининградской области, 2018-2021 гг.

Пластический признак	самцы			самки		
	кол-во, экз.	размеры, мм		кол-во, экз.	размеры, мм	
		диапазон	среднее±sd		диапазон	среднее±sd
Промысловая длина	174	48,7-104,8	74,5±10,44	22	59,8-93,4	76,4±11,71
Общая (зоологическая) длина	173	36,6-118,4	83,7±11,84		63,4-108,4	85,4±13,95
Длина карапакса	174	19,3-43,2	31,5±4,53	23	25,1-40,5	31,9±5,17
Длина карапакса с рострумом	173	23,6-64,3	41,8±6,19		29,6-57,6	43,3±7,38
Ширина карапакса	174	11,9-41,1	22,10±3,62		17,1-29,1	22,6±3,44
Длина рострума	173	2,4-23,1	10,3±2,87	22	4,4-17,1	11,4±2,90
Длина тельсона	174	4,2-22,9	15,3±3,23		13,2-21,1	16,4±2,59
Длина плеврита сомита брюшка 2	174	3,1-18,2	7,3±2,15	23	4,4-10,6	7,3±1,32
Длина скафоцерита	174	1,2-19,1	9,8±2,20		7,1-14,2	9,9±1,74
Ширина скафоцерита	174	2,1-11	4,4±1,05		3,3-7,2	4,5±0,85
Ширина брюшка	174	5,1-33,2	19,7±3,57		15,2-30,1	22,5±3,78
Длина сомита брюшка 6	174	3,2-18,1	6,9±2,08		4,2-28,2	8,5±5,83
Ширина сомита брюшка 6	174	6,8-26,1	15,6±2,75		7,3-24,1	17,6±3,63

Сравнение наших морфометрических данных по трем признакам с таковыми для вида из реки Висла (таблица 5) морфологической изменчивости не выявило.

Таблица 5

Морфометрия особей *Faxonius limosus*, западная часть реки Висла

Пластический признак элемента экзоскелета	Размеры, мм					Авторы
	минимум	максимум	средний			
	общий	общий	общий	самцы	самки	
Общая (зоологическая) длина	77,0	118,0	94,4	95,0±8,9	97,4±5,9	[6]
Ширина карапакса	17,7	33,7	23,2	23,2±1,8	23,8±2,9	
Ширина брюшка	15,8	29,6	20,9	20,3±2,0	23,6±2,7	

По нашим данным длина карапакса у ювенильных особей достигала 22 мм, у самок – 40,5 мм, у самцов – 43 мм. Самые крупные самцы встречены в озерах Виштынецком и Шенфлиз; самки – в Виштынецком, реках Неман, Писса, водохранилище. Из-за общей малочисленности самок размеры самцов и самок сравнены только для реки Писсы – здесь отличий не выявлено (таблица 6).

Таблица 6

Размеры тела *F. limosus*, водоемы Калининградской области, 2018-2021 гг.

Водоемы	Длина карапакса, мм					
	ювенильные особи		самцы		самки	
	диапазон	среднее±sd	диапазон	среднее±sd	диапазон	среднее±sd
река Преголя	22,1	–	21,0-39,8	32,2±5,36	25,1 ; 34,1	–
река Неман	21,1-22,1	–	19,3-37,0	30,9±3,99	28,1 ; 38,7	–
река Дейма	–	–	19,5; 22,4	–	–	–
река Писса	–	–	25,8-38,3	32±4,78	25,2-38,2	29,5±3,30
река Северная	–	–	23,1-35,6	29,3±5,20	–	–
река Прохладная	–	–	30,7-33,1	–	31,4	–
озеро Виштынецкое	–	–	24,0-43,2	32,3±4,43	25,1-45,5	35,4±5,81
озеро Шенфлиз	–	–	29,8-43,1	34,1±5,48	–	–
пруд Нижний	8,3-9,4	–	24,2; 28,1	–	–	–
озеро Синявинское	–	–	31,1; 32,7	–	–	–
озеро Форелевое	–	–	25,4; 26,8	–	–	–
водохранилище Правдинское	–	–	22,1-35,2	30,8±3,05	39,9	–

Анализ размерного состава раков, выполненный по длине карапакса, (рисунок 1) показал для многих водоемов доминирование среднеразмерных (25-35 мм) самцов и самок, крупноразмерные особи обоих полов (до 40-43 мм) встречались реже и единично.

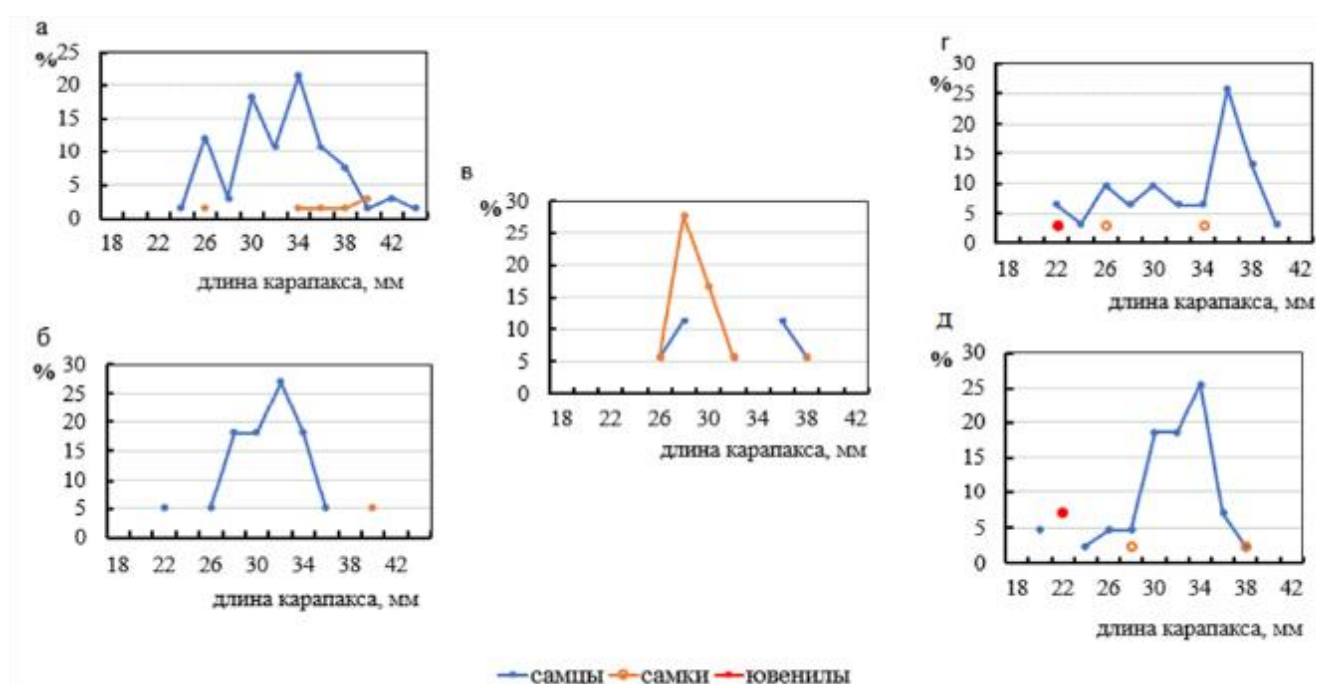


Рис. 1. Длина карапакса *F. limosus*, водоемы Калининградской области: а – озеро Виштынецкое; б – водохранилище Правдинское; в – река Писса; г – река Преголя; д – река Неман

В ряде водоемов Польши доминировали более крупные самцы и самки вида (таблица 7).

Таблица 7

Размеры тела особей *F. limosus* из разных водоёмов

Пол особей	длина карапакса, мм										Авторы
	пруд Плочичанский		озеро ДгалВельки		озеро Ханьча		западная часть реки Висла		пруд Клифтонс		
	диапазон	ср±sd	диапазон	ср±sd	диапазон	ср±sd	диапазон	ср±sd	диапазон	ср±sd	
общее	14,5-53,9	–	13,9-65,1	–	19,8-56,5	–	31,3-56,5	44,9	4,0-68,9	–	[1, 5, 6]
самцы	14,5-53,9	–	16,7-62,3	–	30,2-52,4	42,2±0,7	–	46,7±4,6	–	–	
самки	15,0-50,5	36,2±0,3	13,9-65,1	45,8±0,8	19,8-56,5	40,9±1,4	–	45,3±4,5	–	–	

1.3 Масса тела раков *Faxonius limosus*

Масса тела для juveniles не превышала 8,6 г, для самок – 39 г, у самцов достигала максимума – 58 г. Самые крупные по массе самцы встречены в озерах Виштынецком и Шенфлиз, самки – тоже в Виштынецком, а также реках Неман и Писса и водохранилище. Сравнение массы тела самцов и самок из озера Виштынецкого и реки Писсы отличий не обнаружило (таблица 8).

Масса тела *F. limosus*, водоемы Калининградской области, 2018-2021 гг.

Водоем	все			ювенильные особи			самцы			самки		
	диапазон	ср±sd	ДК	диапазон	ср ±s d	ДК	диапазон	ср±sd	ДК	диапазон	ср±sd	ДК
пруд Нижний	0,11-13,44	4,19±5,99	8,3-28,1	0,11-0,17	–	–	7,1-13,44	–	8,3-28,1	0,13-0,17	–	8,9-9,4
река Дейма	5,4-7,9	–	19,5-22,4	–	–	–	5,4-7,9	–	19,5-22,4	–	–	–
река Писса	8,08-37,11	17,99±9,55	25,2-38,3	–	–	–	8,08-37,11	22,58±11,7	25,8-38,3	11,02-35,93	15,07±6,97	25,2-38,2
река Преголя	6,64-39,43	23,52±10,85	21-39,8	8,64	–	22,1	11,18-39,43	24,92±10,67	21,0-39,8	8,87-18,51	–	25,10-34,10
река Неман	5,4-36,19	20,03±6,76	19,3-38,7	6,84-8,02	–	21,1-22,1	5,4-33,07	20,44±5,92	–	15,91-36,19	–	28,1-38,7
водохранилище Правдинское	7,53-33,72	22,04±6,64	22,1-39,9	–	–	–	7,53-33,54	21,49±6,26	22,1-35,2	33,72	–	39,9
озеро Виштынецкое	7,03-43,93	24,96±9,04	24-43,2	–	–	–	7,03-43,93	24,56±8,78	24,0-43,2	8,44-39,01	28,96±11,3	25,1-40,5
река Прохладная	–	–	–	–	–	–	21,6-23,18	–	30,7-33	23	–	31,4
озеро Шенфлиз	17,57-58,11	28,78±16,9	29,8-35,1	–	–	–	17,57-58,11	28,78±16,90	29,8-35,1	–	–	–
река Северная	14,83-33,08	21,00±8,50	23,1-35,6	–	–	–	14,83-33,08	21,00±8,50	23,1-35,6	–	–	–
озеро Синявинское	17,66; 18,22	–	31,1-32,7	–	–	–	17,66-18,22	–	31,1-32,7	–	–	–
озеро Форелевое	13,89; 14,77	–	25,4-26,8	–	–	–	13,89-14,77	–	25,4-26,8	–	–	–

Сравнение массы тела раков из водоемов Польши и нашего региона (таблица 9) для самцов показало схожесть значений, для самок – их различие.

Таблица 9

Масса тела *Faxonius limosus*, водоемы Польши, 1999-2003 гг.

Водоем	общее		самцы		самки			Авторы
	масса тела, г	ДК, мм	масса тела, г	ДК, мм	масса тела, г		ДК, мм	
	диапазон	диапазон	диапазон	диапазон	диапазон	ср±сo	диапазон	
пруд Плочицкий	0,6-34,0	14,5-53,9	0,6-34,0	14,5-53,9	0,8-30,3	12,4±0,2	15,0-50,5	[5]
озеро Дгал-Вельки	0,5-63,2	13,9-65,1	0,9-59,4	16,7-62,3	0,5-63,2	27,0±1,2	13,9-65,1	
озеро Ханьча	2,2-46,3	19,8-56,5	7,4-42,9	30,2-52,4	2,2-46,3	19,7±1,8	19,8-56,5	

Оценка размерно-весовой зависимости у особей *Faxonius limosus* из водоемов Калининградской области (рисунок 2) показала хорошую корреляцию величин длины карапакса и массы тела раков.

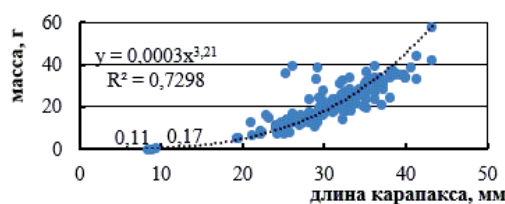


Рис. 2. Размерно-весовая зависимость для рака *Faxonius limosus*, водоемы Калининградской области, 2018-2021 гг.

1.4 Репродуктивное состояние самцов *Faxonius limosus*

В сборах преобладали достаточно крупные самцы с созревающими и зрелыми гонадами: их доля увеличивалась с зимы-весны к лету, достигая максимума осенью. Немногие более мелкие самцы со слабо развитыми гонадами немногочисленно встречались с весны по осень (таблица 10).

Таблица 10

Репродуктивное состояние самцов *F. limosus*, водоемы Калининградской области, 2018-2021 гг.

Стадия зрелости семенников	Состояние семенников	Доля, %	Водоемы (сезон, год)	Длина карапакса, мм	
				диапазон	ср±sd
II	в начале развития	16	озера Виштынецкое, Форелевое, реки Преголя, Неман, Дейма, Писса, водохранилище Правдинское (весна-осень; 2018-2021 гг.)	19,3-37,1	26,25±4,16
III	созревающие	50	Озера Виштынецкое, Шенфлиз, Правдинское водохранилище, Неман, Преголя (круглый год / всю осень; 2018-2021 гг.)	22,1-40,1	31,10±3,22
IV	зрелые	34	Озера Виштынецкое, Шенфлиз, Правдинское водохранилище, реки Неман, Писса, Преголя, Северная (круглый год / всю осень; 2018-2021 гг.)	25,2-43,2	34,48±3,89

Можно сделать первые предварительные заключения о репродукции самцов рака *F. limosus* в водоемах Калининградской области: впервые созревают, достигая ДК около 25 мм, участвовать в нересте могут с весны, но более массово – летом и, особенно, осенью (вплоть до конца ноября).

1.5 Репродуктивное состояние самок *Faxonius limosus*

В целом, в сборах самок в 2018-2021 гг. преобладали особи без яиц на плеоподах, общая доля яйценосных самок составила 13 % (рисунок 3).

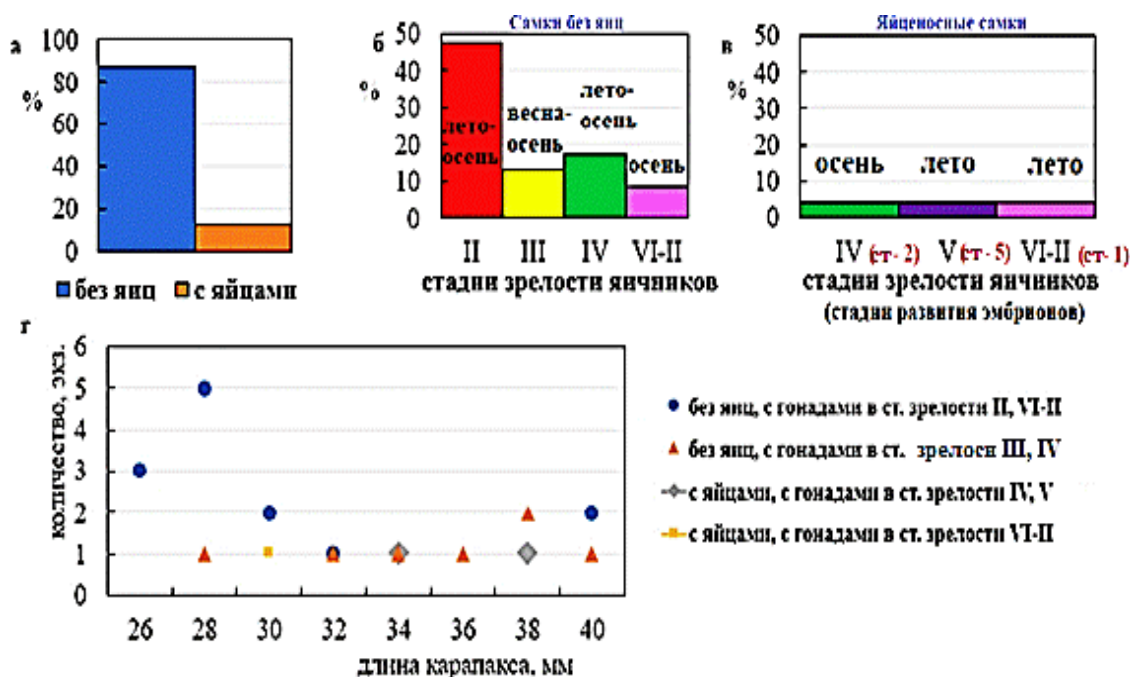


Рис. 3. Репродуктивное состояние самок рака *F. limosus*, водоемы Калининградской области, 2018-2021 гг.

Среди самок без яиц чаще встречались некрупные особи с неразвитыми гонадами (рисунок 3б). Самки с созревающими яичниками были крупнее, более зрелые из них отмечены летом и осенью (рисунок 3б, г). Крупные посленерестовые самки встречены осенью (рисунок 3в, г). Среди яйценосных самок летом одна мелкая особь вынашивала только что отложенные яйца (рисунок 3в); две других более крупных самок летом и осенью при созревающих и зрелых гонадах вынашивали эмбрионы в первой половине и в конце эмбриогенеза (рисунок 3в, г). Вывод: самки впервые созревают и участвуют в нересте при ДК около 30 мм; пик нереста – летом-осенью, окончание – в конце ноября, в течение нерестового сезона самки могут неоднократно участвовать в нересте.

1.6 Плодовитость, размеры зрелых ооцитов и яиц у *Faxonius limosus*

Абсолютная разовая плодовитость, определенная у 1 самки из реки Писса длиной тела 104 мм, составила 486 зрелых ооцитов. У близкоразмерных самок вида из Вислинского залива, реки Влтава плодовитость достигала 802 ооцитов, что включает полученное нами значение (таблица 11). У более крупных самок из реки Нижний Дунай (до 138 мм) плодовитость была максимальной – 1156 ооцитов, что показывает возможность связи плодовитости и размеров тела (таблица 11).

Таблица 11

Абсолютная разовая плодовитость и размеры ооцитов у *F. limosus* из разных частей ареала

Водоем, время исследований	Общая длина тела, мм	Масса тела, г	АРП, количество зрелых ооцитов	Длина зрелых ооцитов, мм	Авторы
Вислинский залив, 2019 г.	80-90	10-20	295-388	–	[7]
	90-100	20-30	385-599	–	
	100-110	30-40	366-802	–	
	110-120	40-50	452-862	–	
река Нижний Дунай, 2009-2011 гг.	73-137	12,43-58,76	53-904	1,3-2,01	[8]
	74-138	11,65-55,16	189-1072	1,28-1,91	
	71-137	11,54-61,34	326-1156	1,01-1,59	
река Влтава, 2006 г.	43-93	2,24-23,37	46-505	0,9-1,7	[9]

Величина разовой реализованной плодовитости трех самок длиной до 104 мм достигала 627 яиц (таблица 12).

Таблица 12

Плодовитость *F. limosus* и размеры яиц, реки Писса и Преголя

Стадия развития эмбрионов	Кол-во ♀♀	Водоем	Общая длина тела, мм	РРП, количество яиц	Размеры яиц, мм	
					ширина	длина
1	1	река Писса	81,0	52	1,10	1,23
2	1	река Преголя	92	428	1,49	1,59
3-5	5 % – стадия 3	река Писса	104,4	627	–	–
	8 % – стадия 4				–	–
–	21 % – стадия 5	–	–	–	2,86	2,92
	66 % – мертвые яйца				–	–

Плодовитость рака из рек Писса и Преголя и из водоемов Польши и Чехии была сравнима у самок близких размеров. Сравнение размеров яиц у близкоразмерных самок рек Писса и Влтава показало для раков из Писсы большие значения, при близкой плодовитости, что может объясняться разными стадиями эмбриогенеза (таблица 13).

Разовая реализованная плодовитость (РРП), *F. limosus*, водоемы Польши и Чехии

Общая длина тела, мм	пруд Плочичанский	озеро Дгал-Велки	река Влтава			Авторы
	РРП		длина тела, мм	РРП	длина яиц, мм	
51-60	56-212	–	47-96	95-492	1,4-2,2	[5, 8, 9]
61-70	86-310	138-249				
71-80	105-407	264-382				
81-90	196-431	291-431				
91-100	229-413	316-636				
101-110	–	340-861	–	–	–	
111-120	–	431-849	–	–	–	
121-130	–	926	–	–	–	

Важно отметить, что у нас одна самка имела в кладке смесь яиц с эмбрионами на разных стадиях развития (с 3 по 5 стадии) (таблица 12), что может предполагать неодновременную их откладку. Присутствие в кладке многих мертвых яиц (до 66 %) может говорить о возможности у *F. limosus* больших потерь яиц во время эмбриогенеза, что требует уточнения на большом материале.

1.7 Связь репродуктивной активности раков и активности питания

У самцов с гонадами в разной степени зрелости желудка были в разной степени наполнены пищей – их репродукция и активность питания были мало связаны (таблица 14). Для немногочисленных самок как с неразвитыми, так и с развитыми гонадами, отмечены чаще пустые и почти пустые желудка (таблица 14). Для последних это может подтверждать известную для ряда раков связь – созревающие и преднерестовые самки мало питаются или не питаются вовсе.

Таблица 14

Связь репродуктивной активности *Faxonius limosus* и активности питания

	Доля особей с разной степенью (баллы) наполнения желудка, % (сезоны года)				Стадия зрелости гонад
	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	
Самцы	12 (весна-осень)	–	2 (лето-осень)	2 (осень)	II (в начале развития)
	22 (весь год)	9 (весна-осень)	2 (лето-осень)	16 (весна-осень)	III (созревающие)
	23 (весна-осень)	2 (лето-осень)	3 (весь год)	7 (весна-осень)	IV (зрелые)
	43 (лето-осень)	13 (лето-осень)	–	4 (лето)	II-VI-II (неразвитые)
Самки	9 (весна-лето)	–	–	5 (осень)	III (в начале созревания)
	13 (лето-осень)	9 (лето-осень)	–	–	IV (в середине созревания)
	4 (лето)	–	–	–	V (зрелые)

1.8 Оценка состояния покровов раков

Среди самок и самцов доминировали недавно перелинявшие особи – можно говорить о регулярных линьках раков в теплый сезон (таблица 15). Яичники таких самок чаще были неразвитыми. У линяющих и недавно перелинявших самцов семенники чаще были созревающими и зрелыми, значит, созревание гонад не мешает им линять, в отличие от самок раков (таблица 15).

Оценка состояния покровов особей раков *F. limosus*, водоемы Калининградской области

Состояние покровов особей	Доля особей, %								
	сезоны года	общее	стадия зрелости гонад						
			самцы			самки			
			II	III	IV	II, VI-II	III	IV	V
линяющие	0,5 – весна; 3 – лето; 3,5 – осень	7	2	3	2	–	–	–	–
недавно перелинявшие	6 – весна; 28 – лето; 49 – осень; 2 – зима	85	10	40	25	7	1	1	1
межличночные	3 – весна; 4 – лето; 1 – осень	8	3	2	2	–	–	1	–

Среди всех 204 особей *Faxonius limosus* из 12 водоемов области эпибионты встречены у пяти особей (экстенсивность заселения 2,5 %) – одной самки и четырех самцов с ДК 40,5 мм и 23,8-31,4 мм, соответственно. Ими были 9 особей двустворчатого моллюска *Dreissena polymorpha*, локализованные по 1-5 экз. на одной особи рака на разных элементах его экзоскелета (карапаксе, клешне, роструме и тельсоне); размеры раковин моллюсков составляли 0,4-0,9 x 0,2-0,5 мм.

Из всех 204 исследованных особей *Faxonius limosus* 2,5 % имели клинические признаки болезни «черных жабр». Встречены раки как с единичными точечными, так и со множественными поражениями жабр, диффузно разбросанными по их поверхности, 3 особи имели жабры, почти или целиком заполненные чёрно-коричневыми «метками» поражений.

Выводы

1. Соотношение полов в различных водоемах у вида *Faxonius limosus* значительно варьирует, но, очевидно часто встречающееся преобладание в пробах самцов.

2. Сравнение морфометрии (12 пластических признаков) самцов и самок *F. limosus* из водоемов Калининградской области показало отсутствие межполовых отличий. Сравнение наших морфометрических данных с таковыми для вида из реки Висла морфологической изменчивости не выявило.

3. В целом, длина карапакса ювенильных особей достигала 22 мм, самок – 40,5 мм, самцов – 43 мм. Во многих водоемах доминировали среднеразмерные (25-35 мм) самцы и самки, крупноразмерные особи обоих полов (до 40-43 мм) встречались реже и единично.

4. Масса тела у ювенилов не превышала 8,6 г, самок – 39 г, у самцов она достигала максимума – 58 г. Отмечена схожесть значений массы самцов рака из водоемов Польши и нашего региона. Впервые получено уравнение размерно-весовой зависимости для *F. limosus* из водоемов Калининградской области.

5. Анализ репродукции самцов выявил преобладание в уловах достаточно крупных особей с созревающими и зрелыми семенниками. Самцы созревают, достигая длины карапакса около 25 мм, участвуют в нересте с весны, но более массово – летом и осенью. В водоемах региона самцы могут участвовать в нересте неоднократно.

6. Анализ репродукции самок показал: они впервые созревают и участвуют в нересте при длине карапакса около 30 мм. Пик нереста самок вероятен летом-осенью, нерестовый сезон должен длиться до конца ноября. Самки за жизнь участвуют в не менее двух нерестовых сезонах. Отмечены первые признаки синхронности процессов созревания яичников и развития вынашиваемых эмбрионов. Это позволяет самкам неоднократно участвовать в текущем нересте.

7. Абсолютная разовая плодовитость, определенная у самки из реки Писса, составила 486 зрелых ооцитов размерами 0,95 x 1,05 мм, что сравнимо с данными для близкоразмерных самок вида из ряда других водоемов.

8. Плодовитость самок с длиной тела 81-104 мм составила 52-627 яиц размерами у только что отложенных яиц – 1,1 x 1,23 мм, в конце эмбриогенеза – 2,86 x 2,92 мм. У близкоразмерных самок из рек Писсы и Влтава размеры яиц при сравнимой плодовитости отличались, что может объясняться разными стадиями эмбриогенеза. У одной самки отмечены признаки неодновременной откладки яиц на плеоподы.

9. Репродукция и активность питания у самцов *F. limosus* мало связаны. Для самок вида отмечены признаки известной в целом для десятиногих раков закономерности – созревающие и преднерестовые самки мало питаются или не питаются вовсе.

10. Предположены регулярные линьки самцов и самок в водоемах региона в теплый сезон. Созревание гонад не мешало самцам линять.

11. Эпibiонты (моллюски *Dreissena polymorpha*) встречены у пяти особей рака (экстенсивность заселения 2,5 %).

12. У 2,5 % особей рака отмечены клинические признаки болезни «черных жабр» разной степени выраженности.

Благодарности

Выражаем огромную благодарность сотрудникам Института рыболовства и аквакультуры (КГТУ) О.А. Новожилову, С.В. Шибаеву, Е.В. Кривопусковой, А.С. Бурбах, Е.А. Севостьяновой, А.С. Меньшенину, Ю.Е. Егоровой за помощь в сборе материала, поддержку данного исследования и консультации по материалу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин О. Бич водоемов Европы // Родная природа. – 2019. – № 9. – С. 14-15.
2. Бошко Е.Г. Паразиты и комменсалы речных раков водоемов России и Украины // Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского. – 2010. – № 17. – С. 39-44.
3. Низяев С.А. Пособие по изучению промысловых дальневосточных морей России / С.А. Низяев, С.Д. Букин, А.К. Букин [и др.]. – Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2006. 116 с.
4. The method of biological analysis for caridean shrimps (Decapoda: Natantia: Caridea) with emphasis on pelagic shrimps / S.A. Sudnik, T. Falkenhaus // Наука и общество в условиях глобализации: материалы 34 международной научно-практической конференции (Уфа, 21–22 апреля 2014 г.). – Уфа: «РИО ИЦИПТ», 2014. – С. 7-11.
5. Chybowski L. Morphometrics, fecundity, density, and feeding intensity of the spinycheek crayfish // Archives of Polish fisheries – 2007. – Vol. 15. – № 3. – P. 175-241.
6. Szaniawska A., Normant, M. Morphometric characters of the freshwater American crayfish, *Orconectes limosus* Raf., from the Vistula lagoon (Poland). – 2005. – P. 195-207.
7. Graczyk R. Fertility of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus* Raf.) from the Vistula Lagoon // Bulletin of environmental contamination and toxicology. – 2019. – № 102.– P. 365-370.
8. Pârvulescu L. Plasticity in fecundity highlights the females' importance in the spiny-cheek crayfish invasion mechanism // Zoology. – 2015. – № 118. – P. 424-432.
9. Kozák P., Buřič M., Polícar T. The fecundity, time of egg development and juveniles. production in spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) under controlled conditions // Bull. Fr. Peche Piscic. – 2006. – P. 1171-1182.

BIOLOGY OF THE *FAXONIUS LIMOSUS* (RAFINESQUE, 1817) (ASTACOIDEA: CAMBARIDAE) FROM THE WATER BODIES OF THE KALININGRAD REGION, 2018-2021

¹Begunova Sofia Andreevna, student of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

²Sudnik Svetlana Alexandrovna, Phd, associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹sofya.begunova.00@mail.ru; ²svetlana.sudnik@klgtu.ru

*The first results of studying the biology of the American striped crayfish *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817) collected in 2018-2021 from the 12 reservoirs of the Kaliningrad region were presented.*

Complex biological analysis of 204 individuals of species made it possible to describe its size-sex composition, body weight and size-weight dependence, the reproductive state of males and females, the relationship between reproduction and nutrition, the state of the exoskeleton of individuals, some epibionts, and clinical signs of black gills disease

УДК 004.051

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ АКВАКУЛЬТУРЫ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

¹Бекарев Александр Валерьевич, младший научный сотрудник

²Ивашко Евгений Евгеньевич, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник

³Ивашко Валентина Степановна, младший научный сотрудник

^{1,3}ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук», Отдел комплексных научных исследований, Лаборатория цифровых технологий регионального развития, Россия, Петрозаводск, e-mail: ¹bekarev@krc.karelia.ru; ³va.lentina97@yandex.ru

²ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук», Отдел комплексных научных исследований, Лаборатория цифровых технологий регионального развития, Институт прикладных математических исследований, Россия, Петрозаводск, e-mail: ²ivashko@krc.karelia.ru

Представлены результаты исследования уровня цифровизации предприятий аквакультуры в Республике Карелия с точки зрения внедряемых современных технических и цифровых решений, используемых рыбоводческими хозяйствами для цифровизации бизнес-процессов. Научная новизна результатов исследования заключается в возможности предметно рассматривать максимальный эффект от цифровизации с точки зрения цикличности развития и перспективы применения цифровых технологий. Показано, что основной получаемый эффект от цифровизации достигается на 3-й год с начала внедрения инноваций в разрезе основных бизнес-процессов.

1. Характеристика рыбохозяйственного комплекса Республики Карелия

За последние 10 лет динамика объемов производства рынка аквакультуры в Российской Федерации показывает устойчивый рост. На основании данных Федерального агентства по рыболовству (Росрыболовство), в 2021 году и 1 квартале 2022 года объем производства продукции товарной аквакультуры (включая производство (выращивание) посадочного материала) Российской Федерации составил 356,6 тысяч тонн, увеличив результат предыдущего 2020 года на 28 тыс. тонн (8,5 %), и улучшив, таким образом, показатель за последние 10 лет более, чем в 2 раза (см. рис. 1) [1].

Республика Карелия занимает лидирующие позиции по производству товарной форели в Российской Федерации, здесь выращивается более 70% российской форели. Такая ситуация обусловлена уникальными природными условиями, позволяющими выращивать рыбу в ее естественной среде на садковых хозяйствах с низкой себестоимостью, а также близостью рынков сбыта готовой продукции, короткими логистическими цепочками поставок, что оказывает существенное воздействие на снижение транспортных издержек и рисков у предприятий-производителей.

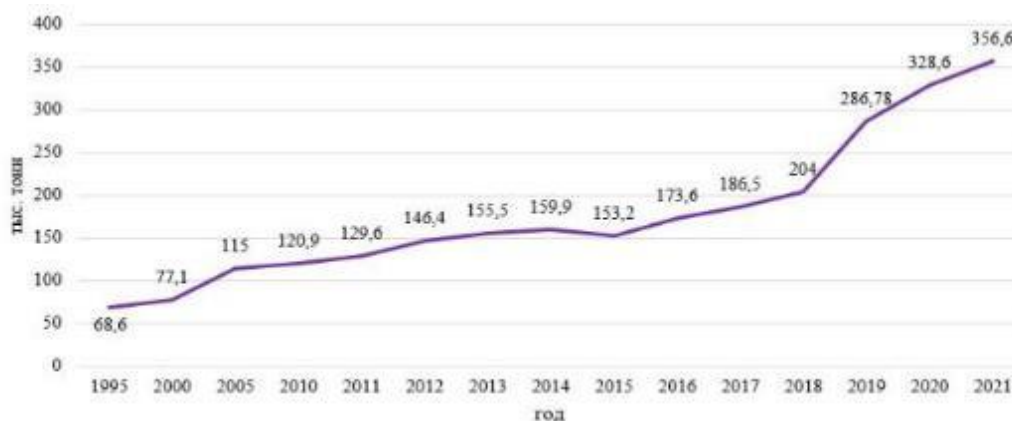


Рис. 1. Динамика объёма производства продукции товарной аквакультуры РФ, 2021 - (1 кв-л) 2022 г.

Источник: Данные Федерального агентства по рыболовству [Электронный ресурс].
 URL: (https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/2022/03/kollegiya_itogi_2021_zadachi_2022.pdf)
 (дата обращения 06.06.2022)

Министерством сельского и рыбного хозяйства Республики Карелия опубликован годовой отчёт о ходе реализации и об оценке эффективности государственной программы Республики Карелия «Развитие агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов» (ГП АПК) за 2021 год [2], на основании данных отчёта рыбохозяйственный комплекс Республики Карелия представлен предприятиями рыболовства, аквакультуры и рыбоперерабатывающими предприятиями (см. рис. 2).

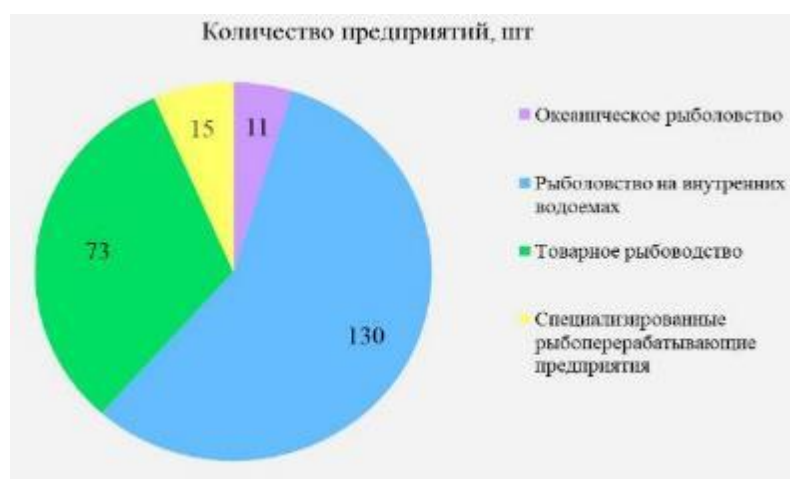


Рис. 2. Рыбохозяйственный комплекс Республики Карелия - 2021 г.

Источник: Данные отчёта о ходе реализации и об оценке эффективности государственной программы Республики Карелия «Развитие агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов» (ГП АПК) за 2021 год [Электронный ресурс].

URL: (<https://mcx.gov.karelia.ru/news/24-02-2022-godovoy-otchet-o-khode-realizatsii-i-ob-otsenke-effektivnosti-gosudarstvennoy-programmy-respubliki-/>) (дата обращения 07.07.2022)

Всего в 2021 году на территории региона осуществляли хозяйственную деятельность 229 предприятий, в т.ч. по направлению «Товарное рыбоводство (аквакультура)» – 73.

Можно отметить следующие итоговые показатели хозяйственной деятельности в целом по Рыбохозяйственному комплексу Республики Карелия (рис. 3):

- Суммарный объем добычи и выращивания рыбы составил 172,7 (102,1 % к уровню 2020 года);

- Объем производства рыбы и продуктов рыбных переработанных и консервированных составил 107,1 тыс. тонн (98,1% к уровню 2020 года).

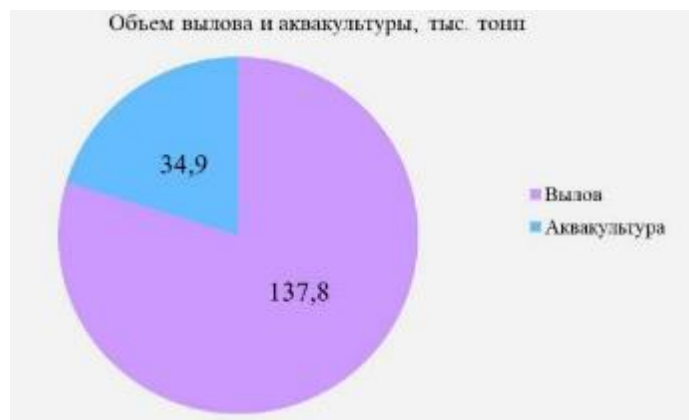


Рис. 3. Рыбохозяйственный комплекс Республики Карелия - 2021 г.

Источник: Данные отчёта о ходе реализации и об оценке эффективности государственной программы Республики Карелия «Развитие агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов» (ГП АПК) за 2021 год [Электронный ресурс]. URL: (<https://mcs.gov.karelia.ru/news/24-02-2022-godovoy-otchet-o-khode-realizatsii-i-ob-otsenke-effektivnosti-gosudarstvennoy-programmy-respubliki-/>) (дата обращения 07.07.2022)

На уровне региона динамика объёмов производства аквакультуры показывает положительный рост, где итоговые показатели хозяйственной деятельности аквакультуры представлены следующим образом:

- 69 действующих рыбоводческих предприятий;
- 4 предприятия по выращиванию мидий (акватория Белого моря);
- Форель является основным объектом аквакультуры - 99%, (незначительные объёмы сиг и осётр);
- объём производства товарной форели составил 34,9 тыс. тонн (незначительное снижение в сравнении с 2020 г., причина – высокие летние температуры, остановка кормления рыбы);
- объём производства мидий составил 30 тонн (в 5 раз больше уровня 2020 г.).

На уровне правительства Республики Карелия принимается целый комплекс мер, направленных на развитие отрасли аквакультуры. Так, утверждена Стратегия социально-экономического развития Республики Карелия на период до 2030 года (распоряжение от 29 декабря 2018 года № 899р-П) [3]. Миссия Стратегии – рост благополучия граждан в Республике Карелия, создание возможностей для самореализации жителей путем опережающего по другим регионам Российской Федерации роста числа новых рабочих мест, повышения уровня и качества жизни, обеспечения доступа к социальным и культурным благам. Положения Стратегии детализируются в региональных государственных программах, одним из таких примеров является Государственная программа «Развитие агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов» которая определяет направление аквакультуры в качестве одного из приоритетов для повышения конкурентоспособности экономики Республики. В рамках государственной программы в 2021 были выделены субсидии по следующим направлениям:

- На поддержку кредитования субъектов товарного рыбоводства - 2,2 млн. руб.;
- На управление рисками в виде возмещения части затрат на уплату страховых премий - 16 млн. руб.;
- Предоставлен 1 грант - 1,3 млн. руб. на реализацию инвестиционного проекта ООО «Заонежская форель», Медвежьегорский район.

В то же время, по данным исследований перспектив фермерского рыбоводства в Республике Карелия, только около 100 озёр из порядка 62 тысяч пригодны для разведения форели, при этом, экологический барьер по производству составляет 30-35 тыс. тонн товарной форели в год [4].

Особое значение предприятия аквакультуры имеют для моногородов Арктической зоны. В Арктической зоне Республики Карелия находится шесть муниципальных образований, которые входят в состав Арктической зоны Российской Федерации, что составляет порядка 38 % всей территории региона.

В данной взаимосвязи, повышение дальнейшей интенсификации и роста объёмов производства осложняется не только аспектом необходимости контролируемого решения задач, связанных с

экологией но и целого ряда таких проблем, как нехватка квалифицированных кадров в области рыбоводства, недостаточные энергетическая и дорожная инфраструктура, а также проблемы, связанные с выделением новых рыбоводных участков и противодействием местного населения. В современных реалиях мы имеем ситуационную вилку, когда позитивный аспект реализации направлений поддержки по государственным программам осложняется долгосрочностью решения вышеперечисленных проблем, таким образом формируется естественная тенденция, при которой предприятия аквакультуры Республики Карелия выбирают цифровизацию как один из основных путей, направленных на повышение эффективности собственного бизнеса. Благодаря цифровизации, внедрению современных цифровых и технических решений повышается конкурентоспособность каждого отдельного предприятия, а вместе с ним и всего региона в целом. Бизнес-процессы на предприятиях становятся более прозрачными, снижаются риски, минимизируются издержки, растёт эффективность. На уровне руководства регионом цифровизация позволит получать чёткий и быстрый отклик от предприятий аквакультуры с точки зрения контролируемого решения проблем, связанных с экологией, а также повысить уровень обоснованности и оперативности принимаемых управленческих решений с перспективой видения фактической результативности таких государственных программ, как «Развитие агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов».

В рамках Указа президента Российской Федерации о национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года, одним из определённых целевых направлений является «цифровая трансформация», где целевым показателем, характеризующим достижение поставленной национальной цели к 2030 году является уровень достижения «цифровой зрелости» или, иными словами, уровень цифровизации ключевых отраслей экономики, что, в свою очередь, обосновывает актуальность и практическую значимость вопроса измерения уровня цифровизации предприятий аквакультуры в регионе, как неотъемлемого элемента рыбохозяйственного комплекса Республики Карелия.

2. Исследование уровня цифровизации предприятий аквакультуры Республики Карелия

Научная новизна результатов исследования заключается в возможности предметно рассматривать эффекты от применения цифровых технологий. В результате исследования определены основные направления цифровизации в разрезе внедряемых в хозяйственную деятельность цифровых и технических решений, а также сделан аргументированный вывод на основании анализа практических данных о приемлемом и фактическом периоде окупаемости, что позволяет обосновать фактор цикличности процесса цифровизации и сделать вывод о периоде получения максимального эффекта от внедряемых инноваций. Данное исследование представляет теоретический и практический интерес для научных сотрудников и управленческого персонала на уровне коммерческих предприятий и государственных органов, которые занимаются вопросами цифровизации.

Цифровизация – это средство получения желаемого исхода, а именно гибкого производства, приносящего клиентам отличный результат, а владельцам – более высокую прибыль [5].

Фактически, цифровизацию можно рассматривать как процесс перехода или замены аналоговых технологий на цифровые с переходом функционала хозяйственной деятельности людей и бизнес-процессов в организациях в цифровую среду, при этом, особое внимание уделяется обеспечению наиболее эффективного использования потоковых данных в виде получаемой с различного оборудования информации, что, в свою очередь, делает бизнес-процессы более эффективными. Цифровизация – это сформировавшийся тренд, который хорошо зарекомендовал себя в промышленности, растениеводстве и животноводстве. На сегодняшний день есть целый ряд примеров успешного применения цифровых технологий и инноваций на их основе в аквакультуре. Практически с любого используемого оборудования в системах установок замкнутого водоснабжения, на открытых садках, линиях переработки сырья посредством датчиков мониторинга сред и оборудования можно снимать данные и обрабатывать их в едином головном центре, причём, размер предприятия не имеет значения, будь то комплексная цифровизация на крупном хозяйстве или оцифровка одного отдельного бизнес-процесса на малом. В любом случае, аквакультура идёт в сторону развития, когда весь процесс выращивания будет управляться людьми, сидящими за мониторами. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых наций, главными трендами в современных реалиях являются экологичность и совершенствование производства. Так, в Финлян-

дии более 80% всех предприятий аквакультуры являются морскими, широко распространена практика использования установок замкнутого водоснабжения. Мировой опыт в области цифровизации позволяет формировать правильное восприятие сложившейся ситуации в регионе и обоснованно формировать срез научных задач, таким образом, необходимо чётко понимать насколько предприятия аквакультуры Республики Карелия используют цифровые технологии и какова их готовность к внедрению этих решений в реальной перспективе.

Наш главный инструментарий – это опросное анкетирование, где интервью является глубинным и полуформализованным по своему типу. Опросная анкета составлена с учётом внутренней специфики хозяйственных процессов предприятий аквакультуры при консультационной поддержке высококвалифицированных специалистов, работающих в данном секторе. Анкета состоит из 8 тематических модулей, что в общей сумме составляет 34 вопроса. В качестве респондентов выступают руководители предприятий или их заместители, в том числе специалисты, в ведении которых находятся вопросы обеспечения процесса функционирования предприятия. В ходе исследования планировалось собрать информацию с 60 действующих предприятий аквакультуры Республики Карелия. Основные блоки анкеты:

- Инновации: использование в работе инновационных технологий, планы внедрения, плановый и фактический периоды окупаемости;
- Квалификация: уровень квалификации управленческого и рабочего персонала в области цифровых технологий;
- Инвестиции: текущие и ожидаемые объёмы инвестиций в инновационные цифровые решения;
- Эффекты от внедрения: какие эффекты ожидаются и какие фактически были достигнуты от внедрения инновационных цифровых решений;
- Проблемы: что мешает внедрению инновационных цифровых решений, какие проблемы возникают;
- Международное сотрудничество: какие ожидания и перспективы международного сотрудничества.

В результате обработки данных по полученным опросным анкетам, мы делаем акцент на наиболее интересных и наглядных результатах исследования. В структуре цифровых и технических решений, которые уже используются на предприятиях (рис. 4), также прослеживается взаимосвязь того, в каком объёме эти решения используются в цифровизации основных бизнес-процессов. Так, к наиболее важным можно отнести такие направления, как использование программного обеспечения управления рыбоводческим хозяйством (5% респондентов), автоматизированный сбор данных о параметрах внешних условий (13%), автоматические системы кормления (8%), использование устройств мониторинга дна водоёмов (эхолокация дна, 8%), счётчики рыбы и аппараты по сортировке с возможностью подсчёта статистики (по 10%). На данном примере мы предметно видим структуру направления процесса цифровизации на предприятиях аквакультуры в регионе.

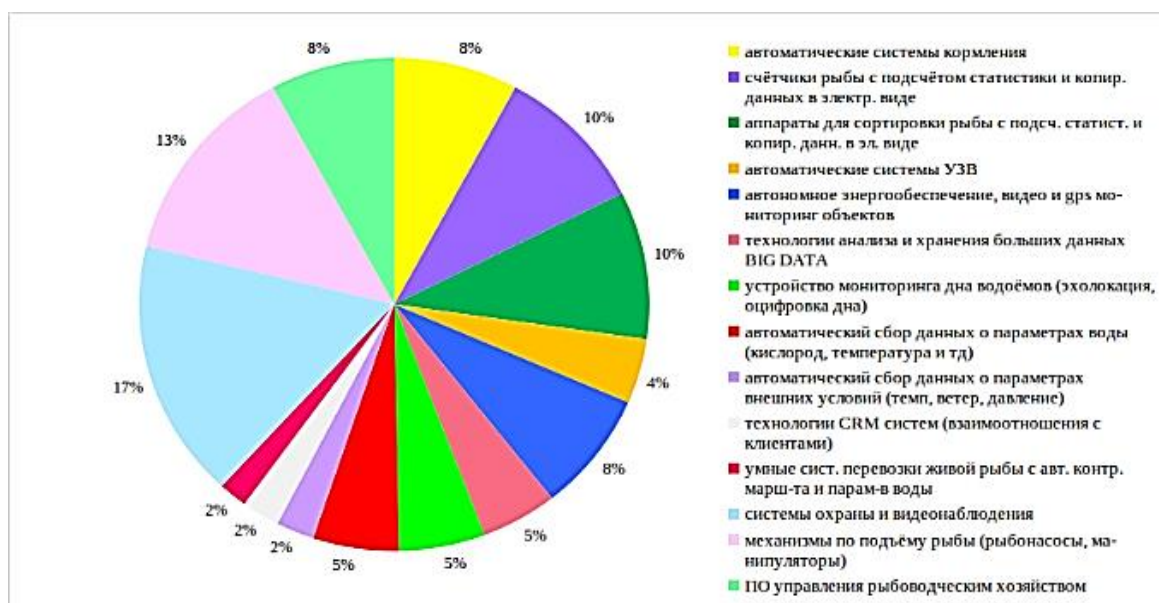


Рис. 4. Цифровые и технические решения, используемые на предприятиях

Хозяйственная деятельность предприятия аквакультуры с точки зрения классификации по бизнес-процессам выглядит следующим образом:

Основные бизнес-процессы (80% всего хозяйственного функционала предприятия):

- Производство продуктов и услуг (Кормление, зарыбление, мониторинг и контроль параметров сред, выращивание, отход, отгрузка);
- Снабжение, сбыт, доставка (Транспортная и складская логистика, управление запасами);
- Реализация продуктов и услуг (Продажи, маркетинг, оперативное обслуживание бизнес-процессов).

Стратегическая позиция руководства предприятий аквакультуры относительно совокупности всех основных бизнес-процессов заключается в том, что это главная хозяйственная деятельность, которая формирует итоговую доходную составляющую.

Поддерживающие бизнес-процессы (20% всего хозяйственного функционала предприятия):

- Управление финансами и персоналом (кадры и бухгалтерия);
- Оперативное и стратегическое управление и планирование (проект менеджмент);
- Совершенствование деятельности организации (анализ и отладка всей совокупности деятельности и взаимодействия структурных подразделений компании в виде единой информационно аналитической системы).

Совокупность поддерживающих бизнес процессов по своему смысловому значению направлена на администрирование всех управленческих задач, реализацию кадровой и учётной политики на предприятии, а также построение взаимоотношений с контрагентами и государственными контрольно-надзорными органами. Основопологающим принципом в структуре функционала предприятий аквакультуры является то, что между основными и поддерживающими бизнес-процессами выстраивается система информационного обмена, необходимая для хозяйственного функционирования, но при этом сохраняется чёткое разделение полномочий и ответственности в сфере реального практического взаимодействия. На примере же цифровизации в форме внедрённого и используемого в хозяйственном процессе предприятия программного обеспечения функционал основных и поддерживающих бизнес-процессов чаще всего реализован в едином формфакторе подобных программных систем, что не противоречит принципу разделения. В случае, если на предприятии аквакультуры используется система комплексной автоматизации, как на садковых хозяйствах, так и с применением установок замкнутого водоснабжения, программное обеспечение представляет собой модульную систему, где каждый модуль – это автоматизированная версия конкретного бизнес-процесса, а сама комплексная система автоматизации насыщена элементной базой, представленной различным рыбоводным оборудованием, которое может быть интегрировано в общую программно-аппаратную систему или комплекс, и позволяет снимать данные, необходимые для сквозной аналитики и управления всем предприятием. Такие комплексные системы автоматизации представлены как программно-аппаратные комплексы, в состав которых, на примере предприятий Республики Карелия, могут быть включены следующие технические и цифровые решения:

- Автоматические системы кормления с возможностью передачи данных;
- Счётчики рыбы с подсчётом статистики и возможностью копирования данных в электронном виде;
- Аппараты для сортировки рыбы с подсчётом статистики и возможностью копирования данных в электронном виде;
- Автоматические системы установок замкнутого водоснабжения;
- Автономное энергообеспечение, видео и gps мониторинг объектов;
- Устройства мониторинга дна водоёма (Эхолокация, оцифровка дна);
- Автоматический сбор данных о параметрах воды (температура, уровень растворённого кислорода и т. п.);
- Автоматический сбор данных о физических параметрах внешних условий (температура воздуха, направление и скорость ветра, атмосферное давление и т. п.);
- Умные системы перевозки живой рыбы с автоматическим контролем маршрута и параметров воды;
- Системы охраны и видеонаблюдения;
- Механизмы по подъёму рыбы (рыбонасосы, манипуляторы);

Среди наиболее оцифрованных бизнес-процессов (рис. 5) в структуре поддерживающих можно выделить управление финансами и персоналом (кадры и бухгалтерия), а в структуре основных бизнес-процессов – производство продуктов и услуг и прочие. При этом, по результатам интервью с руководством предприятий аквакультуры, сегодня наибольшее внимание уделяется цифровизации основных бизнес-процессов.

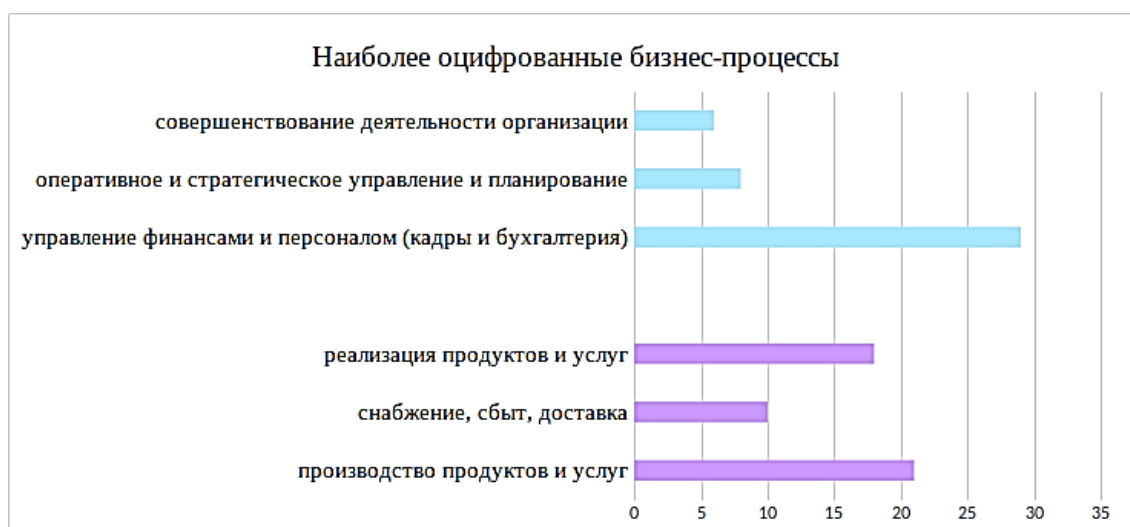


Рис. 5. Уровень цифровизации бизнес-процессов предприятий аквакультуры (поддерживающие / основные)

Выявленный в результате исследования фактический период окупаемости в разрезе по внедрённым в хозяйственную деятельность цифровым и техническим решениям (рис. 6) по большинству предприятий аквакультуры составил 3 года. Данный период показывает, что максимальный эффект от цифровизации, который был направлен на решение конкретных задач бизнеса, фактически будет получен только с того момента, когда внедрённая инновация полностью себя окупит, оправдав тем самым целесообразность использования. В процессе общения с представителями предприятий аквакультуры, мы неоднократно подтвердили важность понимания данного аспекта, т.к. на практике предприятия сталкиваются с целым рядом таких проблемных факторов как:

- было приобретено дорогостоящее оборудование в составе с цифровым пакетом, которое вышло из строя, не окупив себя, при этом полностью отсутствует возможность доступного сервисного обслуживания;

- в связи с нестабильной геополитической обстановкой и факторами санкционного давления, ранее приобретённые цифровые и технические решения иностранного производства также остались без возможности сервисного сопровождения и обслуживания.

Очевидно, что перечисленные проблемы требуют решения на уровне руководства Республики Карелия и не должны оставаться без должного внимания. Таким образом мы ещё раз подтверждаем практическую значимость подобных исследований в перспективе того, что в рамках аналогичной работы можно осуществлять комплексную инвентаризацию оборудования, цифровых и технических решений, используемых на предприятиях аквакультуры. Также это позволит спрогнозировать региональный уровень спроса на данные услуги со стороны предприятий аквакультуры и впоследствии уже на базе создаваемого кластера аквакультуры в регионе сформировать единый сервисный центр для ремонта и обслуживания оборудования рыбоводов, где со стороны контрагентов, оказывающих сервисные услуги, будут выступать в том числе и карельские представители наукоемкого и инновационного бизнеса.

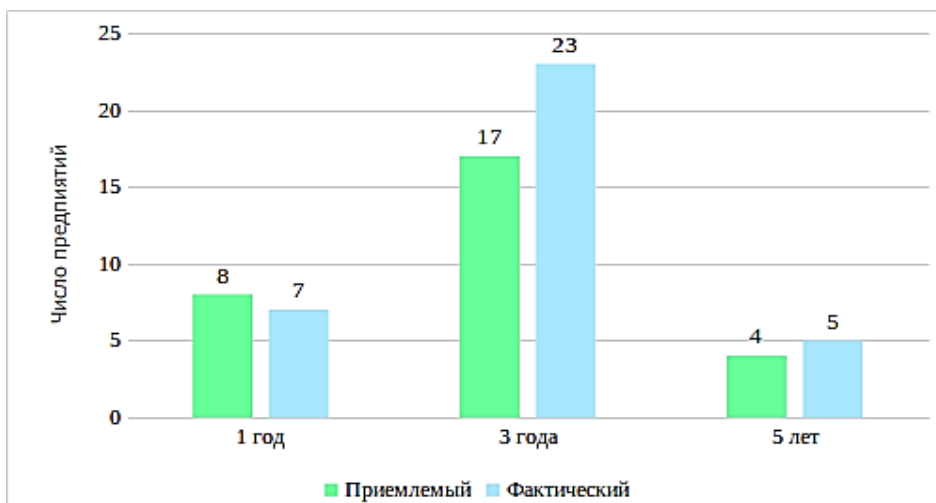


Рис. 6. Период окупаемости цифровых и технических решений

Перспективой развития цифровизации в её денежном выражении является уровень платёжеспособного спроса по большинству предприятий (рис. 7), который показывает степень возможности приобретения и внедрения специализированного программного обеспечения на ближайшие 1 - 3 года в интервале суммы от 100 до 500 тыс. рублей, а на приобретение нового оборудования автоматизации – более 1 млн. руб.

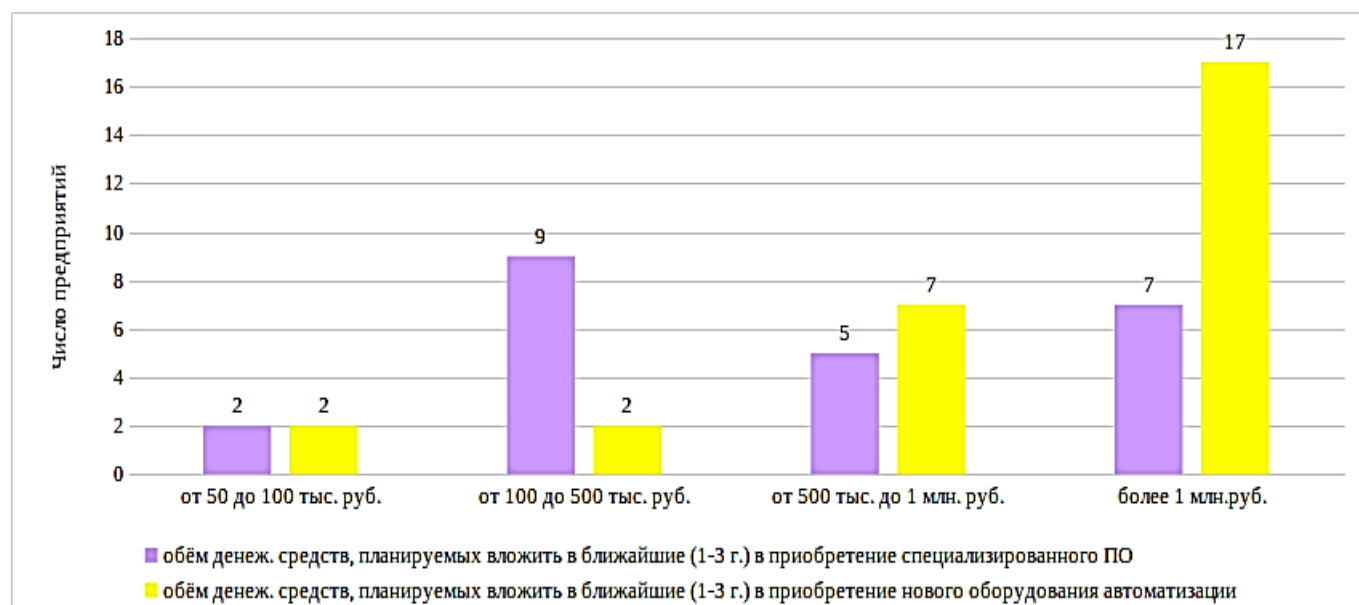


Рис. 7. Уровень платёжеспособного спроса

С точки зрения отношения к цифровизации как к необходимости применения цифровых технологий у себя на предприятии, 99% респондентов ответили, что «цифровизация нужна».

3. Заключение

На основании проведённого исследования, можно сделать следующие обобщённые выводы:

- У предприятий аквакультуры есть реальная необходимость внедрять цифровые и технические решения для повышения эффективности бизнеса путём цифровизации основных бизнес-процессов;

- Наиболее перспективными и востребованными объектами внедрения цифровых и технических решений являются программное обеспечение управления рыбоводческим хозяйством, автома-

тические системы кормления рыбы, счётчики рыбы и аппараты по сортировке с возможностью подсчёта статистики, автоматические системы сбора данных о параметрах сред и внешних условий с возможностью реализации данных объектов цифровизации в форме единых программно-аппаратных комплексов;

- Максимальный эффект от цифровизации, в форме фактической экономии, снижения рутинного функционала, минимизации рисков и повышения эффективности основных бизнес-процессов на предприятиях аквакультуры достигается на 3 год с момента внедрения инноваций;

- С точки зрения цикличности развития и перспектив внедрения цифровых и технических решений, предприятия аквакультуры готовы инвестировать в цифровизацию в ближайшие 3 года на приобретение специализированного программного обеспечения от 100 до 500 тыс. рублей, а на приобретение нового оборудования автоматизации – более 1 млн. руб.;

- В связи с наличием проблем, связанных с нестабильной геополитической обстановкой, сформировались условия, которые не позволяют предприятиям аквакультуры покупать новые, а также сопровождать и обслуживать приобретённые ранее современные технические и цифровые решения иностранного производства. Соответственно, в рамках аналогичной работы необходимо провести инвентаризацию подобного оборудования, спрогнозировать региональный уровень спроса на данные услуги со стороны рыбоводческих предприятий в регионе, и, при обоснованной необходимости, создать на базе кластера аквакультуры единый сервисный центр для ремонта и обслуживания оборудования рыбоводов, где со стороны контрагентов, оказывающих сервисные услуги, будут выступать карельские представители наукоёмкого, технического и инновационного бизнеса.

- В рамках реализации государственной программы Республики Карелия «Развитие агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов», на уровне инструментария по софинансированию расходов предприятий аквакультуры в форме субсидирования понесённых расходов на приобретение нового технологического оборудования, необходимо объективно актуализировать и внести корректировки в соответствии с результатами данной работы, это позволит в трёхлетней перспективе добиться эффекта на региональном уровне по контролируемому решению вопросов, связанных с экологией и плановым достижением показателей экономического роста по развитию рыбохозяйственного комплекса Республики Карелия.

- Особое значение цифровизация имеет для предприятий аквакультуры, связанных с моногородами Арктической зоны Республики Карелия, позволяя повышать производительность труда, снижать требования к квалификации работников и обеспечивая конкурентоспособность предприятий на региональном уровне.

В этом контексте основные результаты исследования планируется использовать для разработки аналитического доклада в адрес главы Республики Карелия, а также для формирования перечня рекомендаций по поддержке инноваций в аквакультуре, где данные рекомендации будут определены как конкретные и обоснованные показатели финансового характера, необходимые для объективной корректировки направлений субсидирования расходов, связанных с цифровизацией рыбоводческих предприятий Республики Карелия.

Работа выполнена в рамках Госзадания КарНЦ РАН "Исследование цифровой экономики в социально-экономическом развитии регионального сообщества Северо-Запада России" (№ 0185-2019-0095) и при частичной финансовой поддержке РФ в рамках научного проекта «Институциональный инжиниринг моногородов Арктической зоны – модернизация и устойчивое развитие» 2021-2023 № 21-18-00500.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коллегия – итоги деятельности Федерального агентства по рыболовству в 2021 г. и задачи на 2022 г. [Электронный ресурс]. URL:(https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/2022/03/kollegiya_itogi_2021_zadachi_2022.pdf) (дата обращения 06.06.2022).

2. Отчёт о ходе реализации и об оценке эффективности государственной программы Республики Карелия «Развитие агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов» (ГП АПК) за 2021 год [Электронный ресурс]. URL: (<https://mcx.gov.karelia.ru/news/24-02-2022-godovoy-otchet-o->

khode-realizatsii-i-ob-otsenke-effektivnosti-gosudarstvennoy-programmy-respubliki-/) (дата обращения 07.07.2022).

3. Стратегия социально-экономического развития Республики Карелия на период до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: (https://www.economy.gov.ru/material/file/89a071c19798e94c3478014f01520cf4/proekt_RK.pdf?ysclid=15jsnqejm950485038) (дата обращения 08.07.2022).

4. Стерлигова О.П. Фермерское рыбоводство в Республике Карелия (состояние и перспективы)/О. П. Стерлигова, Н. В. Ильмаст, С. П. Китаев // Состояние и перспективы развития пресноводной аквакультуры : докл. Междунар. науч.-практ. конф. (5-6 февр. 2013 г.). -М., 2013.-С.453-459 минобрнауки россии.

5. Ананьин В. И., Цифровое предприятие: трансформация в новую реальность // Бизнес-информатика. – 2018. – No 2 (44). – С. 45–54.

RESEARCH ON THE LEVEL OF DIGITALIZATION AQUACULTURE ENTERPRISES OF THE REPUBLIC OF KARELIA

¹ Bekarev Alexander Valerievich, Junior Researcher

² Ivashko Evgeny Evgenievich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Senior Researcher

³ Ivashko Valentina Stepanovna, junior researcher

^{1,2,3} Federal Research Center «Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»,
Department of Complex Scientific Research, Laboratory of Digital Technologies of Regional
Development, Petrozavodsk, Russia, e-mail: ¹bekarev@krc.karelia.ru; ²ivashko@krc.karelia.ru;
³va.lentina97@yandex.ru

The work is devoted to the study of the level of digitalization of aquaculture enterprises in the region from the point of view of the modern technical and digital solutions being implemented used in practice for digitalization of business processes. The scientific novelty of the research results lies in the ability to objectively consider the maximum effect of digitalization from the point of view of cyclical development and prospects for the use of digital technologies. It is shown that the main effect of digitalization is achieved for 3 years from the beginning of the introduction of innovations in the context of the main business processes.

УДК 574.583:581.132

ЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРОДУКЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА НА КАРБОНОВОМ ПОЛИГОНЕ В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ

¹Боровкова Кристина Андреевна, магистрант

²Мошаров Сергей Александрович, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник

^{1,2}Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта,
Калининград, Россия, e-mail: ¹kristina.borovkova.99@bk.ru

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия, e-mail: ²sampost@list.ru

Целью работы являлось изучение закономерностей сезонной изменчивости параметров первичной продуктивности фитопланктона. Впервые проведены измерения и оценка потенциальной фотосинтетической активности фитопланктона в течение летнего сезона на морской площадке карбонового полигона «Росьянка». Установлено, что временная изменчивость фотосинтетической

активности фитопланктона в первую очередь определялась уровнем солнечной радиации. В течение всего сезона отмечались высокие показатели активности фотосинтетического аппарата, что говорит о благоприятном функциональном состоянии и отсутствии резких физиологических изменений в фитопланктоне.

Введение

Достижения в изучении механизмов первичных процессов фотосинтеза выявили связь показателей флуоресценции хлорофилла с характеристиками состояния фотосинтетического аппарата фотосинтезирующих организмов (Маторин и др., 2006). Энергия кванта света, поглощенного светособирающим комплексом, может быть превращена в энергию разделенных зарядов, которая используется в дальнейших реакциях фотосинтеза, либо потеряна путем излучения кванта флуоресценции или за счет рассеяния в тепло. Измерение параметров интенсивности флуоресценции хлорофилла при различных условиях позволяет оценить эффективность первичных процессов фотосинтеза, которая представляет собой коэффициент полезного действия и не зависит от видов фитопланктона (Krause, Weis, 1991).

Для наиболее точной оценки состояния фитопланктона и количества первичной продукции, анализ первичных продукционных процессов, а именно состояние работы фотосинтетического аппарата, является исключительно важным. Информация о сезонной динамике световых реакций фотосинтеза даёт достаточно полное представление о функционировании и сезонном цикле фитопланктона – базового компонента пищевой цепи в морской экосистеме. Балтийское море характеризуется высокими значениями первичной продукции, которые обусловлены эвтрофикацией вод естественного и антропогенного влияния. Однако существует недостаток данных о динамике фотосинтетической активности в Балтийском море.

Целью работы является оценка и сравнительный анализ параметров, характеризующих фотосинтетическую активность морского фитопланктона в юго-восточной части Балтийского моря в течение лета. Научная новизна работы заключается в комплексных измерениях и оценке изменчивости таких параметров первичной продуктивности фитопланктона, как фоновая и максимальная флуоресценция, адаптированная к темноте, потенциальная фотосинтетическая способность, скорость электронного транспорта в фотосистеме II как показатель эффективности усвоения световой энергии в Балтийском море, а на морской площадке карбонового полигона «Росянка». Практическая значимость исследования заключается в возможности использования результатов работы для оценки продукционных процессов в водоемах, а также для прогнозирования изменений состояния водных экосистем в различных условиях.

Оптимальные условия формирования первичной продукции определяются такими факторами среды, как температура воды, соленость, величина фотосинтетически активной радиации (ФАР), прозрачность воды и др. Поэтому в исследовании использовались также результаты параллельных гидрофизических и гидрохимических измерений.

Материалы и методы

Полигон расположен в территориальном море России в восточной части Гданьской впадины (глубина 64–87 м) и находится под влиянием стока реки Вислы. Океанологическая станция имеет координаты: 54°43,20 с.ш., 19°34,8 в.д.

Сбор данных проводился на борту научно-исследовательского судна «Академик Иоффе» в 61 рейсе в период с 28 июня по 12 июля 2022 г., а также на маломерном исследовательском судне «Норд-3» 22 августа 2022 г. Во все дни сбора проб отмечалось волнение моря, а также пасмурная, либо облачная погода.

Глубина эвфотического слоя, т.е. глубина проникновения 1% поверхностной освещенности, определялась с использованием датчиков освещенности в диапазоне ФАР (LI-COR, США). Датчик подводной облученности, закрепленный вертикально на тросе, последовательно опускался на горизонты в диапазоне глубин 0–25 м. Дискретность измерений составляла 2.5 м в верхнем 10-ти метровом слое и 5 м ниже этого слоя. В дальнейшем результаты измерений подводной облученности использовались для построения вертикального профиля ФАР.

Пробы воды отбирали с разных горизонтов верхнего слоя водной толщи с помощью батометров, закреплённых на гидрологическом комплексе, в затемненные пластиковые бутылки. Продукционная способность фитопланктона определялась по результатам измерений активной флуоресценции хлорофилла с помощью импульсного флуориметра WATER-PAM-II (Walz). Перед измерением пробы выдерживали в темноте при исходной температуре не менее 30 мин.

Основными измеряемыми параметрами являлись: минимальная и максимальная флуоресценция адаптированных к темноте проб (F_0 и F_m), относительная скорость электронного транспорта при световой кривой (rETR) и фотохимическая эффективность фотосистемы II при определенной освещенности (QY). Затем рассчитывались такие параметры, как относительная переменная флуоресценция F_v/F_m (по формуле $(F_m - F_0)/F_m$), а также относительная скорость электронного транспорта при естественной интенсивности света ($rETR = Y \times E \times 0,5$, где E – освещенность (мкмоль фотонов/м² в сек), а коэффициент 0,5 устанавливается с учетом того, что для переноса одного электрона через всю цепь электронного транспорта используется энергия двух поглощенных квантов ФАР (один в ФС2, другой в ФС1) (Lippemeier et al., 1999; Schreiber, 2004)). Величина rETR позволяет количественно оценить скорость перехода солнечной энергии в химическую энергию клетки, обеспечивающую процессы биосинтеза органического вещества фитопланктоном (Мошаров, Сергеева, 2018). Эффективный квантовый выход ФС 2 показывает, какая часть энергии возбуждения молекул хлорофиллов, входящих в состав фотосистем, используется в процессе электронного транспорта.

Результаты и обсуждение

В течение всего летнего сезона глубина эвфотического слоя находилась в пределах 20 м. Температура воды колебалась от 20° до 18° в поверхностном слое, и от 14° до 16° на глубинах 15-20 м. Значения солёности находились в пределах 7 psu на протяжении всего эвфотического слоя. Таким образом, эти факторы характеризовались незначительными изменениями в период исследований.

Результаты измерений основных параметров первичной продуктивности фитопланктона на станции Карбонового полигона представлены в таблице 1.

Таблица 1

Фоновая флуоресценция (F_0), максимальная квантовая эффективность (F_v/F_m), естественная освещенность (E , мкмоль фотонов/м² в сек), оптимальная освещённость (E_k , мкмоль фотонов/м² в сек), относительная скорость электронного транспорта в фотосистеме II (rETR), максимальная rETR при оптимальной освещенности (rETR_{max}), отношение rETR/ rETR_{max} и эффективный квантовый выход (QY) на разных горизонтах в июне, июле и августе

Дата	Глубина	F_0	F_v/F_m	E	rETR	E_k	rETR _{max}	rETR/ rETR _{max}	QY
28.06	0	281.88	0.599	38.2	6.14	820	28.4	22%	0.321
28.06	2.5	258.39	0.611	18.1	2.89	820	29.1	10%	0.319
28.06	5	189.08	0.638	6.22	2.36	820	32.39	7%	0.759
28.06	7.5	105.56	0.640	2.32	0.39	820	35.2	1%	0.336
28.06	10	186.76	0.511	0.91	0.16	820	36.9	0%	0.349
12.07	0	300.73	0.551	477.2	37.704	625	41.25	91%	0.158
12.07	2.5	317.55	0.543	345.7	31.768	625	40.93	78%	0.184
12.07	5	316.68	0.538	134.4	18.844	820	40.59	46%	0.280
12.07	7.5	293.48	0.553	63	11.046	420	34.86	32%	0.351
12.07	10	300.15	0.543	31.7	5.875	420	32.97	18%	0.371
12.07	15	314.07	0.541	5.2	0.963	420	35.07	3%	0.370
22.08	0	267.96	0.529	1007	38.084	625	39.77	96%	0.076
22.08	2.5	177.48	0.624	226	35.977	625	50.31	72%	0.318

Дата	Глубина	F0	Fv/Fm	E	rETR	Ek	rETRmax	rETR/rETRmax	QY
22.08	7.5	266.22	0.589	48.8	11.319	1150	51.75	22%	0.463
22.08	15	22.62	0.766	6.04	0.747	625	25.93	3%	0.247
22.08	20	8.41	0.681	3.6	0.214	625	18.75	1%	0.119

Интенсивность фоновой флуоресценции F_0 хорошо коррелирует с суммарным содержанием хлорофилла a , что может характеризовать обилие фитопланктона (Ostrowska et al., 2000). Как видно из рис. 1, в течение всего лета в поверхностном слое водной толщи наблюдалось высокое обилие фитопланктона (от 267.96 до 300.73 отн.ед.). В июле высокие показатели обилия были во всей эвфотической зоне. В июне и августе этот показатель снижался с глубиной.

Отношение F_v/F_m характеризует потенциальную (максимально возможную для данного фитопланктона) фотохимическую эффективность фотосистемы II фитопланктона и показывает, какая доля абсорбированной световой энергии может быть направлена непосредственно на фотосинтез при оптимальных условиях. В июне максимальные значения (F_v/F_m), были определены в пределах верхнего 10 м слоя водной толщи и варьировали от 0,51 до 0,63 отн. ед. В июле в верхнем 10 м слое отмечалось некоторое снижение потенциальной фотосинтетической активности по сравнению с июлем – от 0.54 до 0.55 отн.ед. Август характеризуется максимальным диапазоном величин F_v/F_m – от 0.52 до 0.76 отн.ед. с максимумом на глубине 15 м. Следует отметить, что в июле при наиболее высоком обилии фитопланктона (по сравнению с другими периодами наблюдений) потенциальная фотосинтетическая способность была минимальной.

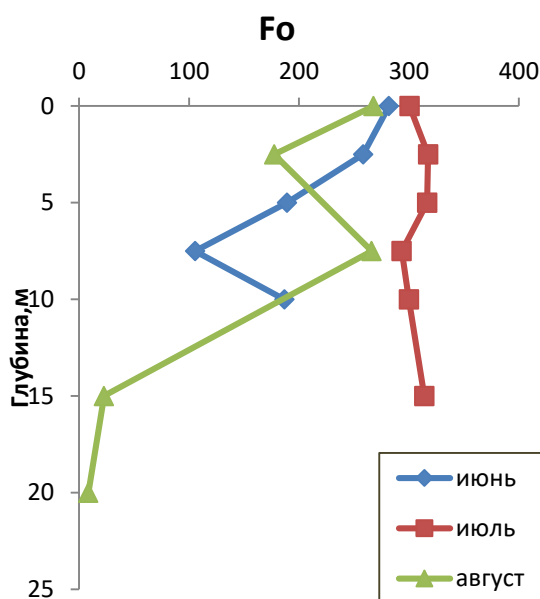


Рис. 1. Вертикальное распределение фоновой флуоресценции

В течение всего лета максимальные значения F_v/F_m для фитопланктона варьируют от 0,65 до 0,70 отн.ед., что соответствует максимально возможным значениям при оптимальных условиях роста (Suggett et al., 2009b). Значения F_v/F_m в периоды исследований изменяются незначительно, характеризуя очень высокую квантовую эффективность фотосистемы II фитопланктона, т. е. высокую потенциальную активность первичных (световых) процессов фотосинтеза в верхнем 20-м слое. Наиболее высокая потенциальная фотосинтетическая активность фитопланктона отмечается в июне и августе (см. рис.2).

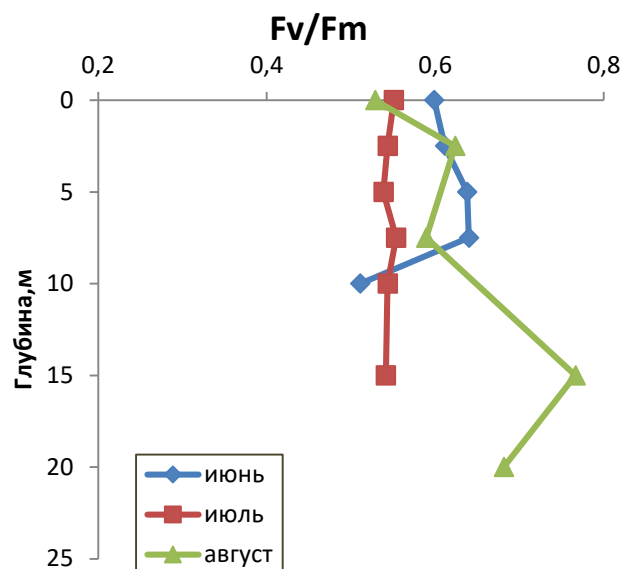


Рис. 2. Вертикальное распределение переменной флуоресценции

Во все месяцы отмечается неоднородность вертикального распределения значений F_v/F_m . Снижение показателей фотосинтетической активности фитопланктона в термоклине, очевидно, связано со структурными и физиологическими изменениями сообщества – со сменой фитопланктона, адаптированного к высокой интенсивности света (25-100 % поверхностной ФАР) на тенелюбивое сообщество холодной зоны (0,01-7% поверхностной ФАР).

Вертикальный профиль величин QY характеризовался выраженным подповерхностным максимумом в диапазоне с 5 до 7.5 м (рис.3). Так, в июне, например, показатель квантовой эффективности фотосистемы II более чем в два раза превышал поверхностное значение. Снижение квантовой эффективности в поверхностном слое воды (с 0 до 2.5 м) может обуславливаться процессом полуденного угнетения фотосинтеза фитопланктона.

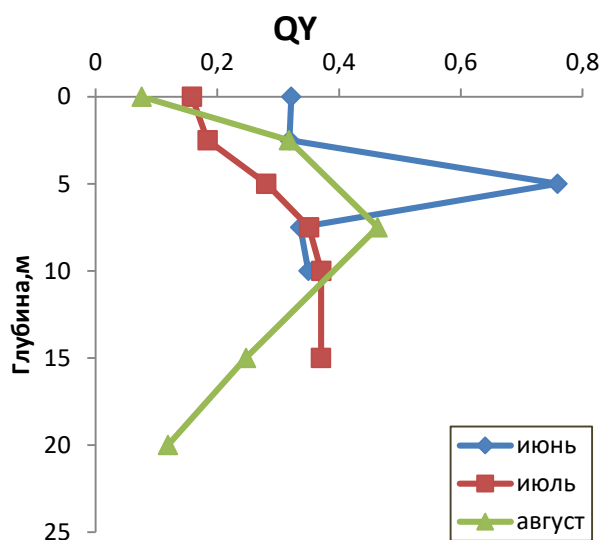


Рис. 3. Вертикальное распределение квантовой эффективности фотосинтеза

Величина gETR является одним из ключевых компонентов для расчета первичной продукции по параметрам флуоресценции. Поток электронов в фотосистеме II формируется за счет световой энергии, поглощенной хлорофиллом. Первичные (световые) процессы фотосинтеза, отвечающие за скорость конвертации солнечной энергии в химически связанную энергию в клетках, обеспечивают процессы биосинтеза органического вещества фитопланктоном.

Продукционная активность фитопланктона при нативных уровнях освещения (соответствующих природным в точке отбора), измеренная флуоресцентным методом и выраженная как величина $rETR$ (относительная скорость электронного транспорта в фотосистеме II фитопланктона), в июле и августе была высокой в верхней части эвфотического слоя (0-5 м) и снижалась с глубиной, отражая связь с уровнем освещенности. При этом вертикальное распределение $rETR$ в июле и августе практически совпадало, а значения этого параметра были в несколько раз выше, чем в июне.

В начале лета величина $rETR$ была на низком уровне (0,16-6,14 отн. ед.) и значительно увеличивалась в июле-августе (0,75-38,0 отн. ед.). Наибольшие значения в эти месяцы составляли 38 отн.ед., что более чем в 6 раз выше, чем в июне (6.14 отн.ед). На протяжении всего лета величина $rETR$ характеризовалась поверхностным максимумом. Как видно из рис. 4, низкие значения $rETR$ в июне, по-видимому, определялись в основном низкой освещенностью в период исследований, в то время как потенциальная фотосинтетическая способность фитопланктона (F_v/F_m) в этот период была максимальной в верхнем 10 м слое (см. рис. 2). Очевидно, что первичные (световые) процессы фотосинтеза в значительной степени связаны с уровнем солнечной радиации.

Определенные с помощью «быстрых световых кривых» значения оптимальной освещенности E_k (при которой в экспериментальных условиях в измерительной камере РАМ-флуориметра достигался максимальный уровень $rETR$ для конкретной пробы, $rETR_{max}$) были на одном уровне (625 мкмоль фотонов/м² в сек) в поверхностном слое в июле и в августе, а в июне составили 820 мкмоль фотонов/м² в сек (табл. 1). Это означает, что в начале лета фитопланктону требуется более высокий уровень освещенности для запуска процессов фотосинтеза, в то время как в середине и в конце лета микроводоросли высоко активны даже при невысоких значениях ФАР.

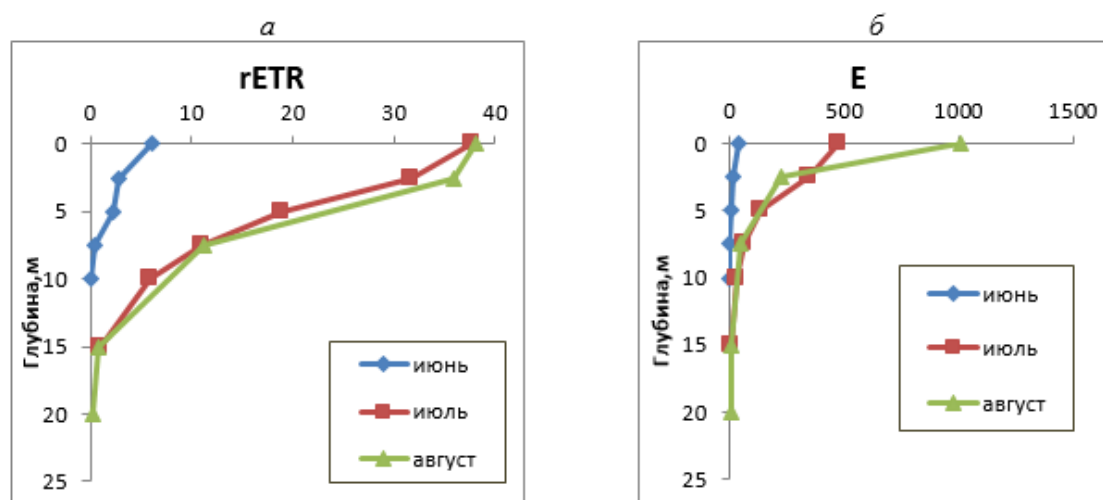


Рис. 4. Вертикальное распределение относительной скорости электронного транспорта (а) и уровня освещенности в диапазоне ФАР (б)

Однако фактический уровень освещенности в июне был в разы меньше оптимального (38.2 и 820 мкмоль фотонов/м² в сек, соответственно), что может быть связано с высокой облачностью в день измерений. В середине лета поверхностная освещенность была наиболее приближена к оптимальной (477 и 625 мкмоль фотонов/м² в сек, соответственно), а в конце года фактическая освещенность превысило оптимальную почти в два раза (1007 и 625 мкмоль фотонов/м² в сек, соответственно). Очевидно, что эти обстоятельства повлияли на распределение показателей относительной скорости электронного транспорта в течение лета: в середине и в конце сезона поверхностные значения $rETR$ более, чем в шесть раз превышают показатели начала сезона (см.табл.1, рис.4).

Максимальная возможная для данного фитопланктона активность первичных процессов фотосинтеза, связанных с абсорбцией солнечной энергии фитопланктоном, выражается параметром $rETR_{max}$. Поверхностное значение $rETR_{max}$ было минимальным в начале лета (28,4 отн. ед.) и увеличивалось до 40 отн.ед. в июле-августе. Вертикальный профиль в июне характеризовался увеличением значений (36.9 отн.ед) в пределах фотического слоя (0-10 м), тогда как в июле в слое ниже 5 м

значения $rETR_{max}$ уменьшались в 1,3 раза. В августе в вертикальном профиле $rETR_{max}$ был максимум слое 2,5-7,5 м и значительное снижение значений в нижней части эуфотического слоя (15-20 м) (рис.5).

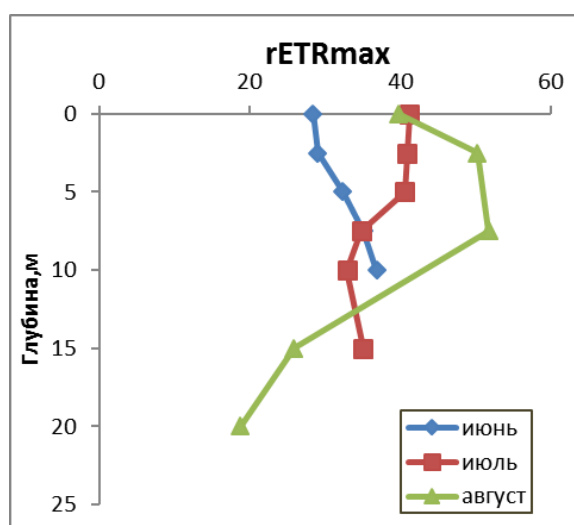


Рис.5. Вертикальное распределение максимальной скорости электронного транспорта

Так, в начале лета фитопланктон характеризуется накопленным и нерастраченным высоким продукционным потенциалом в глубинных слоях моря. На протяжении всего лета наиболее оптимальные условия для максимальной скорости электронного транспорта в фотосистеме 2 были в подповерхностном слое 2.5-7.5 м.

Таким образом, на основании положительной зависимости между уровнем ФАР (E) и параметрами фотосинтетической активности при незначительной пространственно-временной вариабельности других рассматриваемых факторов можно сделать вывод, что временная изменчивость фотосинтетической активности фитопланктона в первую очередь определялась солнечной активностью.

В течение всего сезона отмечаются высокие показатели активности фотосинтетического аппарата, что говорит о благоприятном функциональном состоянии и отсутствии резких физиологических изменений в фитопланктоне.

Заключение

Установлена тесная связь между параметрами первичных световых процессов фотосинтеза и освещённостью, наиболее оптимальные значения которой регистрировались в июле. Результаты измерений потенциальной фотосинтетической способности фитопланктона показали, что в начале лета фитопланктон характеризуется высокой готовностью к первичному продуцированию, что подтверждается высокими значениями F_v/F_m , QY, F0, однако потенциал не реализуется полноценно в связи с недостаточным уровнем освещённости, о чём свидетельствуют минимальные значения $rETR/rETR_{max}$. Июль характеризуется наиболее оптимальным уровнем освещённости, а показатели первичных процессов фотосинтеза характеризуются равномерным распределением значений по глубине. В августе уровень освещённости превышал оптимальные значения, в связи с чем отмечается незначительное угнетение первичных процессов фотосинтеза фитопланктона в поверхностном слое (так, значение F_v/F_m в августе (0.52) по сравнению с июнем (0.59) и июлем (0.55)), однако в целом параметры указывают на высокую продукционную способность фитопланктона.

На протяжении всего летнего сезона максимальные значения скорости конвертации световой энергии в фотосистеме 2 ($rETR_{max}$) были отмечены в подповерхностном слое, в то время как относительные значения $rETR$ были максимальными на поверхности.

Сравнительный анализ вариабельности параметров состояния фитопланктона показал, что параметры первичных процессов фотосинтеза достаточно хорошо отражают функциональное состояние фитопланктона и его продукционную способность. Комплексное исследование данных ве-

личин позволяет определить их вклад в первичную продукцию. Полученные измерения свидетельствуют о возможности использования эффективного флуоресцентного метода оценки функционального состояния фитопланктона в качестве индикатора экологического состояния морской среды.

Работа выполнена в рамках НИР №FZWM-2021-0015 «Временная изменчивость потоков углерода на карбоновом полигоне в Балтийском море».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маторин Д.Н., Погосян С.И., Осипов В.А., Хантер Р., Рубин А.Б. Исследование состояния фотосинтетического аппарата фитопланктона Балтийского моря флуоресцентными методами. Вестник московского ун-та. Сер. 16. Биология. 2006. № 1.
2. Krause, H. and Weis, W. Chlorophyll Fluorescence and Photosynthesis: The Basics. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. – 1991. 42, 313-349.
3. Lippemeier S., Harting P., Colijn F. Direct Impact of Silicate on the Photosynthetic Performance of the Diatom *Thalassiosira weissflogii* Assessed by On- and Off-Line PAM Fluorescence Measurements // J. Plankton Res. 1999. V.21. P. 269–283.
4. Мошаров С.А., Сергеева В.М. Оценка функционального состояния морского фитопланктона по флуоресцентным показателям и соотношению концентраций феофитина и хлорофилла *a* // Вопросы современной альгологии. 2018. № 1 (16). URL: <http://algology.ru/1257>.
5. Ostrowska M., Majchrowski R., Matorin D.N., Wozniak B. Variability of the specific fluorescence of chlorophyll in the ocean. Part 1: Theory of classical in situ chlorophyll fluorometry // Oceanologia. 2000. 42. N 2. 203-219.
6. Suggett D.J., MacIntyre H.L., Kana T.M., Geider R.J. Comparing electron transport with gas exchange: parameterising exchange rates between alternative photosynthetic currencies for eukaryotic phytoplankton // Aquat. Microb. Ecol. 2009. V. 56. P.147–162.

SUMMER VARIABILITY OF PHYTOPLANKTON PRODUCTION ACTIVITY IN THE CARBONIC POLYGON IN THE BALTIC SEA

¹Borovkova Kristina Andreevna, master student of the SEC "Geoecology of the ocean and coastal territories"

²Mosharov Sergey Aleksandrovich, PhD of Biology, leading researcher

^{1,2} Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia,

e-mail: ¹kristina.borovkova.99@bk.ru

² Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, Moscow, Russia,

e-mail: ²sampost@list.ru

The aim of the work was to study the patterns of seasonal variability of phytoplankton primary productivity parameters. For the first time, measurements and assessment of the potential photosynthetic activity of phytoplankton during the summer season were carried out at the Rosyanka marine test site. It was established that the temporal variability of the photosynthetic activity of phytoplankton was primarily determined by solar radiation level. Throughout the season, high rates of activity of the photosynthetic apparatus are noted, which indicates a favorable functional state and the absence of sharp physiological changes in phytoplankton.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ КОРЮШКИ (*OSMERUS EPERLANUS EPERLANUS L.*) В РЕКЕ ДЕЙМА

¹Бурбах Анна Сергеевна, заместитель директора Института рыболовства и аквакультуры, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, канд. биол. наук

²Дубинина Елизавета Дмитриевна, студентка

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹anna.burbakh@klgtu.ru

Корюшка нагуливается в Балтийском море, на нерест идет в реки бассейна Куршского залива. Основной промысел ведется в транзитной системе Куршский залив – река Неман, но с 2020 г. к списку водоемов добавилась еще и река Дейма. Описана размерная структура нерестовой части популяции корюшки, заходящей на нерест в реку Дейма. Определены основные показатели абсолютной и относительной плодовитости корюшки и приведена сравнительная характеристика с другими водоемами.

Введение

Нерестовая миграция и нерест корюшки проходят в транзитной системе Куршский залив - река Неман, в которую мы включаем нижнюю часть реки Неман (рукав Скирвит, река Витине, река Атмата) и реку Матросовка, здесь же и осуществлялся основной промысел корюшки [1]. Также известно, что корюшка заходит на нерест и во многие другие реки бассейна Куршского залива, но здесь она облавливается только рыбаками-любителями с применением удочки и «паука». Но, начиная с 2020 г., промышленный лов корюшки организован и в реке Дейма (бассейн Куршского залива) [2], что дало нам возможность изучить биологические особенности нерестовой части популяции, заходящей на нерест именно сюда.

Мониторинговые работы состояния популяции корюшки, проводимые кафедрой водных биоресурсов и аквакультуры (кафедра ихтиологии и экологии до 2021 г.) ФГБОУ ВО «КГТУ», ведутся на протяжении долгого периода, однако отдельные исследования репродуктивной биологии корюшки в реке Дейма не проводились, есть исследования, касающиеся реки Неман [3] и Куршского залива [4, 5, 6].

Цель данной работы – исследование репродуктивных способностей корюшки в реке Дейма Калининградской области.

Материал и методика

Материалом для работы послужили данные промысловых уловов за период с 2020 по 2022 гг. в реке Дейма. Схема размещения рыболовецкой бригады на реке Дейма представлена на рисунке 1.



Рис.1. Размещение рыболовцевой бригады на реке Дейма, 2020-2022 гг.

Размерная структура нерестового стада оценивалась на основе массовых промеров промысловых уловов. Лов велся закидными неводами длиной 36 м, высотой 9 м с шагом ячеи 12 мм. Мониторинг размерной структуры велся в течение всего нерестового хода, который обычно составлял около двух недель. Массовые промеры проводились с учетом признака пола особи. Биологический анализ со взятием проб для определения плодовитости проводился по стандартной методике (Правдин, 1966) [7].

Гонадосоматический индекс (ГСИ, %) рассчитывали, как отношение массы гонад к массе тела рыбы без внутренностей. АИП и ОИП определили у 40 самок с гонадами IV стадии зрелости путём пересчёта числа икринок в пробе на массу яичников; ОИП рассчитывали относительно массы тела без внутренностей. Для сравнительного анализа использованы архивные материалы кафедры водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ»

Результаты исследований и обсуждение

Размерный состав нерестового стада корюшки в реке Дейма представлен особями от 10 до 18 см, наибольшую роль играют особи размером 12-13 см, они составляют более 50% по численности. При этом, наблюдается определенная динамика по годам, так, наименьшие размеры особей были отмечены в 2021 г., а наиболее крупные в 2022 г. (рис. 2).

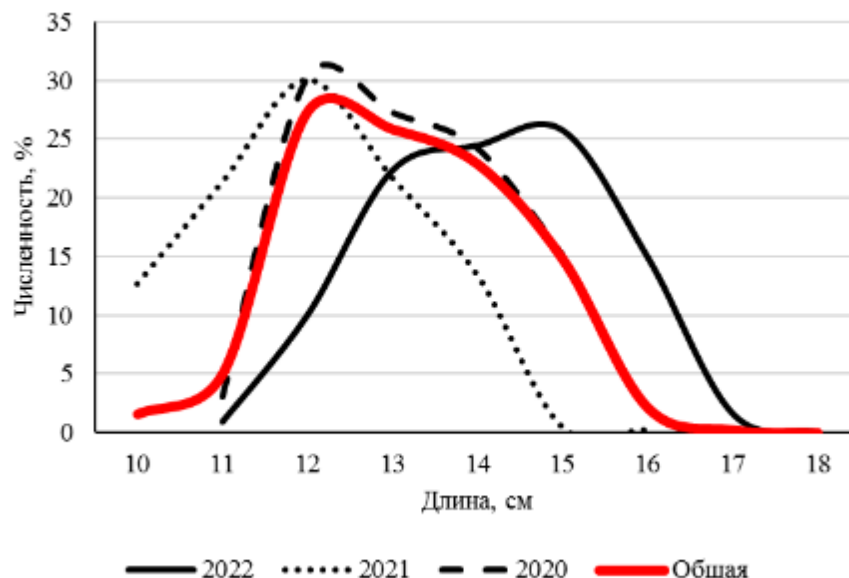


Рис.2. Размерная структура уловов корюшки в реке Дейма в период 2020-2022 гг.

При анализе размерной структуры европейской корюшки в период нерестовой миграции можно четко выделить три периода (рис. 3). Начало нерестового периода характеризуется заходом крупноразмерных особей длиной 14-16 см, в середине миграции рыба мельчает средние размеры особей лежат в пределах 12-14 см. В конце миграции в реке Дейма доминируют особи размером 14 и 16 см, что не весьма характерно для данного периода нереста, это может быть связано с тем, что нами не был захвачен конец нерестовой миграции, ввиду раннего снятия с промысла рыболовецкой бригады. Важно отметить, что для нерестового стада корюшки характерно присутствие мелкоразмерная группа длиной 8-9 см (экологической морфы корюшки – сетка) [8, 9], в реке Дейма в уловах снеток встречается эпизодически или не встречается совсем, как в 2022 г.



Рис.2. Размерная структура уловов корюшки в реке Дейма в период 2020-2022 гг.

В первую очередь мы визуальнo оценивали состояние гонад самок, так по наблюдениям 2022 года можно отметить, что яичники европейской корюшки были несимметричные, левая гонада в 2-3 раза превышает по размеру правую. Особи обоих полов, отловленные в период нерестовой миграции, имели гонады в стадии зрелости IV и V. ГСИ самок с преднерестовой стадией зрелости изменялись в пределах от 13 до 57%, в среднем составляя 26%.

Соотношение полов в нерестовой части популяции в среднем составляет 1:1, в начале доминируют самки, затем к концу нерестовой миграции доля самцов значительно возрастает (рис. 3).

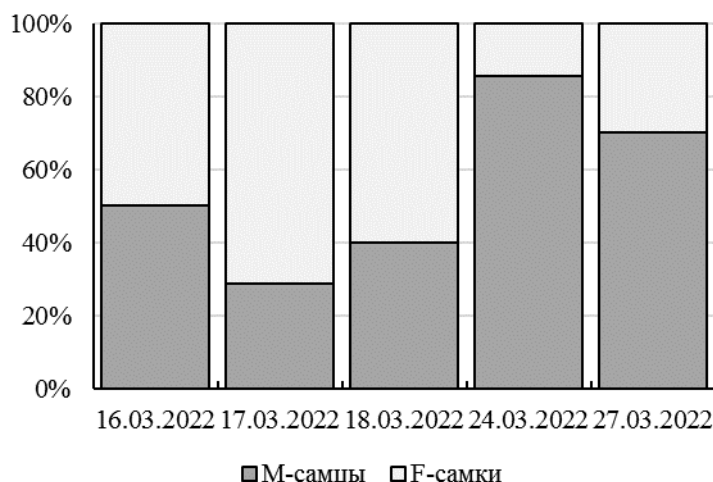


Рис. 3. Половая структура нерестового стада корюшки в реке Дейма в 2022 г. по дням

Согласно нашим наблюдениям, в начале нерестового хода (16-17 марта 2022 г.) икра не прозрачная, икринки отделяются друг от друга с большим трудом. К 18 марта икра становится прозрачной, у большинства самок икринки уже легко отделяются друг от друга. Такая ситуация сохраняется до 24 марта, тогда и были отмечены первые самки со стадией зрелости V. Явных отличий между плодовитостью самок корюшки в реке Дейма по периодам не выявлено.

Плодовитость является одним из важных популяционных параметров, который определяет численность пополнения. Помимо этого, ее величина носит приспособительный характер к условиям среды. Наиболее распространенными показателями плодовитости являются абсолютная индивидуальная плодовитость (АИП) и относительная индивидуальная плодовитость (ОИП).

Абсолютная индивидуальная плодовитость корюшки в реке Дейма увеличивается с возрастанием линейных размеров и колеблется от 6 до 37 тыс.шт., в среднем составляя 17 тыс.шт. (рис. 4а). Относительная индивидуальная плодовитость определялась как количество икринок, приходящееся на единицу массы самки (на 1 г). Так, относительная плодовитость корюшки, заходящей на нерест в реку Дейма колеблется от 700 до 900 шт./г (рис. 4б)

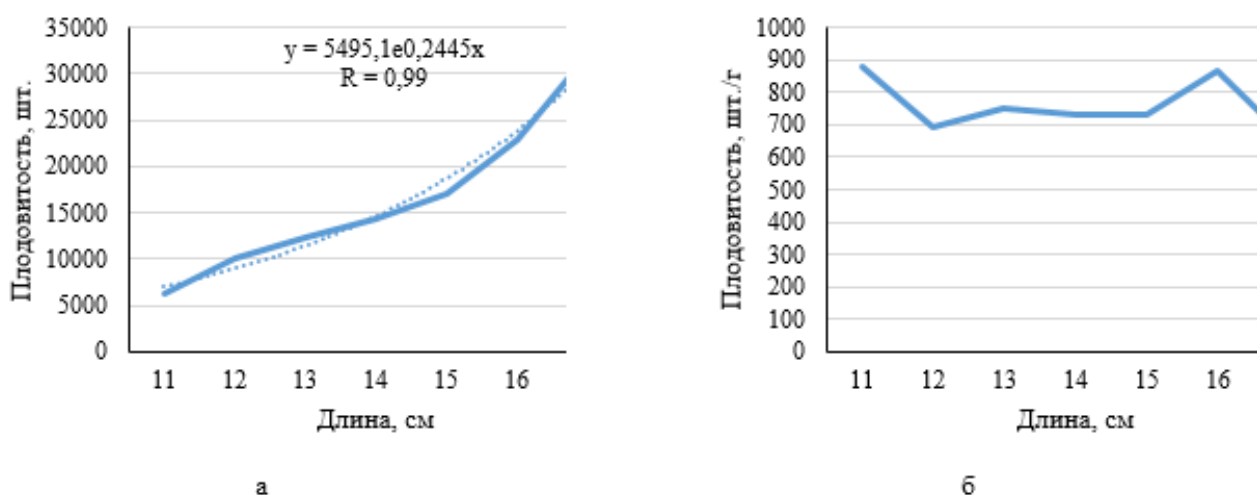


Рис. 4. Абсолютная (а) и относительная (б) индивидуальная плодовитость европейской корюшки в реке Дейма

Плодовитость корюшки, заходящей на нерест в реку Дейма несколько ниже, чем корюшки, нерестящейся в реке Неман [6].

Заключение

Полученные данные показывают, что в период нерестовой миграции в реке Дейма можно выделить три периода нерестового хода. В начале нерестовой миграции в стаде доминируют особи длиной 14-16 см, в середине - 12-14 см, затем происходит возрастание линейных размеров, что не весьма характерно для корюшки. Нерестовое стадо корюшки представлено особями от 11 до 18 см. АИП лежит в пределах от 6 до 37 тыс.шт., что несколько меньше, чем для корюшки, заходящей на нерест в реку Неман. Полученные данные могут служить для оценки воспроизводительной способности популяции, которые могут быть положены в основу расчета промысловой модели с целью определения оптимальных параметров эксплуатации корюшки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурбах, А.С. Эволюция промысла корюшки (*Osmerus eperlanus eperlanus* L.) и снетка (*Osmerus eperlanus eperlanus morpha spirinchus* L.) в реках Куршского залива бассейна Балтийского моря / А.С. Бурбах, С.В. Шibaев, А.В. Соколов, О.А. Новожилов // Рыбное хозяйство. - 2019. - № 3. - С. 85-89.
2. Бурбах, А.С. Результаты исследования нерестового хода корюшки (*Osmerus eperlanus eperlanus* L.) в реке Дейме бассейна Куршского залива (Калининградская область) / А.С. Бурбах, С.В. Шibaев // Известия КГТУ. - №60. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ». - 2021. – С. 22-31.
3. Бурбах, А.С. Воспроизводительная способность корюшки (*Osmerus eperlanus eperlanus* L.) в реке Неман Куршского залива / А.С. Бурбах, С.В. Шibaев, А.В. Соколов // Известия КГТУ. - №43. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ». - 2016. - С. 99-106.
4. Носкова Е.Д. Биология снетка *Osmerus eperlanus eperlanus m. spirinchus* (Pallas) и колебания его численности в Куршском заливе Балтийского моря: дис. ...канд.биол.наук. Калининград, 1968
5. Гайгалас К.С. Естественные нерестилища, миграционные пути промысловых рыб в дельте р. Нямунас и их современное состояние // Гидробиологические и ихтиологические, исследования внутренних водоемов Прибалтики. Вильнюс: Минтис, 1968. С. 124-127
6. Миштаутайте В.Т. Морфологическая изменчивость корюшки водоемов Литвы (4. Плодовитость и определяющие ее факторы). - Труды АН Лит.ССР, серия В, 4(76), 1976. – С.85-94.
7. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М., 1966. – 375 с.
8. Бурбах, А.С. Видовая структура промысловых уловов закидных неводов во время корюшковой путины на реке Неман (рукав Скирвит) / А.С. Бурбах, С.В. Шibaев, О.А. Новожилов // Экологическая безопасность АЭС: III научно-практическая конференция с международным участием. - Калининград: Аксиос. - 2016. – С.41-44
9. Бурбах, А.С. Роль снетка (*Osmerus eperlanus eperlanus morpha spirinchus*) в формировании временного ихтиоценоза в транзитной системе Куршский залив-река Неман в период нерестовой миграции корюшки (*Osmerus eperlanus eperlanus* L.)/ А.С. Бурбах, С.В. Шibaев// БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы IX Международного Балтийского морского форума 4-9 октября 2021 года [Электронный ресурс]: в 6 томах. Т. 3. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» IX Международная научная конференция. – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 1 электрон. опт. диск. – С. 53-57. № госрегистрации 0322200974

STUDY OF THE REPRODUCTIVE ABILITY OF SMELL (OSMERUS EPERLANUS EPERLANUS L.) IN THE DEYMA RIVER

¹Burbakh Anna Sergeevna, Deputy director of the Institute of fishery and aquaculture, associate professor of the Department of waterbioresources and aquaculture, candidate of biological sciences
²Dybinina Elizaveta Dmitrievna, student

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: ¹anna.burbakh@klgtu.ru

Smelt feeds in the Baltic Sea, spawning in the rivers of the Curonian Lagoon basin. The main fishery is carried out in the transit system Curonian Lagoon-Neman River, but since 2020, the Deima River has also been added to the list of water bodies. The size structure of the spawning part of the smelt population entering the Deima River for spawning is described. The main indicators of the absolute and relative fecundity of smelt are determined and a comparative characteristic with other water bodies is given.

УДК 595.384.12

О СОСТАВЕ ПИЩИ И ТИПЕ ПИТАНИЯ КРАБА *RHITHROPANOPEUS HARRISII* (GOULD 1841) (DECAPODA, CRUSTACEA, PANOPEIDAE) ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА ПО МАТЕРИАЛАМ СБОРОВ 2010–2013 ГГ.

Буруковский Рудольф Николаевич, д-р биол. наук, профессор

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

*Описаны результаты исследования содержимого желудков краба *Rhithropanopeus harrisi* (Gould 1841) из Вислинского залива. Были исследованы желудки у 201 краба, у 188 из них была пища, а у 69 особей желудки были полными. Выяснено, что *R. harrisi* – эписбенитофаг полностью предпочитающий растительную пищу. Пища животного происхождения встречается случайно или спорадически. Исчезновение из списка жертв полихеты *N. diversicolor* объясняется тем, что он был вытеснен из фауны Вислинского залива полихетами *Marencelleria* spp, но и они отсутствуют в диете краба, так как *Rh. harrisi* эписбенитофаг.*

Введение

Rhithropanopeus harrisi (Gould 1841) – один из «пионеров» явления, названного «инвазиями». За последние годы оно приобрело значение всемирного бума. Из своего нативного ареала (Атлантические воды Северной Америки, где он обитает от зал. Св. Лаврентия, Канада, до Мексики) *R. harrisi* вместе с трансокеаническими судами был привезен в Европу в конце XIX в., где обнаружен впервые у берегов Голландии. Сегодня этот краб буквально заселил Средиземное, Северное, Черное, Каспийское, Балтийское и Аральское моря. Он встречается в водах Болгарии, Бельгии, у Британских о-вов (Уэльс), Германии, Дании, Испании, Италии, Польши, Португалии, России, Румынии, Украины, Франции, Эстонии. Кроме этого, он добрался и до тихоокеанского побережья США [1].

Разным аспектам биологии этого вида посвящены много публикаций. Их обзор невозможен в рамках доклада. Но описание состава пищи *R. harrisi* из Вислинского зал. было лишь в статье Муриной и Резниченко [2]. Более, чем 50 лет, на этот вид никто не обращал внимания. Поэтому цель данной работы описание состава пищи *R. harrisi*. в российской части залива по материалам, собранным летом и осенью 2010–2013 гг.

Материал и методика

Материал для данной работы был собран А.А. Колесниченко в августе и сентябре 2010-2013 гг. Им была обработана часть материала, послужившая основой сравнительной характеристики состава пищи *R. harrisi* и другого, но средиземноморского, вселенца в Вислинский залив, креветки *Palaemon elegans* Rathke 1837 (Palaemonidae) [3]. К сожалению, А.А. Колесниченко сменил образ деятельности, не завершив эту работу. Мы, обнаружив не обработанных им особей, довели их исследование до логического завершения. Объем материалов – 359 экземпляров. 201 краб был использован для исследования содержимого желудков. У 188 особей в желудках была пища, а у 69 из них желудки были полными.

При исследовании содержимого желудков была использована методика Буруковского [4]. Наполнения желудков определяли по четырехбалльной шкале:

- 0 – пища в желудке отсутствует.
- 1 – пища заполняет менее половины объема желудка;
- 2 – пища заполняет от половины до двух третей объема желудка
- 3 – желудок заполнен на две трети его объема и более.

Извлеченный из головогруды желудок помещали в чашку Петри и вскрывали препаровальными иглами. Прежде, чем исследовать состав пищи, определяли степень наполнение желудка пищей. После этого содержимое помещали в каплю воды и равномерно распределяли его препаровальными иглами. В неполных желудках определялся лишь состав съеденного. В полных желудках кроме этого, визуальнo оценивали долю основных объектов пищевого комка с точностью до 10%.

Весовой метод для определения соотношения пищевых объектов в полных желудках для таких малых объектов исследований, как *R. harrisi*, неприменим. В Мертвой Висле, например, средняя масса тела у них составляет 0,461 г у самок и 0,665 г у самцов [5], а у его желудка, имеющего форму равностороннего треугольника (при взгляде сверху), длина стороны не превышает 6 мм (наши данные). Кроме того, для них, как и для других исследованных нами десятиногих раков [4], характерно сильное измельчение пищи околоротовыми придатками и мощной желудочной мельницей.

Пищевые и не пищевые объекты во всех желудках с пищей, а также те из них, что в полных желудках составляли менее 10% от объема пищевого комка, просто перечислялись. По результатам этого подсчитывали частоту встречаемости (процент встреч данного компонента пищи от общего числа исследованных желудков с пищей – ЧВ) и рассчитывали коэффициент Фроермана (среднее количество пищевых объектов в желудке без учета песка и других несъедобных компонентов пищевого комка [4]. Для этого суммировали частоты встречаемости пищевых объектов и сумму делили на 100.

По данным, полученным при анализе полных желудков, рассчитывали реконструированный усредненный (виртуальный) пищевой комок (ВПК). Это означает, что мы определяли среднюю долю каждого компонента пищевого комка в его объеме, выраженного в процентах [4] и частоту доминирования или индекс Тарвердиевой [6]. Последний представляет собой ЧВ полных желудков, в которых одна из жертв занимает 60% и более от объема пищевого комка. Все компоненты пищевого комка, поддающиеся подсчету и измерению, пересчитывались и измерялись.

Под «компонентами пищевого комка» мы подразумеваем несъедобные объекты (песок, спикулы губок и т.п.), встреченные в желудках, в отличие от «пищевых объектов», т.е. остатков съеденных живыми и неживыми объектами, которые используются креветкой непосредственно в качестве пищи.

Идентификация таксономической принадлежности жертв по их остаткам, обычно производилась с точностью до класса или отряда (например, Gastropoda или Harpacticoida), а иногда и до типа (например, Cnidaria). Мы стремились определить таксономическую принадлежность жертвы как можно точнее, но это, как правило, было невозможно из-за чрезвычайно сильного измельчения пищи. К тому же для наших целей важнее выяснить принадлежность жертвы к определенной жизненной форме (пелагическая, донная, сидячая, зарывающаяся и тому подобное). Размеры жертвы измеряли с помощью линейки окуляр-микрометра бинокулярной лупы. Поскольку измерить жертву целиком удается редко, мы использовали для этого те части тела (прежде всего скелетные элементы), которые поддаются измерению, и позволяют затем реконструировать размеры жертвы.

Результаты

Интенсивность питания

Материалы для данного исследования были собраны в дневное время, но в разное время дня. Точное время поимок не фиксировали. Подавляющее большинство желудков исследованных крабов (93,5%) содержали пищу. В зависимости от степени наполнения желудков они были распределены почти поровну, и доля осочто крабы имеют преимущественно дневной образ жизни. Заметной разницы между наполнением желудков у особей разного пола и разных размеров тоже не обнаружено.

Описание состава пищи

Содержимое желудков состояло из неорганических компонентов пищевого комка (песчинки, субстрат и т.п.), детрита, неопределенных остатков и пищевых объектов, которые поддаются идентификации. Неорганическое содержимое желудков в зависимости от его гранулометрического состава [7] четко подразделялось на три размерные группы: крупные псаммофиты, т.е. песчинки 0,3-1 мм. «Глыба» размером в 1 мм попала единственный раз. Несколько чаще попадались мелкие псаммофиты (0,25-0,1 мм). В основном преобладали крупные алевриты величиной 0,07 мм. Они встречались иногда десятками и сотнями песчинок, с ЧВ 29,8%, занимая 13,4% от объема ВПК. Но полностью доминировали в неорганическом содержимом желудков пелиты, т.е. алеврито-глинистые илы, частицы которых были меньше 0,01 мм (ЧВ 59,1%). Их ЧВ нами, видимо, сильно занижена, т.к. из-за миниатюрности размеров этих частиц мы при анализе первых пищевых комков не принимали пелиты во внимание. Их число в пищевом комке было невозможно посчитать из-за мелких размеров, но на взгляд в некоторых желудках они были представлены не одной сотней частиц. Однако средняя доля пелитов в объеме ВПК составляет лишь 0,7%.

Под термином «неопределенные остатки» в данном случае мы понимаем несколько компонентов пищевых комков, природа которых нам осталась неизвестной. Прежде всего, это бесформенная масса явно органического происхождения, бурого или коричневатого оттенков в падающем свете и непрозрачная на просвет. Вероятнее всего, это полуразложившиеся остатки каких-то пищевых объектов. Они встречаются с ЧВ 14,1%, составляя в ВПК 5,1% от его объема. Кроме этого к неопределенным остаткам мы отнесли некие «скорлупки» оранжевого цвета. Это, видимо, обломки чего-то сферической формы, диаметром примерно 0,3 мм. Их поверхность была исчерчена многочисленными прямыми параллельными бороздками. К этой же категории мы относим бесформенные обрывки хитина, а также очень тонкие и относительно длинные «нитевидные структуры» (длиной до 4-5 мм), при большом увеличении микроскопа выглядящие как очень узкие и тонкие ленты, возможно, растительного происхождения, а также объект, встреченный единственный раз и названный нами условно «пушинка». Он напоминает опушенное семечко какого-то цветкового растения микроскопических размеров.

Детрит – это сложный комплекс из субстрата и мертвого органического вещества, взвешенный в толще воды или отлагающийся на дне водоема в виде частиц различного размера, и живущих на нем микроорганизмов [4]. В данном случае это были, как правило, полупрозрачные клочковатые агрегации, в проходящем свете имеющие бурую или светло-коричневую окраску, в больших количествах облепляющие другие пищевые компоненты и трудно от них отделяющиеся. Детрит встречается в каждом четвертом желудке (ЧВ 25,8%), составляя 8,7% от объема ВПК, а в нескольких полных желудках он занимает не менее 60% от его объема (индекс доминирования 6,4%). У многих исследованных нами креветок он играет очень важную роль [4], но у *Rh. harrisi* детрит имеет менее, чем второстепенное значение в питании.

Собственно пищевые объекты включают в себя гифы грибов, высшие и низшие растения (нитчатые водоросли), а также фрагменты животных.

Грибы, прежде всего, присутствовали в пищевых комках в виде обрывков гифов длиной 0,1-0,15 мм. Кроме этого, мы предположили, что к грибам относятся образования диаметром 0,03-0,07 мм, условно нами названные «лепешками». Они сидели поодиночке или плотными группами на многочисленных обломках, обрывках и фрагментах чего-то неопределимого, образуя даже своеобразные орнаменты. К сожалению, мы не сразу поняли, что это нечто съедобное, и относили их к

неопределенным остаткам. Из-за этого их роль в питании краба оказалась сильно заниженной. Нитчатые водоросли были представлены кладофорой (*Cladophora* sp.). Она хорошо опознаваема и встречалась в виде относительно крупных фрагментов длиной 1,5-2 мм. Вместе с фрагментами ее вегетативных частей попадались зооспорангии в количестве от одного до десятка, заполненные. Они имели размеры 0,25-0,35 и 0,3-0,4 мм. Одновременно присутствовали россыпи зооспор примерно овальной формы длиной 0,15 мм. Их число достигает до сотен.

Высшие растения в желудках были самое большое в виде обрывков листовых пластинок длиной 0,2-0,25 мм и шириной примерно 0,15 мм, а также еще меньшими фрагментами. Реже попадались обрывки побегов в виде деформированных цилиндров размерами 0,5×1 мм. Судя по различиям в рисунках клеточного узора листовых пластинок, крабы использовали в пищу как минимум 4 разных вида растений. Возможно, это обрывки *Enteromorpha* sp.

Остатки животных в желудках были встречены в виде фрагментов различных членистоногих. Среди них были головная капсула насекомого (хирономиды) (0,5 мм), единичные обрывки амфиподы (0,5 мм) и хищной кладоцеры (1,2 мм), фрагмент изоподы (0,6×0,14 мм), чье-то яйцо сферической формы (0,15 мм) и фрагмент кладки из 21 яйца величиной 0,3 мм и, наконец, совершенно целой коловратки (*Brachionus* sp.). Можно заключить, что краб в Вислинском заливе летом и осенью 2009 г. вел себя как эпибентофаг, питающийся и растительной, и животной пищей. Последней, возможно, в виде трупов.

Частота встречаемости пищевых объектов и их доля в виртуальном пищевом комке

Все пищевые объекты краба, в зависимости от их частоты встречаемости, можно подразделить на четыре группы: доминирующие, второстепенные, спорадические, т.е. попадающиеся время от времени, и случайные. К первым можно отнести только один пищевой объект: остатки высших растений, которые попадают почти в каждом желудке (ЧВ 70,7%).

Второстепенные пищевые объекты встречаются в 2-2,5 раза реже. Это зооспоры и зооспорангии нитчатых водорослей, сами нитчатые водоросли из рода *Cladophora*, и детрит с ЧВ 25,8-39,4%.

Спорадические пищевые объекты встречаются еще реже (ЧВ 13,1-14,1%). Это, прежде всего, гифы грибов и неопределенные остатки. К ним же мы отнесли и высших ракообразных с ЧВ 3,5%. Эти три пищевых объекта объединены еще и тем, что, несмотря на их относительную редкость, они каждый раз попадались в полных желудках, составляя от 5 до почти 10% ВПК, занимая к тому же более 60% объема в этих полных желудках.

Что касается пелитов и песчинок, которые встречались часто (пелиты) или относительно часто (песчинки), они тоже ни разу не доминировали в полных желудках. Мы полагаем, что они представляют собой результат так называемого «неаккуратного питания» [4]. Все остальные пищевые объекты, несомненно, можно отнести к случайным. Они попались по одному-два раза и не имели сколько-нибудь заметного значения в полных желудках.

Коэффициент Фроермана равен 2,52 и представляет собой нечто среднее между характерного для пасущихся хищников и собирателей (хищников и не хищников) [4].

Таблица

Состав пищи краба *Rh. harrisii* (Gould 1841) из Вислинского залива (лето-осень 2010-2013 гг.)

Компоненты пищевого комка	Частота встречаемости, %	Состав виртуального пищевого комка, %	Коэффициент доминирования, %
Высшие растения	70,7	51,6	54,8
Зооспоры и зооспорангии	39,4	6,0	3,2
Нитчатые водоросли	26,8	10,2	11,2
Детрит	25,8	8,7	6,4
Гифы грибов	13,1	8,2	6,4
Нитевидная структура	13,1	–	–
Высшие ракообразные	3,5	6,9	8,9
Хищная <i>Cladocera</i>	0,5	–	–
Коловратка (<i>Brachionus</i> sp.)	0,5	–	–

Компоненты пищевого комка	Частота встречаемости, %	Состав виртуального пищевого комка, %	Коэффициент доминирования, %
Яйца сферической формы «Пушинка»	0,5	–	–
Неопределенные остатки	14,1	5,1	4,8
Песчинки	29,8	1,3	–
Пелиты	59,1	0,7	–
Количество желудков	198	67	67
Коэффициент Фроермана	2,52	Инд. Тарвердиевой	96,8

Состав ВПК не так сложен. В нем полностью доминируют высшие растения, составляющие половину его объема (51,6%) и нитчатые водоросли с их зооспорами (в сумме 16,2%). Если к этому добавить гифы грибов, то окажется, что более 80% объема ВПК занято растительной пищей того или иного состава. Это хорошо подчеркивается индексом доминирования: именно эти пищевые объекты занимают в полных желудках 60% и более их объема. В интересной роли одновременно выступают высшие ракообразные, которые встречаются редко, но, если встречаются, то доминируют в конкретных полных желудках. Это может свидетельствовать об их относительно небольшой доступности для крабов в период сбора материалов, и в их потенциальной возможности замещать растительную пищу в диете *Rh. harrisii* Вислинского залива.

Онтогенетическая изменчивость состава пищи краба (рис. 1)

Ширина карапакса крабов, состав пищи которых мы исследовали, варьировала от 4 до 18 мм. Для исследования онтогенетических закономерностей изменения состава пищи в крабов, мы разделили их на 6 размерных групп. В самую мелкую попали особи с шириной карапакса 4–6 мм, две самых крупных образовали особи, тоже с классовым промежутком в 3 мм (13–15 и 16–18 мм). Прочие особи, с шириной карапакса от 7 до 12 мм, были разделены на группы с классовым промежутком 1 мм. Это объясняется малочисленностью самых мелких и самых крупных крабов. Это обычно для любой кривой размерного состава, описывающей распределение особей разного размера в случайной выборке.

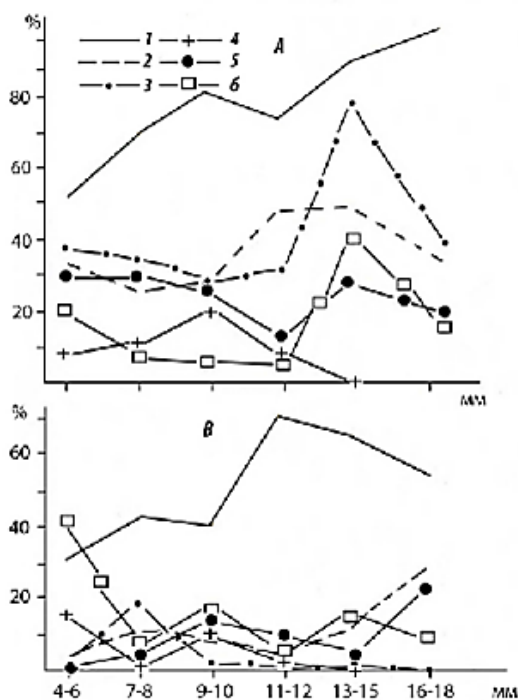


Рис. 1. Онтогенетическая изменчивость состава пищи у краба *Rh. harrisii* в Вислинском заливе летом и осенью 2010–2013 гг.

А – частота встречаемости; В – доля в объеме виртуального пищевого комка.

1 – высшие растения; 2 – нитчатые водоросли; 3 – зооспоры нитчатых водорослей; 4 – гифы грибов; 5 – детрит; 6 – пища животного происхождения.

Частота встречаемости высших растений с увеличением ширины тела крабов неуклонно увеличивается (примерно в два раза: от 50%, т.е. в каждом втором желудке, до 100%, т.е. присутствует в каждом желудке). Животная пища у молоди встречается тоже относительно реже, но в три-четыре раза реже, чем растительная. Чаще всего она попадает в желудках особей с шириной карапакса 13-15 мм, а в пищевых комках полных желудков ее доля уменьшается в два раза. Это происходит параллельно с изменением частоты встречаемости спор и спорангиев. Данное совпадение явно случайно. Особенно это хорошо видно на изменение доли различных пищевых объектов в объеме виртуального пищевого комка. Хорошо видно, что с увеличением размеров доля растительной пищи в объеме полных комков неуклонно доминирует и возрастает.

Можно заключить, что крупные особи, в результате этого, питаются фактически одной растительной пищей, а среди животных – ракообразными, детритом и лишь в небольших количествах остатками животных (преимущественно ракообразными; в данном случае, возможно, в виде их трупов).

О стратегии питания R. harrisii в Вислинском заливе

Под стратегией питания мы понимаем стереотип трофического поведения, опирающийся на возможности локомоторного и трофического модулей организма и не зависящий от таксономического положения консумента и его жертв, но зависящий от онтогенетической стадии, на которой находится консумент [4, 8], т.к. в онтогенезе вид сменяет стратегии питания из-за изменения доступности тех или иных пищевых объектов. Пример – креветка *Crangon crangon*, в процессе онтогенеза переходит от стратегии пасущегося хищника к стратегии хищника-собирателя, а затем нападающего хищника [4].

Именно для этого рассчитывается усредненный пищевой (реконструированный или виртуальный пищевой комок). Он дает представление о среднем значении в питании объекта исследования тех компонентов пищевого комка, которые хотя бы раз встретились в количестве, равном или превышающем 10% от объема или от массы пищевого комка в полном желудке. Эти доли объема или массы, занимаемые пищевым объектом в полном пищевом комке, мы называем "порцией" пищи.

Нами были выделены несколько типов стратегии питания: собирателей, хищников собирателей, нападающих хищников, пасущихся хищников и, наконец, хищников-оппортунистов, отличающихся от прочих тем, тем, что у них нет стратегии питания [4].

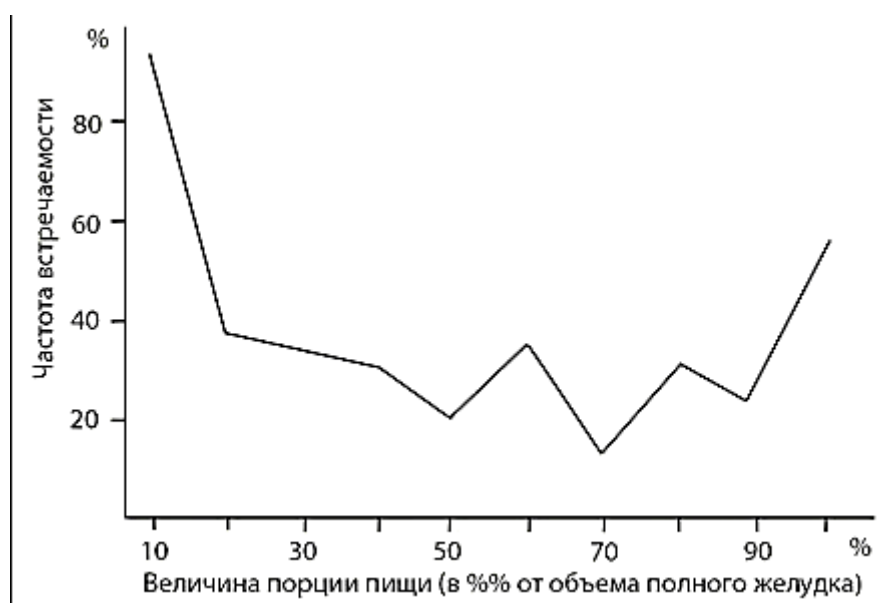


Рис. 3. Распределение частоты встречаемости порций пищи разного размера в желудках краба *Rh. harrisii* Вислинского залива летом и осенью 2010–2013 гг.

Каждый тип стратегии питания аппроксимируется своей кривой распределения частот встречаемости порций пищи разных размеров в пищевых комках полных желудков [4]. «Индикатором» стратегии питания хищника-собирателя служит квази-гипербола, нападающего хищника – квази-парабола, а пасущегося – квази-цепная линия.

У этого метода имеется своя «Ахиллесова пята». Чтобы получить хороший, недвусмысленный результат, необходимо исследовать содержимое большого количества полных желудков. К сожалению, в нашем случае их число (67 желудков) находится на границе необходимого и достаточного. Это сказалось и на величине коэффициента Фроермана (среднего количества пищевых объектов в желудке: 2,52). У нападающих хищников КФ колеблется около единицы, у пасущихся (хищных или не хищных) – около двух, а у хищников-собирателей – около трех и более. Несмотря на относительно небольшое число исследованных нами полных желудков *R. harrisii*, мы построили график распределения частоты встречаемости порций пищи разной величины (рис.3). Он представляет собой грубое подобие несколько перекошенной цепной линии. И именно этот способ добывания пищи характерен для *R. harrisii* летом и осенью 2010–2013 гг. в российской части Вислинского залива: преимущественное собирательство, выражающееся в питании, в основном, растительной пищей, и некрофагией.

Обсуждение

О составе пищи краба в нативной части ареала имеется достаточно расплывчатая информация. Williams [9] в его обзоре фауны десятиногих раков восточного побережья США и Канады сообщает лишь, что в манграх Флориды во всеядной диете крабов преобладал растительный детрит. Кроме этого они питались мелкими амфиподами и харпактикоидными копеподами, которые были более обычны у мелких особей. Первыми исследователями состава пищи *R. harrisii* в Вислинском заливе были В.В. Мурина и О.Г. Резниченко [2]. Большая часть их материала была собрана из желудков угря (*Anguilla anguilla*), активно питающегося крабиками. Некоторое число ритропанопеусов было собрано из уловов трала на илистых грунтах. Они обнаружили, что в пищевых комках ритропанопеуса доминируют мизиды *Neomysis integer* и остракоды, им сопутствуют полихета *Nereis diversicolor* и хирономиды. Видимо, в качестве случайных или спорадических объектов питания, дважды попадают растительные остатки, в одном случае доминирующие в пищевом комке, а во втором играющие второстепенную роль. У крабиков из траловых уловов преобладают неопределенные остатки. К сожалению, авторы не конкретизируют, что они под этим понимают.

В 1973 г. неподалеку от Вислинского залива в так называемой Мертвой Висле в желудках ритропанопеуса были обнаружены и служили основными пищевыми объектами, кроме упомянутого выше *N. diversicolor*, двустворчатые моллюски *Mytilus edulis* и *Dreissena polymorpha*, а также вселенец из Каспийского моря гидроидный полип *Cordylophora caspia* и «dead organic matter of animal origin», т.е. буквально мертвое органическое вещество животного происхождения. Кроме них встречаются растения (*Cladophora* sp. и *Enteromorpha* sp.), но не в качестве основных объектов питания [5].

В 2010-2013 гг. обнаружилось, что в питании ритропанопеуса полностью преобладает пища растительного происхождения. Пища животного происхождения попадает случайно или спорадически. Правда, если попадает, то заполняет желудок. Следовательно, это, в основном, все-таки неслучайное явление, а, следствие уменьшения ее доступности. Исчезновение из списка жертв полихеты *N. diversicolor* вполне объяснимо: он был вытеснен из фауны залива полихетами из рода *Marenzelleria*, [10, 11], но и они в составе пищи крабов не появились. Возможно, потому, что *Rh. harrisii*, как выше упоминалось, эпибентофаг. Вместо мизид, которые по-прежнему многочисленны в заливе, и остракод почему-то изредка попадались высшие раки, а также обрывок хищной кладоцеры и коловратка. Зато растительная пища теперь доминирует полностью.

Благодарности

Мы хотели бы выразить свою искреннюю признательность ст. научному сотруднику Атлант-НИРО (Калининград) А.А. Гусеву, который консультировал нас о современном состоянии фауны полихет Вислинского залива, А.А. Колесниченко, собравшему материал для данной работы, Е.В.

Лисицкой, ст. научному сотруднику Института биологии южных морей имени А.О., Ковалевского (Севастополь), которая помогла нам в получении недоступных для нас литературных источников, и ведущему сотруднику АтлантНИРО Ч.М. Нигматуллину, который помог нам решить некоторые проблемы с английским языком.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инвазионные виды / Членистоногие / *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) - Краб Харриса // [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.sevin.ru/top100worst/priortargets/Arthropods/harrisi.html> (Дата обновления 18.01.2022).
2. Мурина В.В., Резниченко О.Г. Об аутаклиматизации краба *Rhithropanopeus harrisi tridentatus* (Maitland) в Вислинском заливе // Труды Всесоюзного Гидробиологического об-ва. – 1960. – Т. 10. – С. 255-264.
3. Колесниченко А.И., Буруковский Р.Н., Марин И.Н. Состав пищи краба-вселенца *Rhithropanopeus harrisi* (Panopeidae, Brachyura, Decapoda) в Вислинском заливе Балтийского моря // Поволжский экологический журнал. – 2014. – № 4. – С. 508–515. – С.1025–1036.
4. Буруковский Р.Н. Креветки: состав пищи и пищевые взаимоотношения. Санкт-Петербург: – ООО «Перспектив Науки», 2022 – 568 с.
5. Turoboyski K. Biology and ecology of the crab *Rhithropanopeus harrisi* ssp. *tridentatus* // Marine Biology. – 1973. – V. 23. – P. 303–313.
6. Гарвердиева М.И. Питание синего краба *Paralithodes platypus* в Беринговом море // Биология моря. – 1979. – № 1. – С. 53-57.
7. Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков. М.: Изд-во «Наука». – 1967. – 11 с.
8. Буруковский Р.Н. Креветки западноафриканских вод (географическое распространение, закономерности горизонтального и вертикального распределения, жизненные формы и экологическая структура таксоценов). Санкт-Петербург: – ООО «Перспектив Науки», 2017. – 512 с.
9. Williams A. Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic Coast of the eastern United States, Maine to Florida. Washington: D.C. Smithsonian Institution Press. –1984. – 550 p.
10. Гусев А.А., Гусева Д.О., Рудинская Л.В., Науменко Е.Н. Полихеты (Polychaeta; Annelida) Калининградской области и история их изучения // Известия КГТУ. – 2020. – №. 58. – С. 21-34.
11. Науменко Е.Н., Рудинская Л.В., Гусев А.А. Влияние видов-вселенцев на структуру зоопланктона и зообентоса в Вислинском заливе Балтийского моря // Региональная экология РАН. – 2014. № 1-2(35). – С. 21-28.

ON THE COMPOSITION OF FOOD AND TYPE OF FEEDING OF THE CRAB *RHITHROPAHOPEUS HARRISII* (GOULD 1841) (DECAPODA, CRUSTACEA, PANOPEIDAE) FROM THE VISTULA LAGOON IN 2010–2013

Burukovsky Rudolf Nikolaevich, Doctor of Biological Sciences, Professor

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: burukovsky@klgtu.ru

*The results of the study of 201 stomach contents in crab *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) from the Vistula Lagoon (the Baltic Sea) had described. The food remains were in 188 stomachs including 69 full stomachs. It was found out that *R. harrisi* is an epibenthic with completely preference of plant food. Food of animal origin occurs randomly or sporadically. The disappearance of polychaete *Nereis diversicolor* from the list of crab food organisms explained by the fact that it was displaced by polychaetes *Marencelleria* spp. from the Vistula lagoon, but the latter are also absent in the crab's diet due to the epibenthic of *R. harrisi*.*

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ НЕРЕСТОВОЙ СТРУКТУРЫ ВИДА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СРЕДНЕГО ВОЗРАСТА И РОСТА НА ПРИМЕРЕ ЛЕЩА (*ABRAMIS BRAMA*, *CYPRINIDAE*)

¹Гашников Михаил Павлович, аспирант

²Ермолин Владимир Павлович, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹gashnikov1997@mail.ru

^{1,2}Саратовский филиал ФГБНУ «ВНИРО», Саратов, Россия.

*На основе биологических показателей леща (*Abramis brama*), а именно среднего возраста нерестовых популяций и среднегодового прироста, была построена матрица роста. Она характеризуется следующим образом: по горизонтали расположены возрастные классы, поделенные на равные части и с присвоенными обозначениями от А до Д; по вертикали – классы роста, с обозначениями от 1 до 5. В итоге было сформировано 10 вариантов популяций, что говорит о пластичности вида. После проведенного анализа было определено, что в структуре леща доминируют два варианта – молодые со средней скоростью роста и среднего возраста с малой скоростью роста. В целом средние показатели соответствуют значению среднего возраста с малой скоростью роста.*

Введение

В практике биологического мониторинга часто встает вопрос оценки вида в продукционном плане на основе сведений об отдельных популяциях. Методически этот вопрос не разработан. Нет критериев и базовых элементов оценки. Поэтому оценка состояния популяции с использованием матричного анализа, представляет определенный интерес.

Цель работы – структурировать данные среднего роста и возраста нерестовых популяций леща, чтобы построить матрицу и провести первичную оценку вида на фоне ареала.

Материалы и методика

В данной работе предлагается использовать построение матрицы на основе среднего возраста нерестовой популяции (v) и среднегодового прироста (Δl) рыб. Первый показатель (v) - это средневзвешенная величина, определяемая с учетом численности возрастных групп в стаде.

Второй (Δl), определяется по формуле:

$$\Delta l = L/v, \quad (1)$$

где L – длина рыбы в возрасте v .

Результаты исследования

Построение матрицы рассмотрим на конкретном примере – лещ (*Abramis brama*). К концу прошлого века в литературе был накоплен значительный материал по ряду нерестовых популяций леща в пределах его европейского ареала: бассейнов Балтийского, Черного, Азовского, Каспийского и Аральского морей, собранных в едином ключе, с указанием среднего возраста нерестового стада [1,2]. Значения L , v , Δl приведены в таблице 1.

Размерно-возрастная характеристика нерестовых популяций леща в разных точках ареала.

№ пп	Водоёмы	Средние			№ пп.	Водоёмы	Средние		
		<i>L, см</i>	<i>v, годы</i>	<i>Δl, см</i>			<i>L, см</i>	<i>v, годы</i>	<i>Δl, см</i>
Озера					18	Рыбник	36,4	7,1	5,13
1	Сямозеро	33,4	13,2	2,53	19	Мостиште	19,0	7,8	2,4
2	Ладожское	34,5	9,5	3,63	20	Кременчугское	36,5	9,6	3,82
3	Воже	30,5	12,4	2,46	21	Цимлянское	34,4	5,9	5,83
4	Кубенское	35,3	13,7	2,65	22	Мингечаурское	27,5	4,5	6,11
5	Мястро	34,7	8,1	4,28	23	Белоярское	29,4	7,8	3,77
6	Миколайки (ПНР)	32,2	8,4	3,83	24	Сенгилеевское	32,5	6,0	5,42
7	Восточный Каротень	26,6	4,8	5,54	25	Тюямунское	23,9	2,5	9,56
					26	Волгоградское	35,2	8,5	4,14
8	Сарыкамыш	34	7,2	4,72	Реки				
9	Псковско-Чудское	42,2	9,7	4,35	27	Верхний Днепр	34,2	6,5	5,26
Заливы					28	Дельта Днепра	36,6	6,1	6,0
10	Куршский	33,7	11,8	2,86	29	Нявезис	30,7	7,3	4,21
11	Вислинский	34,3	7,6	4,51	30	Средний Дунай	25,7	6,7	3,84
12	Кизлярский	29,4	4,3	6,84	31	Низовье Дуная	21,3	2,7	7,89
Водохранилища					32	Нижний Дон	32,2	6,6	4,88
13	Иваньковское	32,5	9,9	3,28	33	Дельта Волги	32	8	6,28
14	Куйбышевское	38,4	12,7	3,02		Средняя		32,1	8,0
15	Камское	35,4	10,8	3,28	Размах вариационного ряда		19,0-38,4	2,5-13,7	2,4-9,56
16	Саратовское	35,0	9,9	3,54					
17	Голчаковице	28,4	6,5	4,37					

Примечание. Таблица составлена по материалам [1, 2].

Для построения матрицы используется пятибалльная шкала линейного деления. То есть, вариационные ряды v и Δl следует поделить на 5 равных отрезков. Расположив v_i по горизонтали, а Δl_i - по вертикали и присвоив классовым Δl_i обозначения от **1** до **5**; а v_i - от **A** до **D**, получим матрицу (таблица 2). Классовый промежуток **1** характеризует очень малую, **2** - малую, **3** - среднюю, **4** - высокую, **5** - очень высокую скорость роста; классовый промежуток **A** - очень молодую, **B** - молодую, **B** - среднюю, **Г** - старую, **D** - очень старую нерестовые популяции.

Таблица 2

Матричная структура популяций леща по показателям роста и возраста

Классы роста	Годовые приросты по Δl , см	Возрастные классы по v , годы				
		A	B	B	Г	D
		Числовые значения, годы				
		1,1-3,9	3,91-6,7	6,71-9,5	9,51-12,3	12,31-15,1
5	8,71-10,5	1				
4	6,91-8,7	1				
3	5,11-6,9		8	1		
2	3,31-5,1		3	8	3	
1	1,5-3,3			1	3	4

Из материалов, размещенных на матрице (таблица 2) следует, что вид лещ довольно пластичен. Так, его нерестовая структура формируется 10-ю вариантами нерестовых популяций:

- A5** – очень молодые с очень высокой скоростью роста. На их долю приходится 3% популяций;
- A4** – очень молодые с высокой скоростью роста с долей в виде 3%;
- B3** – молодые со средней скоростью роста. Доля таких популяций в составе вида довольно значительна – 24,5%;
- B2** – молодые с малой скоростью роста – 9%;

5. **В3** – среднего возраста со средней скоростью роста – 3%;
6. **В2** – среднего возраста с малой скоростью роста. Значение этой группы популяций в составе вида высокое – 24,5%;
7. **В1** – среднего возраста с очень малой скоростью роста – 3%;
8. **Г2** – старые с малой скоростью роста – 9%;
9. **Г1** – старые с очень малой скоростью роста – 9%;
10. **Д1** – очень старые с очень малой скоростью роста. Доля популяций этой группы равна 12%.

В структуре вида лещ доминируют два варианта популяций - 3 и 6 (молодые со средней скоростью роста и среднего возраста с малой скоростью роста). На их долю приходится около половины популяций вида (49%). Обращает на себя внимание большая доля варианта 10 (очень старых популяций с очень малой скоростью роста), которые наряду с популяциями варианта 9 (старые, с очень малой скоростью роста), составляют 21%. Варианты 8 и 4 (старые с очень малой скоростью роста и молодые с малой скоростью роста) при равных долях в совокупности также занимают весомую часть – 18%. Доля других вариантов незначительна. Практически продукционные свойства вида определяются в первую очередь вариантами популяций 3, 6, 10 (61%). Весьма значительное влияние оказывают также популяции вариант 4, 8, 9 (27%).

Также хочется отметить преобладание популяций с малой и очень малой скоростью роста (67%), в то время как популяций, характеризующихся высокой и очень высокой скоростью роста на порядок меньше (6%). Соотношение молодых и очень молодых, с одной стороны и старых и очень старых, с другой не так разительны. В общем числе популяций вида они составляют 39 и 30% соответственно. Вполне определенно можно сказать, что у леща, как вида в целом, потенциальные возможности роста в полной мере не реализовывались.

В структуре по возрасту можно констатировать старение, выражающее высокие доли старых популяций (**Г2, Г1, Д2 и Д1** - в совокупности 30%) и малой долей молодых (**А5, А4, Б5 и Б4** - в совокупности 6%).

Средние показатели леща как вида в целом соответствуют значению **В2** – среднего возраста с малой скоростью роста.

Рекомендуемый метод позволяет проследить изменения положения на матрице отдельных популяций в историческом плане и оценить изменения и статуса вида в целом. В качестве примера рассмотрим изменение положения леща Волгоградского водохранилища в ретроспективе в связи с зарегулированием р. Волга. В речной период (1944-1948 гг.) он занимал положение **Б3** (молодая популяция со средней скоростью роста). С образованием Рыбинского водохранилища (заполнение закончено в 1949 г.) в 1950-1952 гг. популяция сместилась на **В3** (среднего возраста со средней скоростью роста), в Волгоградском водохранилище – на **В2** (в группу среднего возраста с малой скоростью роста). То есть в обозримой ретроспективе произошло старение популяции, что связано с увеличением среднего возраста и снижением темпа роста леща и соответственно его нерестового стада. Практически, с зарегулированием р. Волга произошло изменение экологического и рыбохозяйственного статуса вида.

Выводы

1. На основе проведенного анализа можно заключить, что антропогенное влияние в форме масштабного зарегулирования рек в прошлом веке привело к изменению структуры вида, что выразилось старением популяций и ухудшением их продукционных свойств.

2. Описанные методические основы построения матрицы, как инструмента анализа структуры вида и мониторинга могут быть применены не только к лещу, но и к любому виду рыб, по которому есть достаточно сведений о составляющих его популяциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольскис Р.С. и др. Обобщение результатов многолетних исследований *Vimba vimba* L. и *Abramis brama* L. в пределах их ареалов // Материалы 15 (23) заседания Рабочей группы по проекту 8б «Вид и его продуктивность в ареале». Вильнюс, 1985. – С. 26-46.

2. Вольскис Р.С. и др. Результаты исследования рыба леща, плотвы, окуня, и щуки в разных водоемах на протяжении их ареалов. // Материалы 16 (24) заседания Рабочей группы по проекту 86 «Вид и его продуктивность в ареале» Советского Комитета по программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера». Вильнюс, 1986. – С. 33-72.

METHODOLOGICAL BASES FOR STUDYING THE SPECIES SPHERING STRUCTURE BY INDICATORS OF MEAN AGE AND GROWTH ON THE EXAMPLE OF BREAM (ABRAMIS BRAMA, CYPRINIDAE)

¹Gashnikov Mikhail Pavlovich, post-graduate student of the Kaliningrad State Technical University

²Ermolin Vladimir Pavlovich, candidate of biological sciences, Leading Researcher of the Saratov Branch of the FGBSI «VNIRO»

¹FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia, e-mail: ¹gashnikov1997@mail.ru

^{1,2}Saratov branch of FGBSI «VNIRO», Saratov, Russia.

Based on the biological parameters of bream (Abramis brama), namely the average age of spawning populations and average annual growth, a growth matrix was constructed. It is characterized as follows: age classes are arranged horizontally, divided into equal parts and assigned designations from A to D; vertically – growth classes, with designations from 1 to 5. As a result, 10 variants of populations were formed, which indicates the plasticity of the species. After the analysis, it was determined that two variants dominate in the structure of the bream – young with an average growth rate and middle-aged with a low growth rate. In general, the average indicators correspond to the value of the average age with a low growth rate.

УДК 57.08

РАЗРАБОТКА И ОПЫТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ДНОЧЕРПАТЕЛЯ ЭКМАНА-БЕРДЖИ С АВТОМАТИЗАЦИЕЙ ЗАХВАТА И ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРОБЫ

¹Дудаков Михаил Олегович, ведущий инженер лаборатории комплексных проблем лимнологии Института озераведения Российской академии наук

²Дудакова Дина Сергеевна, канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории гидробиологии Института озераведения Российской академии наук

³Ронжин Андрей Леонидович, д-р техн. наук, профессор, директор

^{1,2,3}Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН), Санкт-Петербург, Россия, e-mail: info@sprcras.ru

Механическая конструкция дночерпателей, применяемых для отбора проб при гидробиологических исследованиях, не претерпела существенных изменений благодаря своей надежности, но требует доработки в части вычислительных и сенсорных возможностей для сокращения времени взятия проб. Разработанные варианты дночерпателей на основе механической конструкции Экмана-Берджи оснащены видеокамерой, акселерометром и другими датчиками, обеспечивающими оценивание качества вхождения в донный грунт и автоматическое срабатывание ковшей только после оценивания достаточности прогнозируемого объема захватываемой пробы. Дночерпатели были успешно апробированы в экспедициях по Ладожскому озеру.

Введение

Отбор проб воды и донных отложений является одним из основных первичных этапов исследовательской, природоохранной, рыбохозяйственной, геологоразведочной и других видов деятельности, связанных с использованием водных ресурсов [1, с. 80-84]. Качество получаемых проб и скорость их отбора являются одними из главных характеристик влияющих на стоимость экспедиций. Сокращение скорости взятия каждой пробы особенно актуально на глубоководных водоемах в задачах, где требуется провести анализ большой территории дна или воды в акватории.

Учитывая сложные условия эксплуатации механизмов отбора проб, одной из главных их характеристик является надежность и простота функционирования. Поэтому, например, дночерпатели, разработанные более 50 лет назад не потеряли свою актуальность и их механическая конструкция не претерпела существенных изменений [2, с. 97-103; 3, с. 33; 4, с. 855-879].

Анализ научных публикаций в области разработки и применения способов взятия проб при гидробиологических исследованиях показал актуальность задачи интеллектуализации ручных механизмов захвата проб воды и донных отложений.

Далее в статье описаны два варианта модифицированных дночерпателей Экмана-Берджи с автоматизированными функциями оценивания вертикального вхождения в грунт и объема потенциально захватываемой пробы перед захлопыванием створок ковша. Приведены экспериментальные результаты опытной эксплуатации дночерпателя во время экспедиции в акватории Ладожского озера.

Описание опытного прототипа дночерпателя с видеокамерой

Дночерпатель Экмана-Берджи широко используется при исследовании донных осадков водоёмов, являясь одним из основных средств отбора проб. Использование прибора входит в большое число отработанных методик по биологии, гидрологии, экологии и др. Прибор является простым и надёжным инструментом исследований, при этом у него есть целый ряд критических проблем, которые были решены при модификации прибора за счет применения дополнительного электромеханического и сенсорного оборудования (рисунок 1). Модификация заключается в следующем.

Создана система электронно-механического привода, имитирующая приход посылы дночерпателя (массивная деталь скользит по валу и при прохождении дистанции в 30 см набирает необходимую скорость), управляемая с пульта. При этом вся механическая часть прибора осталась без изменений, что позволяет использовать наработанные методики и на модифицированном приборе.

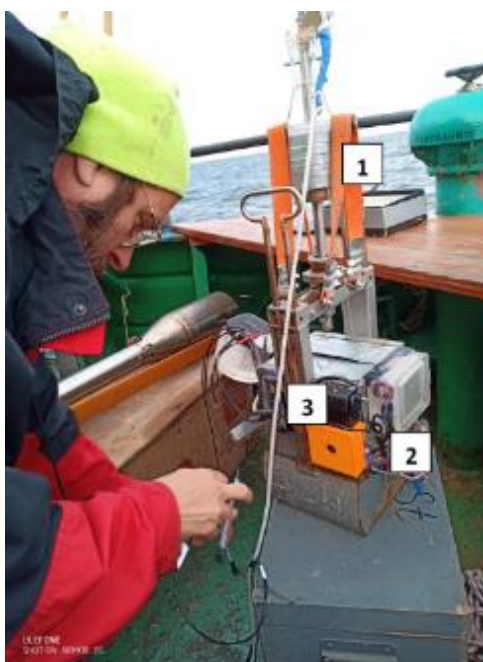


Рис. 1. Текущий вариант модифицированного дночерпателя с основными модулями: 1 - имитатор посылы; 2 – блок электроники; 3 –сервопривод

Произведена установка видеокамеры с подсветкой для визуального контроля постановки дночерпателя на грунт, и, что самое главное, характеристик самого грунта. Однако данная опция требует закупки монитора, дорогостоящего кабеля, поэтому существенно увеличивает себестоимость модернизации дночерпателя, а от пользователя требует дополнительных профессиональных навыков. Поэтому установка видеокамеры пока не рассматривается в разрабатываемом новом опытном образце дночерпателя.

Выполнена установка акселерометра LIS DSH для оперативного контроля отклонения оси прибора от вертикали, что значительно сокращает количество неудачных попыток отбора грунта и гарантирует захват площади донного осадка, соответствующей рабочей площади дночерпателя в вертикальном положении.

Произведена установка высокоточного барометрического датчика MS 5803 14BA и цифрового термометра DS18B20, что позволило дополнить к пробе грунта информацию о точном значении глубины и температуры с места забора, что особенно важно для последующего биологического анализа. У данного датчика есть исполнение DS18B20-IP67-0.5 с нержавеющей гильзой, небольшая дополнительная герметизация гарантирует работоспособность на таких глубинах и высокую скорость реакции на изменения температуры.

Вся модифицированная система работает под управлением двух микроконтроллеров AT Mega 328 (один в пульте, один в подводной части) и передача/прием информации происходит по интерфейсу RS 485 со скоростью 4800 бод по коаксиальному кабелю. Питается система от литиево-ионного аккумулятора 5000мА 2S. Аккумулятор в надводной части нужен при разработке варианта с управлением оператором. Для работы всех элементов, включая сервопривод, достаточно 5В. Для этого необходим аккумулятор со стандартной защитной bms платой.

Рама, на которую крепится указанная выше электроника, это корпус дночерпателя. Корпус для аккумуляторов для работы на глубинах, блок с электроникой залит компаундом, (кроме мембраны батиметрического датчика) при этом возможность перепрошивки ESP сохраняется.

Эксплуатация модифицированного прибора за два полевых сезона подтвердила эффективность принятых технических решений [5, с. 51-55; 6, с. 433-445]. В частности, работу с прибором успешно провели сотрудники ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН, а также студенты РГПУ им Герцена проходившие практику в экспедициях на Ладожском озере.

Описание интеллектуального дночерпателя с автоматизацией срабатывания ковшей

Затем был разработан бюджетный вариант дночерпателя без видеокамеры, но с дополнительным сенсорным и вычислительным оборудованием, которое в автоматическом режиме принимает решение о захвате пробы и существенно экономит время работы специалистов за счет снижения вероятности подъема захлопнувшегося дночерпателя с недостаточным объемом донного грунта. Новая версия дночерпателя состоит из следующих основных модулей: дночерпатель автоматический коробчатый ДАК-250, система управления с датчиками и сервоприводом срабатывания ковшей, трос.

Разработанная версия дночерпателя отличается применением анализа качества забора пробы при автоматизации срабатывания ковшей. Себестоимость дночерпателя существенно не увеличивается за счет минимизации дорогостоящего оборудования для подводного визуального мониторинга и распределения функций между специалистом и автоматикой.

Рассмотрим алгоритм применения и функционирования модернизированной версии интеллектуального дночерпателя. Основной этап – это спуск до дна. Пока текущее значение скорости, рассчитанное на основе показаний акселерометра в вертикальной плоскости, больше порогового значения $V < V_{min}$, дночерпатель находится в свободном падении в водной среде. При достижении дна значение ускорения становится меньше минимального порогового значения и с этого момента производится также анализ других параметров. С этой целью используется микросхема ESP32, имеющая более перспективные параметры по быстродействию, наличию беспроводных интерфейсов, в том числе для перепрошивки, что позволяет обновлять систему, пересылать данные на смартфон.

По измеренным значениям акселерометра производится оценка плотности грунта. Например, если дночерпатель упал на камни, то модуль значения ускорения будет существенно выше, чем, если дночерпатель плавно зашел в грунт на дне водоема $|a| < a_{max}$.

Затем проверяется под каким углом зашел дночерпатель в грунт. Если расчеты показывают, что дночерпатель достаточно глубоко зашел в грунт и при этом его отклонение от оси по вертикале D меньше D_{max} , то отдается команда на срабатывание сервопривода, захлопывающего ковши. Определяется температура и глубина с места взятия пробы.

По характерному рывку троса в момент захлопывания ковшей специалист на борту судна понимает, что произведен успешный забор пробы и дночерпатель следует поднимать. В рассматриваемом варианте не предполагается другого канала информации кроме стального троса, способы с двусторонней линией передачи данных по специальному кабелю уже реализованы, но имеют недостатки в части цены и эргономики. Также перспективно исследовать теоретическую возможность кодирования и передачи информации путем вибрации по тросу. Если значения ускорения и отклонения дночерпателя от вертикали не позволили сработать автоматике, то специалист по ослабевшему натяжению троса понимает, что дночерпатель достиг дна, но проба не взята и его следует поднять на некоторую высоту (1-2 метра от дна) для выполнения повторной попытки.

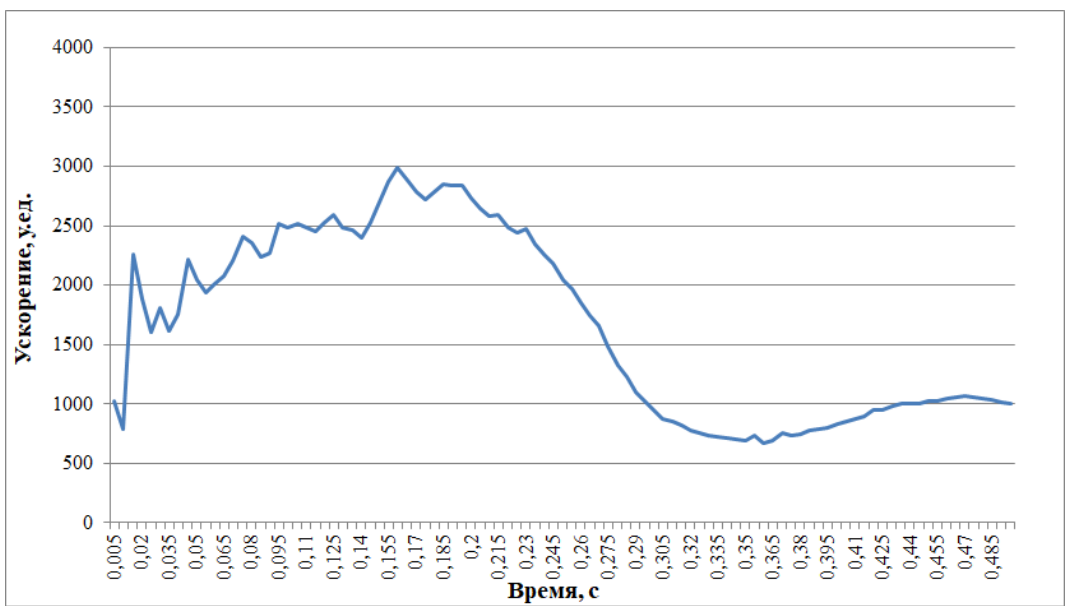
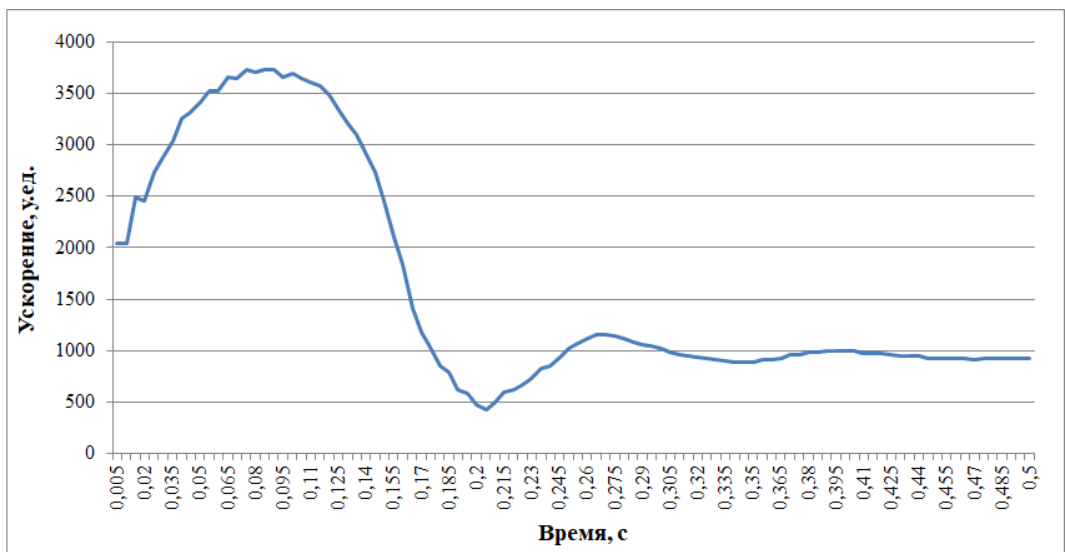
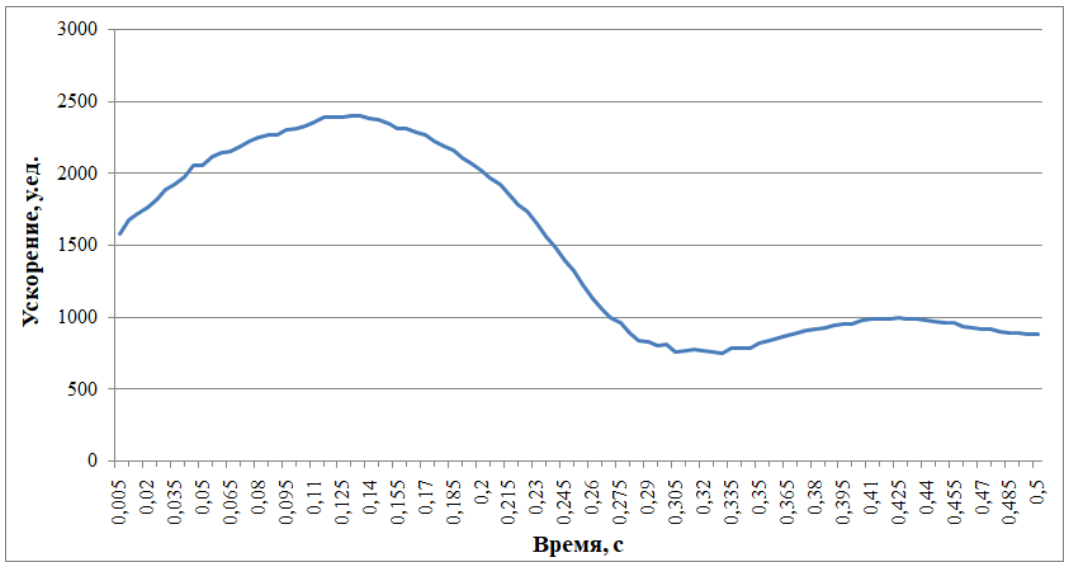
Экспериментальные результаты опытной эксплуатации интеллектуального дночерпателя

В период экспедиции по Ладожскому озеру в августе-сентябре 2022 года с помощью разработанного интеллектуального дночерпателя был проведен сбор свыше 160 проб. На рисунке 3 приведены примеры донного грунта, взятые с акватории Ладожского озера в районах Сортавала, Путсаари.



Рис. 3. Примеры донного грунта, отобранные разработанным дночерпателем

На рисунке 4 приведены графики показаний акселерометра, записанные на протяжении 0,5с с момента достижения дна. Данные с акселерометра поступают с частотой 200 Гц. На всех графиках отчетливо видно, что в момент соприкосновения с дном ускорение (торможение) начинает нарастать. Однако характер этого нарастания и дальнейшего изменения однозначно определяются характеристиками грунта. Проведённые серии экспериментальных отборов позволяют утверждать, что тип кривой ускорения (торможения) дночерпателя для различных грунтов практически не зависит от начальной скорости дночерпателя и будет отличаться только масштабом графика. Таким образом, по данным измерениям можно также судить о плотности и физико-механических параметрах донного грунта, различия которых визуалью иногда не видны. При ударе о галечный грунт наблюдаются характерные скачки показаний акселерометра.



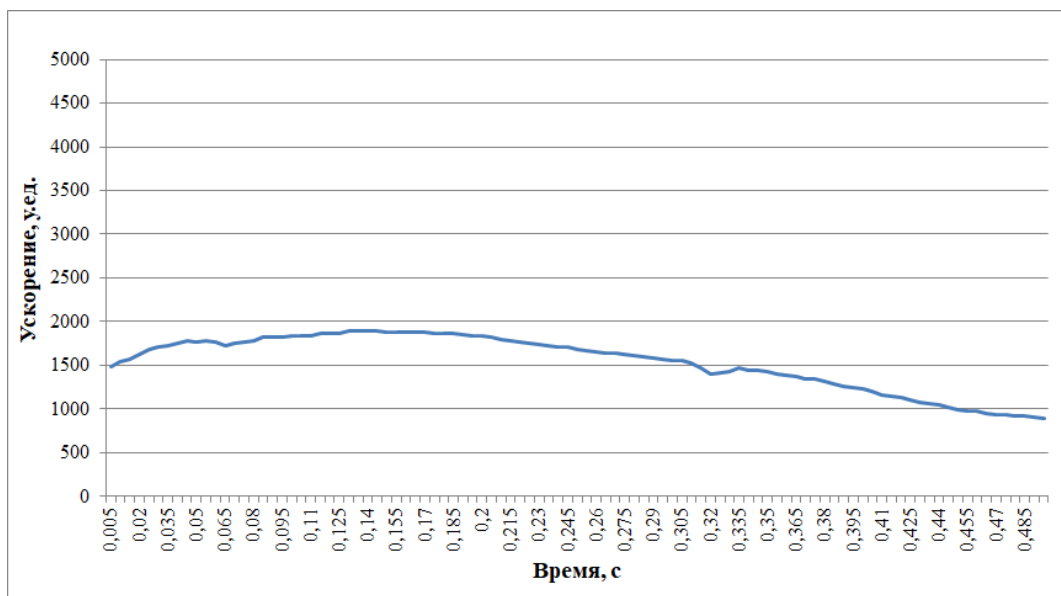
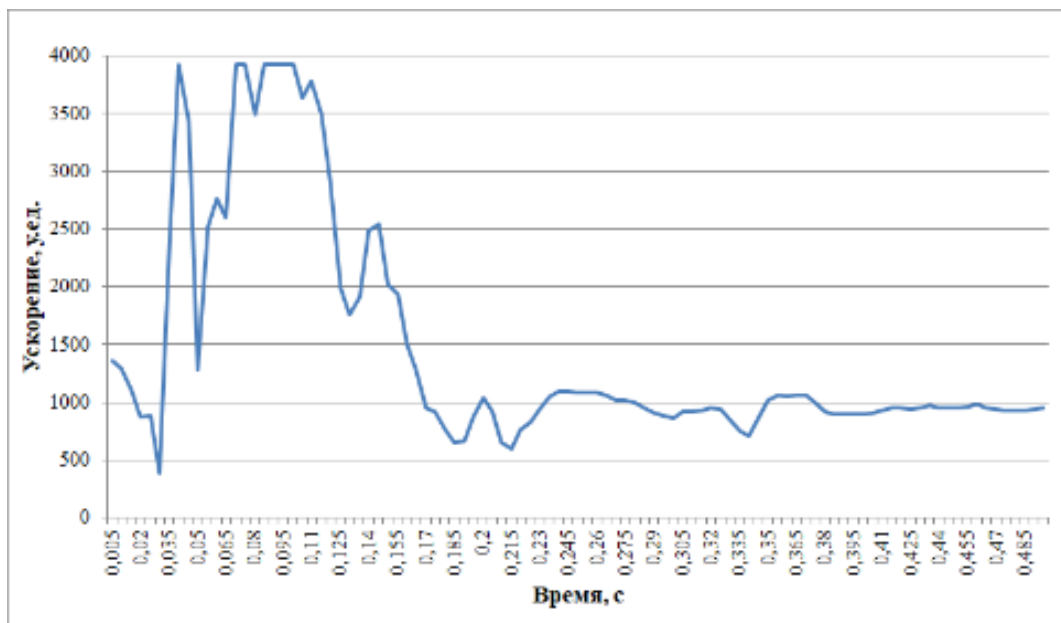
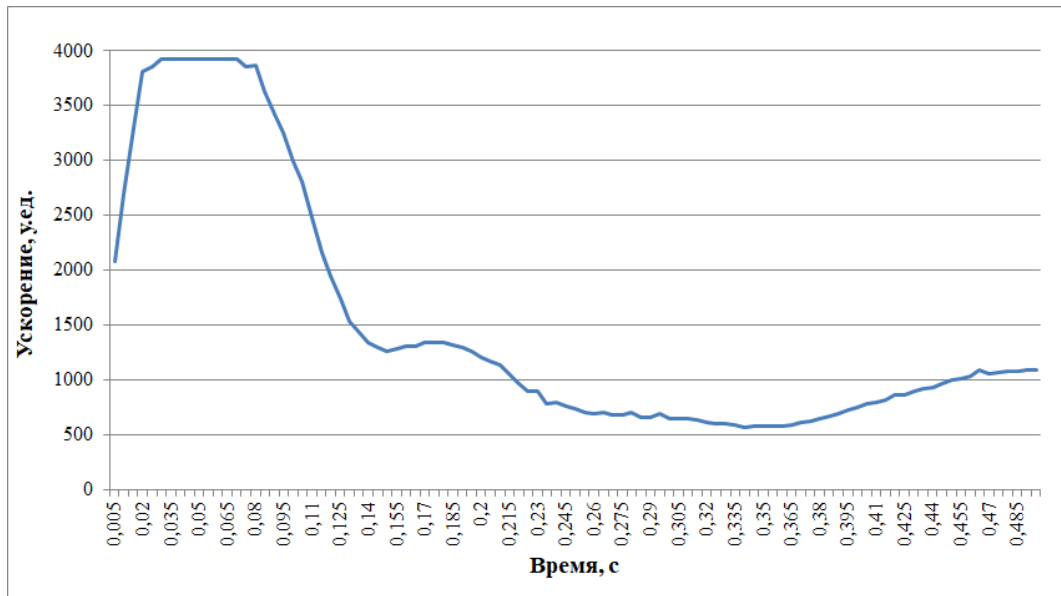


Рис. 4. Примеры графиков показаний акселерометра с момента достижения дна

Эксперименты показали, что для более точной настройки функционирования дночерпателя следует использовать и другие критерии нахождения оборудования на дне, в частности малые изменения глубины порядка 1-2 см за 2 с и отсутствие вращения вокруг оси прибора.

Заключение

Проведенный анализ оборудования, используемого для сбора проб при гидрологических исследованиях, свидетельствует об актуальности интеллектуализации механических средств отбора донного грунта. Разработанные в данном исследовании два варианта дночерпателей оснащены дополнительными сенсорными и вычислительными средствами, повышающими скорость и качество забираемого со дна материала. Анализ показаний акселерометра в момент вхождения в грунт выявил направления дальнейших исследований и модернизации дночерпателя в части более тонкой настройки программно-алгоритмического обеспечения, а также оценки физико-механических свойств захватываемого донного грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стёпочкин И.Е. Автоматический пробоотборник морской воды с заданной глубины // Подводные исследования и робототехника. – 2022. – №1 (39). – С. 80-84
2. Баканов А.И. Сравнительная оценка эффективности работы дночерпателей различных систем // Гидробиологический журнал. – 1977. – Т. 13. № 2. – С. 97-103
3. Барулин Ю.А. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах: Зоопланктон и его продукция. – Л.: ГосНИОРХ. –1984. – С. 33
4. Лях А.М. Минимальная структура базы для хранения данных о биологическом разнообразии организмов // Труды СПИИРАН. 2020. № 4 (19). С. 855-879.
5. Дудакова Д.С., Дудаков М.О., Анохин В.И. Опыт применения глубоководного телеуправляемого аппарата для изучения подводных ландшафтов ладожского озера // Российский журнал прикладной экологии. 2018. № 4 (16). С. 51-55.
6. Дудакова Д.С., Анохин В.М., Поздняков Ш.Р., Дудаков М.О., Юдин С.Н. Подводные ландшафты островов Мантсинсаари и Лункулансаари в зоне рифейских поднятий в восточной части Ладожского озера // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2021. Т. 85. № 3. С. 433-445.

DEVELOPMENT AND PILOT OPERATION OF THE MODERNIZED EKMAN-BURGY DROP GATHER WITH AUTOMATION OF CAPTURE AND EVALUATION OF THE SAMPLE QUALITY

¹Dudakov Mikhail Olegovich, leading engineer, laboratory of complex problems of limnology of the Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences

²Dudakova Dina Sergeevna, Ph.D. biol. Sci., researcher of laboratory of hydrobiology of the Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences

³Ronzhin Andrey Leonidovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Director

^{1,2,3}St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia, e-mail: info@spcras.ru

The mechanical design of bottom grabs used for sampling in hydrobiological research has not undergone significant changes due to its reliability, but it needs to be improved in terms of computational and sensory capabilities to reduce sampling time. The developed variants of bottom grabs based on the mechanical design of Ekman-Burgey are equipped with a video camera, an accelerometer and other sensors that provide assessment of the quality of entry into the bottom soil and automatic operation of buckets only after assessing the sufficiency of the predicted volume of the captured sample. Bottom grabs were successfully tested in expeditions on Lake Ladoga.

БИОЛОГИЯ КАМЕННОЙ КРЕВЕТКИ *PALAEMON ELEGANS* (CRUSTACEA: DECAPODA: PALAEMONIDAE) У БЕРЕГОВ КУРШСКОЙ КОСЫ В 2020 ГОДУ

¹Егорова Юлия Евгеньевна, аспирант кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

²Судник Светлана Александровна, канд. биол. наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹yulya_egorovaa@mail.ru; ²svetlana.sudnik@klgtu.ru

*Цель исследования – изучение основных биологических характеристик креветки *Palaemon elegans* в прибрежной зоне Балтийского моря у берегов Куршской косы в районе пос. Рыбачий в августе 2020 г. Соотношение полов (самцы : самки) приближалась к равному, общая длина тела креветок составила 12,0–50,0 мм при длине карапакса 4,0–11,6 мм, самцы достигали меньших размеров, чем самки. Масса тела креветок – 0,04–1,37 г (у самцов – до 0,54 г), получены параметры размерно-весовой зависимости. Нерестовый сезон – июнь–сентябрь, самки откладывали до 1500 яиц размерами 0,45–0,50 x 0,50–0,55 мм. Размерно-половая и весовая структура поселения, основные черты репродукции самок, в целом, были схожи с таковыми, полученными для вида за период 2010–2015 гг., но обнаружены и новые данные.*

Каменная креветка *Palaemon elegans* широко распространена в Восточной Атлантике, отмечена в Индийском океане. В водоемах Евразии это – инвазивный вид [2; 3; 7; 8; 10; 11]. Креветка – бентофаг-полифаг, в том числе детритофаг и некрофаг, важный пищевой объект ряда рыб, включая промысловые породы (европейская бельдюга, бычки, треска, камбала) [1; 9]. Кроме того, для ряда стран она – объект коммерческого, для многих других – любительского лова [1].

В водах Калининградской области *P. elegans*, благодаря своей эвригалинности и эвритермности, распространен в прибрежной части Балтийского моря и Калининградского залива. Ряд публикации описывают черты биологии вида из вод Калининградской области: встречаемость, размерно-половой состав, аспекты питания и репродукции креветок поселения Калининградского залива и Балтийского моря (в более ранние годы) [4–6]. Их анализ показал недостаток знаний о биологии вида у берегов Куршской косы и необходимость мониторинговых исследований состояния данного поселения креветки. Работа выполнена в рамках тем инициативной поисковой прикладной научно-исследовательской работы ФГБОУ ВО «КГТУ» «Эколого-фаунистическая характеристика гидробионтов из водоемов Калининградской области» (рег. № Код: 13.13.200.2) и «Гидробиологические исследования водоемов национального парка «Куршская коса» (рег. № Код: 13.13.035.2), а также при научном сотрудничестве с Национальным парком «Куршская коса».

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили 70 особей креветок *Palaemon elegans*, собранные С.А. Судник и М.В. Панкратовым 23 августа 2020 г., с помощью креветочной драги (ширина рабочей стороны 1 м, вертикальное раскрытие 0,5 м, ячея 5 мм) на глубине 1,0–1,5 м у берегов Куршской косы в районе пос. Рыбачий (рисунок 1). Фиксация материала – 8 %-ный раствор формальдегида.

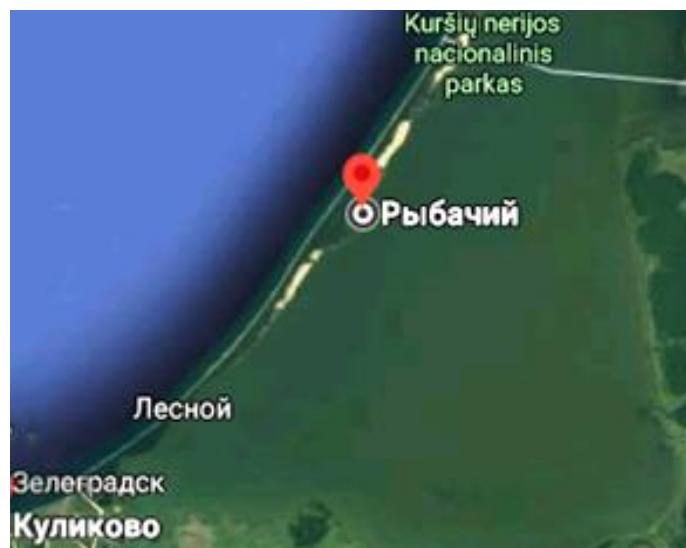


Рис. 1. Место сбора проб креветок *Palaemon elegans*

Для всех особей применена методика лабораторного биологического анализа креветок [12], в состав которой входили: измерение с точностью 0,1 мм общей длины тела (ОД) и длины карапакса (ДК), определение пола (по форме эндоподита плеоподов 1 и плеоподов 2), массы тела с точностью 0,01 г, стадии зрелости яичников (по шестибалльной шкале), стадии развития эмбрионов (по пятибалльной шкале); оценка величины разовой реализованной плодовитости (РРП, количество вынашиваемых яиц) – прямым подсчетом всех яиц кладки в камере Богорова; измерение с точностью 0,01 мм большого и малого размера не менее 10 зрелых ооцитов полигональной формы и большого (длина) и малого (ширина) диаметра десяти яиц эллипсоидной формы, подсчет их средних значений; расчет объема яйца выполнен по формуле: $V = 3,14 \times X \times Y^2 : 6$ (X – длина; Y – ширина яйца, мм).

Результаты и обсуждение

Соотношение полов. В летней пробе 2020 года у берегов Куршской косы соотношение полов приближалось к равному (таблица 1). В более ранние годы исследования (2010-2015 гг.) у берегов Куршской косы соотношения полов у вида то же приближалось к равному (таблица 1).

Таблица 1

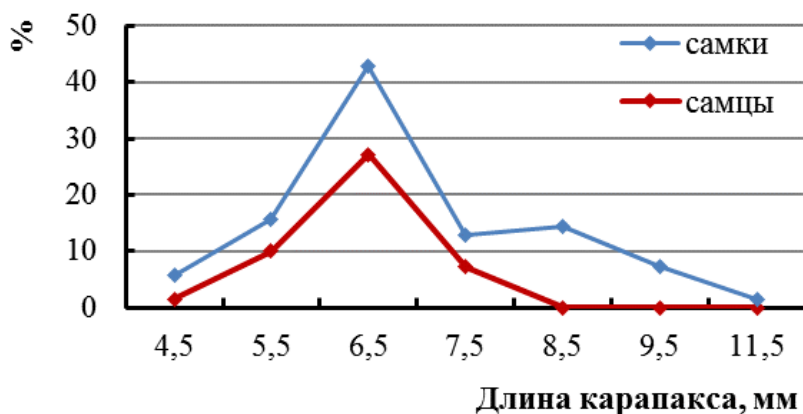
Соотношение полов, *P. elegans*, Балтийское море, пос. Рыбачий

Дата	Количество особей, шт.	Соотношение полов самки : самцы	самки, %	самцы, %	Источник
27.06.2010 г.	39	1 : 1	49	51	[5]
11.07.2014 г.	50	1,4 : 1	58	42	
23.06.2015 г.	29	1,2 : 1	55	45	
23.08.2020 г.	70	1,2 : 1	54	46	наши данные

Размеры. В целом, размеры тела креветок *P. elegans* в поселении у пос. Рыбачий по ОД составили 12,0-50,0 мм (для самцов – 20,0-36,0 мм, для самок – 12,0-50 мм), по ДК 4,0-11,6 мм (для самцов: 4,6-7,2 мм, для самок: 4,0-11,6 мм) – оба размера у самок достигали больших значений (таблица 2; рисунок 2). Можно отметить встречу более крупных (как по ОД, так и по ДК) самок летом 2014 и 2020 гг. (без выявленных отличий по средним величинам), более крупные по ОД самцы здесь встречены летом 2010 и 2020 гг., однако сравнение их ДК различий не выявило (таблица 2).

Размеры креветок *P. elegans*, Балтийское море, пос. Рыбачий

Дата	самки				самцы				Источник
	ОД, мм		ДК, мм		ОД, мм		ДК, мм		
	диапа- зон	M ± sd	диапа- зон	M ± sd	диапа- зон	M ± sd	диапа- зон	M ± sd	
27.06.2010	12,0-24,6	18,7±3,2	5,0-9,0	7,2±1,1	12,8-27,8	17,9±4,1	4,0-8,6	6,2±1,2	[5]
11.07.2014	14,6-30,4	25,6±3,3	5,3-11,2	8,8±1,6	12,2-21,0	16,3±1,9	4,5-9,0	6,4±1,0	
23.06.2015	9,8-14,0	11,3±1,4	4,6-8,0	6,2±1,0	12,8-21,8	15,5±2,0	4,6-9,2	6,3±1,2	
23.08.2020	12,0-50,0	27,1±6,5	4,0-11,6	6,6±1,5	20,0-36,0	27,7±6,5	4,6-7,2	6,7±1,5	наши данные

Рис. 2. Размеры тела у *P. elegans*, Балтийское море, пос. Рыбачий, август 2020 г.

Масса тела. Индивидуальная масса тела креветок *P. elegans* составила 0,04-1,37 г, при этом у самцов – до 0,40 г, у самок – до 1,37 г, то есть самки достигали большей массы, чем самцы, что соответствовало их большей общей длине тела (таблица 3). Сравнение данных по массе тела особей в 2020 г. и таковых из проб за 2010-2015 гг. показало достаточную стабильность весовой структуры самцов за период 10 лет (за исключением 2014 г, когда встречены более мелкие особи), максимальная масса самок в данный период сильно варьировалась в соответствии с их размерами.

Таблица 3

Масса тела креветок *P. elegans*, Балтийское море, пос. Рыбачий

Дата	Кол-во особей, шт.	Масса тела, г					Источник
		общее	самки		самцы		
			масса	ОД, мм	масса	ОД, мм	
27.06.2010	39	0,10-0,54	0,10-0,41	12,0-24,6	0,15-0,54	12,8-27,8	[5]
11.07.2014	50	0,11-0,98	0,16-0,98	14,6-30,4	0,11-0,33	12,2-21,0	
23.06.2015	29	0,13-0,40	0,13-0,22	9,8-14,0	0,15-0,40	12,8-21,8	
23.08.2020	70	0,04-1,37	0,04-1,37	12,0-50,0	0,14-0,40	20,0-36,0	наши данные

Оценка размерно-весовой зависимости у особей *P. elegans*, выловленных в августе 2020 г. в прибрежье Балтийского моря у пос. Рыбачий, показала хорошую корреляцию величин длины карапакса и массы тела креветок (рисунок 3), что было отмечено и в таковых более ранних исследованиях (2010-2015 гг.) для вида данного поселения [5].

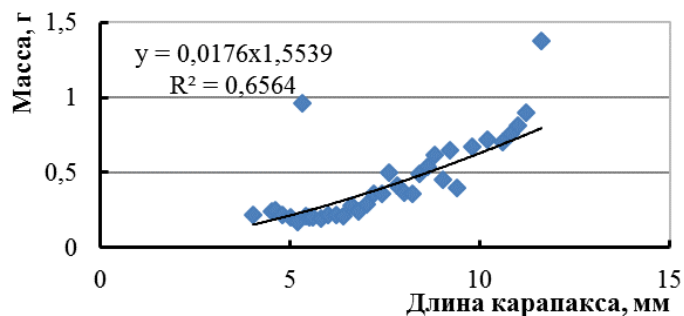
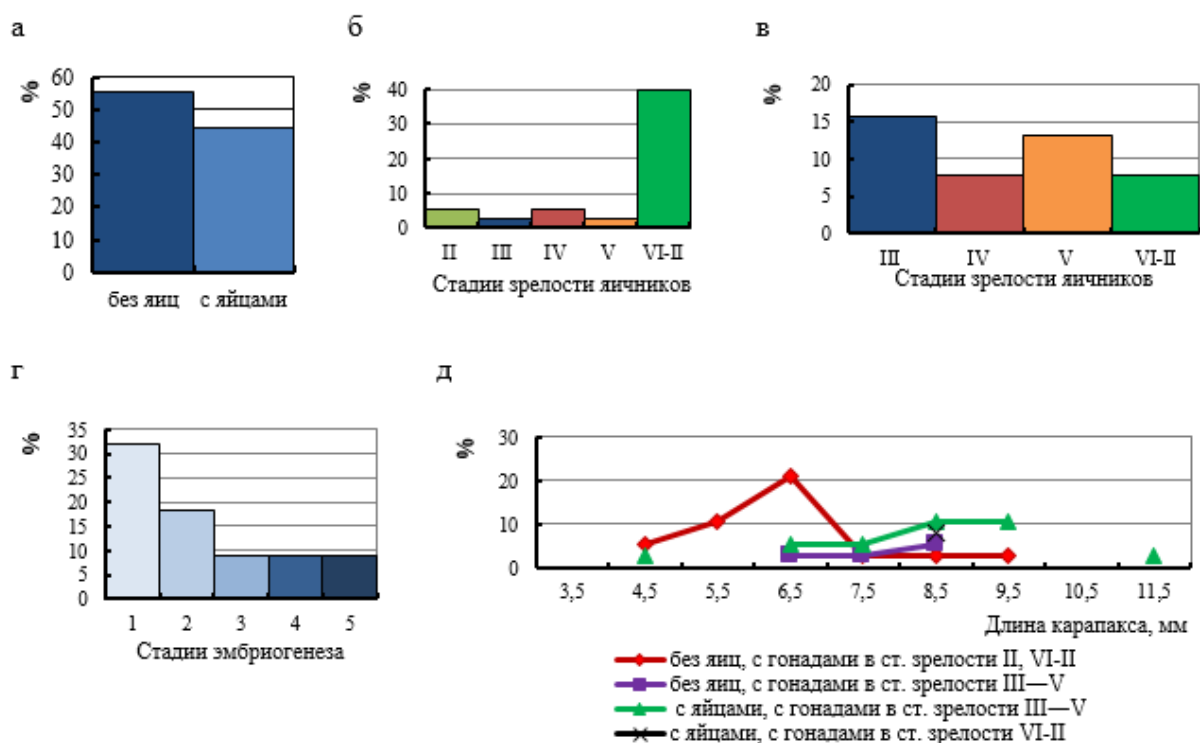


Рис. 3. Размерно-весовая зависимость у *P. elegans*, Балтийское море, пос. Рыбачий, август 2020 г.

Репродукция. В пробе за август 2020 г. из поселения креветок у пос. Рыбачий самки без яиц немного (в 1,4 раза) преобладали над яйценосными особями (рисунок 4).



а – соотношение самок без яиц и с яйцами;
 б, в – стадии зрелости яичников у самок: без яиц (б) и яйценосных особей (в);
 г – стадии развития эмбрионов; д – размерный состав самок
 Рис. 4. Репродуктивное состояние самок *P. elegans*

Яйценосные особи достигали несколько больших размеров – ДК до 11,6 мм, по сравнению с ДК 9,0 мм – у самок без яиц. Соответственно, первые – самки чуть более старшего возраста, повторно участвующие в нересте. По средним значениям размеры самок этих групп достоверно не отличались ($7,29 \pm 1,65$ мм и $7,14 \pm 1,67$ мм, соответственно).

Среди самок без яиц доминировали (45 % от всех самок) особи с неразвитыми яичниками (ДК 4,0-9,0 мм; мода 6,5 мм); наименьшие из них (ДК до 5 мм) были неполовозрелыми (в стадии зрелости II); особи крупнее (ДК до 9 мм) имели гонады в стадии зрелости VI-II и пропускали текущий нерест (рисунок 4б, д). Возможности впервые спариваться самки вида достигали при ДК до 5 мм (их яичники созревали до стадии зрелости II). Остальные самки без яиц (10 % от всех самок; ДК 6,8-8,8 мм) имели созревающие и зрелые яичники (в стадиях зрелости III-V) (рисунок 4 а, б, д). Доминировали среди самок без яиц, как неполовозрелых, так и созревающих, особи схожих небольших размеров ($7,2 \pm 1,7$ мм и $6,9 \pm 1,8$ мм, соответственно), что указывает на их близкий возраст, скорее всего – первого года жизни.

Среди яйценосных особей преобладали (37 % от всех самок) самки с созревающими и зрелыми гонадами (в стадиях зрелости III–V; ДК 4,6-11,6 мм), вынашивающие эмбрионы в стадиях развития 1–5 (преобладали начальные стадии эмбриогенеза). Это были самки, готовящиеся к повторному нересту (рисунок 4, в–д). Остальные яйценосные особи (8 % от всех самок; ДК 8,0-8,4 мм) при неразвитых гонадах (в стадии зрелости VI-II), вынашивали эмбрионы, продвинутые в развитии до середины эмбриогенеза (стадии развития 3) – эти особи пропускали следующий нерест (рисунок 4, в–д). Средние размеры яйценосных самок обеих категорий не отличались ($7,3 \pm 1,7$ и $8,2 \pm 0,7$ мм, соответственно), что указывает на доминирование особей одного возраста, того же, что мы наблюдали у самок без яиц.

Вывод: конец августа 2020 г. для самок *P. elegans* морского поселения у пос. Рыбачий был временем постепенно затухающего нереста: 45 % всех самок вынашивали эмбрионы на разных стадиях развития; только 21 % всех самок имели созревающие и зрелые яичники (стадии зрелости IV и V) – то есть собирались нереститься в последних числах августа и в сентябре; значительная доля самок (47 %) нереститься в августе-сентябре не собирались. Нами отмечено, что наиболее репродуктивно активными были самки схожих небольших размеров (ДК около 7-8 мм).

Как известно из более ранних наших исследований для *P. elegans* данного местообитания [5]: в июне 2010 г. и 2014 г. наблюдалось начало нерестового сезона, а в июле 2015 г. – его середина. Наши данные за 2020 г. уточняют границы нереста вида у берегов Куршской косы.

Размеры яиц и величина разовой реализованной плодовитости получены для 14 самок с ДК 6,0-11,6 мм ($7,29 \pm 1,65$ мм), которые вынашивали эмбрионы в 1–5 стадии развития.

Размеры только что отложенных яиц (стадия развития эмбрионов 1), а также их изменение в течение эмбриогенеза показаны в таблице 4. Можно отметить схожесть размеров яиц у самок вида в середине эмбриогенеза (стадия развития эмбрионов 3), полученных нами в 2020 г., с таковыми за 2010-2015 гг. (0,55 x 0,60 мм: длина x ширина) [5].

Начальная разовая реализованная плодовитость (на стадии 1) и ее изменение в течение периода вынашивания эмбрионов на стадиях 2–5 показаны в таблице 4. Максимальные значения плодовитости для вида данного поселения достигали 1500 яиц (отмечены у самок недавно отложивших яйца: стадия 2). Это расширяет верхние границы величины плодовитости вида данного поселения, поскольку в 2010-2015 гг. они были – 978 яиц [5].

Оценить потери яиц за время вынашивания в 2020 г. не позволил материал (можно лишь отметить, что на первых двух стадиях эмбриогенеза потерь яиц не отмечено), также как невозможно было оценить изменение размера яиц за время эмбриогенеза (таблица 4). В более исследованиях [5] такие данные тоже отсутствуют.

Таблица 4

Плодовитость и размеры яиц *P. elegans*, Балтийское море, пос. Рыбачий

Стадия развития эмбрионов	Кол-во ♀♀	ДК, мм		Плодовитость		Размеры яиц, мм / мм ³					
		диапазон	M ± sd	диапазон	M ± sd	длина		ширина		объем	
						диапазон	M ± sd	диапазон	M ± sd	диапазон	M ± sd
1	4	6,0-8,0	6,4± 1,25	799- 1079	1066± 262	0,50- 0,55	0,57± 0,04	0,45- 0,50	0,50± 0,03	0,06- 0,07	0,02± 0,03
2	4	7,2-9,2	7,2± 1,65	583- 1500	920± 251	0,55- 0,65	0,59± 0,04	0,50- 0,58	0,53± 0,05	0,07- 0,10	0,05± 0,04
3	2	8,2-9,0	8,4± 0,43	710; 1024	–	0,60- 0,65	–	0,6	–	0,11- 0,12	–
4	2	4,6-11,6	8,1± 4,94	765; 1200	–	0,55- 0,65	–	0,45- 0,60	–	0,45- 0,60	–
5	2	6,8-9,2	7,1± 1,7	485; 900	–	0,55- 0,65	–	0,50- 0,55	–	0,08- 0,12	–

Выводы

1. Соотношение полов в пробе креветок *P. elegans* из морского поселения в августе 2020 г., также как и в более ранние годы исследования (2010-2015 гг.) приближалось к равному.

2. Размеры тела креветок по общей длине составили 12,0–50,0 мм, при длине карапакса 4,0–11,6 мм, самки способны достигать больших размеров тела, чем самцы. Размерная структура особей морского поселения вида у пос. Рыбачий в 2010, 2014 и 2015 гг. в целом схожа с таковой, полученной нами в 2020 г.

3. Масса тела креветок составила 0,04-1,37 г (у самцов – всего до 0,54 г, что соответствовало их более мелким размерам тела). Получены параметры размерно-весовой зависимости для вида поселения.

4. Нерестовый сезон самок *P. elegans* морского поселения у пос. Рыбачий длится с июня по начало сентября. Возможности впервые спариваться самки вида достигали при ДК до 5 мм, после чего при размерах 6,0-8,0 мм впервые созревали и нерестились, откладывая на плеоподы до 1500 яиц размерами 0,45-0,50 x 0,50-0,55 мм и вынашивая затем развивающиеся эмбрионы.

Благодарности

Выражаем искреннюю благодарность Панкратову Михаилу Викторовичу за помощь в сборе проб креветок *P. elegans* у берегов Куршской косы в районе поселка Рыбачий летом 2020 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буруковский, Р. Н. Креветки рода *Palaemon* (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) Европейских морей: определение видов: [Электронный ресурс]: учеб. пособие. – / Р.Н. Буруковский. – Электронные данные. – Калининград: БГА РФ ФГБОУВО «КГТУ», 2017. – 1 эл. опт. диск (CD-R).

2. Виноградов, Л.Г. Отряд Десятиногие Decapoda // Атлас беспозвоночных Каспийского моря. М.: Пищевая промышленность, 1968. С. 291–300.

3. Кобякова, З.И., Долгополова, М.А. Отряд десятиногие – Decapoda // Определитель фауны Черного и Азовского морей. Т. 2. Отв. ред. Водяницкий В.А. Киев: Наукова думка, 1969. С. 270–306.

4. Мирошниченко Я.В. Некоторые данные о биологии креветки *Palaemon elegans* (Rathke 1837) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) из Вислинского залива Балтийского моря в летний период 2016-2017 гг. // Межвуз. науч.-техн. конф. студентов и курсантов на базе ФГБОУ ВО «КГТУ» (2-15 апреля 2018 г.) «Дни науки»: материалы [Электронный ресурс] / отв. за вып.: Т.С. Станкевич, Е.В. Безбородова. Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. С. 160–165. – 1 электрон. опт. диск. Калининград.

5. Судник С.А., Егорова Ю.Е. Размерно-половая и репродуктивная структура поселений креветки *Palaemon elegans* из вод Балтийского моря у берегов Куршской косы (2010, 2014 и 2015 гг.) // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» сборник научных статей. Вып. 17 / сост. И. П. Жуковская. – Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2021. – С. 82-97

6. Цигвинцев С.В. О биологии креветки *Palaemon elegans* в водах Калининградского залива // Проблемы ихтиопатологии и гидробиологии. Первые шаги в науке: сб. магистр. и аспирант. научн. работ. Калининград: Изд. ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. С. 180–201.

7. Caspers, H. Quantitative Untersuchungen über die Bodentierwelt des Schwarzen Meeres in bulgarischen Küstenbereich // Archiv für Hydrobiologie. 1951. S. 45–192.

8. Grabowski, M. Rapid colonization of the Polish Baltic coast by an Atlantic palaemonid shrimp *Palaemon elegans* Rathke, 1837 // Aquatic Invasions. 2006. Vol.1. Issue 3. P. 116–12.

9. Gruszka, P., Więcaszek, B. *Palaemon elegans* as food for cod in the Gulf of Gdańsk // Book of Abstracts, Baltic – the Sea of Aliens, 25-27 August 2004, Gdynia, Poland, 27p.

10. Gutu, M. Recent changes in the Decapod fauna of Romanian Black Sea littoral // Trav. Mus. Hist. nat. "Grigor Antipa". 1980. Vol. 21. Bukurești: P. 103–109.

11. Katajisto, T. *Palaemon elegans* Rathke, 1837 (Caridea: Palaemonoidea: Palaemonidae) established in the Gulf of Finland // Katajisto T., Kotta J., Lehtiniemi M., Malavin S.A., Panov V. E / BioInvasions Records. 2013. Vol. 2. Issue 2. P. 125–132.

12. Sudnik S.A., Falkenhaus T. The method of biological analysis for caridean shrimps (Decapoda: Natantia: Caridea) with emphasis on pelagic shrimps // Наука и общество в условиях глобализации: материалы НЗ4 международной научно–практической конференции (Уфа, 21–22 апреля 2014 г.). Уфа: «РИО ИЦИПТ», 2014. С. 7–11.

BIOLOGY OF STONE SHRIMP *PALAEMON ELEGANS* (CRUSTACEA: DECAPODA: PALAEMONIDAE) NEAR THE CURONIAN SPIT IN 2020

¹Egorova Yuliya Evgenievna, postgraduate student of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

²Sudnik Svetlana Alexandrovna, Phd, associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹yulya_egorovaa@mail.ru; ²svetlana.sudnik@klgtu.ru

*The aim of the work – studying the main biological characteristics of the *Palaemon elegans* shrimp in the coastal zone of the Baltic Sea off the coast of the Curonian Spit in the area of the village Rybachy in August 2020. The sex ratio (males : females) was approaching equal, the total body length was 12.0–50.0 mm with a carapace length of 4.0–11.6 mm, males reached smaller sizes than females. The body weight – 0.04–1.37 g (in males – up to 0.54 g), the parameters of the size–weight dependence were obtained. The spawning season prolonged from June to September, females laid up to 1,500 eggs measuring 0.45–0.50 x 0.50–0.55 mm. The size–sex and weight structure of the shrimp settlement, the main features of female reproduction, in general, were similar to those obtained for the species of the same settlement for the period 2010–2015, but new data were also found.*

УДК 595.384.12

О ПИТАНИИ КРЕВЕТКИ *EUALUS GAIMARDI BELCHERI* (BELL, 1855) ИЗ ХАТИНГТОНГСКОГО ЗАЛИВА (МОРЕ ЛАПТЕВЫХ) В СЕНТЯБРЕ 2016 ГОДА

Кобяков Кирилл Александрович, аспирант

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: kir.321@mail.ru

*Приведена характеристика состава пищи креветок *Eualus gaimardi belcheri* (Bell, 1855), выловленных в Хатингтонском заливе (море Лаптевых) в сентябре 2016 г. (136 особей, в 99 желудках была пища, а 10 были полными). Уровень их изученности совершенно недостаточен. Цель нашей работы – изучение состава пищи этого вида в осенний период в Хатингтонском заливе. *E. g. belcheri* в первую очередь детритофаг и некрофаг, однако по отношению к полихетам его можно отнести к пасущемуся хищнику.*

Введение

Арктические моря ранее в течение круглого года практически были недоступны для исследования их донной фауны. В литературе имеются достаточно полные данные по видовому составу донной фауны этого региона, и совершенно не исследованы какие-либо особенности биологии его гидробионтов. Поэтому не случайно, когда в результате всемирного потепления освободившиеся ото льдов акватории стали доступны для исследования, они стали важным объектом изучения, в том числе и для специалистов по изучению бентоса. Это сразу привлекло интерес к экологическому состоянию данных водоемов и их гидробионтов, как стартового этапа для организации их мониторинга.

Уровень их изученности, в том числе и креветок Хатингтонского залива, совершенно недостаточен. Именно это определило выбор темы для нашего исследования. Объектом его стали один из самых массовых видов креветок данного региона – *Eualus gaimardi belcheri* (Bell, 1855) [1].

Цель нашей работы – изучение состава пищи этого вида и его классификация по типу питания.

Материал и методика

Сборщиками материала являются сотрудники ИОРАН РФ В.Л. Сёмин и М.И. Симаков. Материал для исследования был собран в Хатингтонском заливе, в осенний период (сентябрь 2016 г.). Объём исследованного материала включает 136 экз. В 99 из которых была найдена пища, а 10 из них были полными.

Орудие лова – бим-трал. Креветки были зафиксированы в 4% растворе формальдегида. Что вполне соответствует критерию необходимой достаточности: минимальному количеству желудков, в которых встречено не менее 80% пищевых объектов, служащих объектами питания исследуемого вида [2]. Для описания питания применяется метод Буруковского [3]. В чашку Петри с каплей воды помещается желудок, извлеченный из тела креветки. После его вскрытия препаровальными иглами определяли степень наполнения желудка пищей по четырехбалльной шкале: 0 – желудок пустой; 1 – пища занимает менее половины объема желудка; 2 – пища занимает примерно половину (от одной до двух третей) объема желудка; 3 – желудок полный. В неполных желудках (баллы наполнения 1 и 2) определяли лишь состав съеденного. В пищевых комках полных желудков, кроме этого, на взгляд оценивали долю основных объектов пищевого комка с точностью до 10%. Пищевые и не пищевые объекты, составляющие менее 10% объема пищевого комка, просто перечислялись. По результатам исследования содержимого всех желудков с пищей (полных и не полных) подсчитывалась частота встречаемости всех пищевых компонентов (процент встречаемости данного компонента пищи от общего числа исследованных желудков с пищей). По результатам, полученным при анализе состава пищи полных желудков, рассчитывали, какую долю в среднем занимал каждый компонент питания, занимающий 10% и более объема пищевого комка. В итоге получали реконструированный усредненный (виртуальный) пищевой комок. Все пищевые компоненты, поддающиеся подсчету и измерению, пересчитывались и измерялись. Под названием «пищевые компоненты» мы подразумеваем и живые, и неживые остатки, встреченные в желудках, в отличие от «пищевых объектов», т.е. тех компонентов пищевого комка, которые используются креветкой в качестве пищи. Кроме этого, рассчитывали среднее число пищевых объектов в желудке (коэффициент Фроермана Ю.М.) как общую сумму процентов частоты встречаемости всех пищевых объектов, деленную на 100, а также индекс доминирования (или индекс Таривердиевой М.И.) – частоту встречаемости полных желудков, в которых один компонент пищевого комка составляет не менее 60% от его объема [4].

Результаты

4.1. Интенсивность питания

Более чем у двух третьих исследованных особей в желудках были встречены пищевые компоненты, т.е. у 72,8%. Что указывает на то, что креветки активно питались во время сбора матери-

ала. Но общая интенсивность питания оказалась крайне низкой, т.к. более чем у половины экземпляров – 56,6% доминировал 1 балл наполнения желудков, а наполненных на половину и более, а также полных (наполнение желудка 2 и 3 балла) – всего 12 и 10 (8,8% и 7,4% соответственно).

4.2. Характеристика объектов питания

Содержимое желудков можно подразделить на две основные группы: неорганическая часть (в данном случае – песок и «субстрат») и пищевые объекты (детрит и полихеты).

Песок встречается в одной трети желудков (ЧВ 33,3%). Возможно, песок захватывается вместе с детритом или же с другими пищевыми компонентами, а также вероятно используется как жернова желудочной мельницы, хорошим примером служит креветка *Crangon crangon* [5].

Песчинки имеют размеры около 0,03 – 0,3 мм., т.е. по Петелину [6] мелкие относятся к ряду мелкоалевритных илов, а крупные – мелких и средних песков.

В желудках также встречается более мелкая фракция, которую почти невозможно было измерить с помощью окуляр–микрометра. Мы условно назвали ее субстратом. Он примечателен тем, что быстро ложился на дно чашки Петри, образуя тончайшую пленку. По Петелину [6], его можно отнести к пелитам, т.е. к глинистым илам. Быстрое оседание субстрата на дно чашки позволяло по отдельности оценить доли субстрата и детрита в пищевых комках полных желудков.

В каждом желудке в виде рыхлой массы присутствует детрит, цвет которого варьировал от сероватого до черного цвета.

А также стоит отметить полихет полихет, судя по щетинкам, относящиеся к эррантным [7]. Фрагментов тел обнаружено не было. Длина щетинок 0,3–0,9 мм.

4.3. Частота встречаемости

Все пищевые объекты можно разделить на две группы (табл. 1), в зависимости от их ЧВ (частота встречаемости).

В первую очередь стоит сказать о детрите, который встречается в каждом желудке, т.е. его ЧВ составляет 100%. Следом идут полихеты, встречающиеся в 12,1%. Это доминирующие объекты питания.

Песок имеет ЧВ 33,3%, а субстрат 5,1%.

Коэффициент Фроермана (K_f) равен 1,12. Полученное число относит наш исследуемый вид к нападающим хищникам, или нехищным собирателям. У каждой из этих экологических групп креветок он равен примерно 1 (Буруковский, 2022), т.е. у них в желудках обычно присутствует один объект питания. Отнести к нападающим хищникам *E. g. belcheri* трудно, т.к. полихеты в составе его пищи играли явно второстепенное значение. Поэтому, мы считаем, что пока его можно отнести к детритофагам, не пренебрегающим попутными жертвами в виде полихет.

4.4. Виртуальный пищевой комок

Более чем трех четвертей его объема составлял детрит (84%). Полихеты занимают ничтожную часть его объема (2%), а субстрат, составляющий 14% объема пищевого комка видимо, попадает в желудочно кишечный тракт в результате случайного захвата его вместе с другими пищевыми объектами [3]. Полихеты составляют всего 2% от объема пищевого комка. Вероятнее всего, они попадают в желудок вместе с детритом и этот объект питания является случайным. Можно предположить, что на данном этапе исследования *E. g. belcheri* можно считать облигатным детритофагом и, возможно, отчасти некрофагом, если полихеты попадают в состав пищи попутно, мертвыми, вместе с детритом.

Состав пищи креветки *Eualus gaimardi belcheri*

Объекты питания	Частота встречаемости, %	Доля в виртуальном пищевом комке, %
Детрит	100	84
Polychaeta	12,1	2
Субстрат	5,1	14
Песок	33,3	–
Объем материала	99	10
Кэфф. Фроермана	1,1	–

На сегодняшний день можно сказать, что *E. g. belcheri* в первую очередь детритофаг. Об этом свидетельствует то, что именно детрит полностью доминирует в его питании: встречается в каждом желудке и практически целиком заполняет полные желудки креветки. В то же время его можно отнести к пасущимся хищникам по отношению к полихетам. Некоторые признаки говорят о том, что он питается мертвыми полихетами, т.е. его можно считать и некрофагом [8].

Обсуждение

Изучаемый нами вид креветки – циркумполярный вид и относится к эпибентосно–донным формам. Креветки были пойманы в сентябре в Хатингтонском заливе (море Лаптевых).

Питание креветок рода *Eualus*, обитающих в бореально–арктических водах изучено слабо. Но даже имеющиеся скудные данные свидетельствуют о том, что в других частях ареала содержимое его желудков сильно отличается от нашего исследования в Хатингтонском заливе. Так, в Гудзоновом заливе по наблюдениям Сквайрса [9] он питался фитобентосом, остракодами, амфиподами, фораминиферами, гидроидными полипами, двустворчатыми моллюсками. К тому же в желудках попадались спикулы губок. Возможно, они были захвачены случайно. Кроме этого, имеется упоминание в работе Birkely, Gulliksen [10], ими был исследован состав пищи у 17 экз. *Eualus gaimardi* из Гудзонова залива. Поэтому можно предположить, что объектом их исследования был, вероятнее всего, *E. g. belcheri*). Ими были встречены следующие пищевые объекты: амфиподы, как пишут авторы, «отложения» (вероятнее всего, они под этим подразумевают детрит), неопознанные объекты питания (вероятно, это то, что мы относим к неопределенным объектам питания), фораминиферы, веслоногие раки. Бедность состава пищи питания нашего вида сильно контрастирует как с литературными данными, приведенными выше, так и с богатством бентоса в местах его обитания. Действительно, в этом регионе в донных биоценозах моря Лаптевых [1] зарегистрировано 18 массовых донных видов гидробионтов. Где они обитают в количестве – 2200 экз./м². Основные представители биоценоза – двустворчатые моллюски *A. borealis*, *Portlandia siliqua*, *Pandora glacialis*. Примечательными можно назвать полихет *Prionospio cirrifera*, с плотностью поселения 240 экз./м². Вровень с эвригалинными представителями моря, а именно *Astarte borealis*, *Eucratea loricata*, *Pandora borealis* и др.) обнаружены солоноватоводные представители как *Saduria entomon* и *Ampharete vega*.

Если рассматривать хищников, то там доминируют брюхоногие моллюски *Lunatia pallidus* и *Cylichna occulta* с биомассой 0,6 и 0,8 г/м² соответственно и плотностью поселений 380 и 40 экз./м². Такой представитель полихет как *Nephtys longosetosa* являющийся хищником, также может питаться и детритом. Типичными видами данной трофической группы можно назвать полихету *Harmothoe imbricata*, изопод *S. entomon*, *S. sibirica* и амфиподу *Haploops si*.

При рассмотрении и анализе эпифауны были обнаружены амфиподы (13 видов), гастроподы (15), мшанки (5), губки (3), мизиды (2). Кумовые раки *Brachydiastylis resima* (наибольшая для данного биоценоза плотностью поселений – 560±186,5). Гидроиды *Tubularia indivisa*, усонogie раки *Balanus balanus*. Иголокожих и морских звезд можно отметить такими представителями как *Myriotrochus rinkii* и *Urasterias lincki* соответственно.

В инфауне доминируют двустворчатые моллюски *Astarte borealis* (с плотностью поселения 120 экз./м² и биомассой 28,2 г/м²), *Portlandia siliqua* (соответственно, 260 и 19,4), а также видами *Astarte montagui* и *Yoldiella fraterna*.

В инфауне наименьшая значимость принадлежит полихетам *Ampharete vega* и *Eteone longa*. Количество макрозообентоса на протяжении года в разных точках изменяется от 433 до 9968 экз./м², а биомасса от 16,51 до 206,2 г/м².

При рассмотрении биомассы можно уверенно сказать, что преобладает двустворчатый моллюск *Leionucula bellotii* (17,9 г/м²), можно также выделить другого представителя моллюсков с биомассой 9,2 – *Portlandia siliqua*. Далее стоит упомянуть приапулид *Priapulid caudatus* и моллюска *Astarte crenata* их биомасса 4,5 и 4,8 г/м² соответственно, что гораздо незначительнее, чем у вышеупомянутых представителей. Для полноты понимания нужно описать, какие представители инфауны были обнаружены: 11 видов двустворчатых моллюсков (отдельно стоит отметить *Astarte borealis*, *A. montagui* и *Macoma sp.*), 19 видов полихет (среди них есть те, которые обитают только в этом сообществе *Pectinaria sp.*, *Nereimira aphroditoides*, *Cirratulus sp.*), 2 представителя приапулид, а также виды, которые редко попадались и имеют небольшое количество.

Можно предположить, что у изучаемого нами вида в период сбора материалов была ограничена доступность к большей части потенциальных объектов питания, и что описанный нами феномен имеет или локальное, или временное значение и указывает на то, что состав пищи данного вида требует более глубокого исследования как топически, то есть пространственно, так и темпорально – в сезонном аспекте, т.к. мы смогли исследовать состав пищи только из сентябрьских сборов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуков А.Ю. Экология донных биоценозов морей Лаптевых и Восточно–Сибирского: дисс., д-ра биол.наук. – Якутск, 2013. – 417 с.
2. Cartes J.E., Sarda F. Feeding ecology of the deep–water aristeid crustacean *Aristeus antennatus* // Marine Ecology Progress Series. – 1989. – V. 54. – P. 229-238.
3. Буруковский Р.Н. Состав пищи и пищевые взаимоотношения. – СПб.: Проспект науки, 2022. – 567 с.
4. Буруковский Р.Н. Питание и пищевые взаимоотношения креветок. – Калининград: Издательство ФГОУ ВПО «КГТУ», 2009. – 408 с.
5. О питании креветки *Crangon crangon* (Decapoda, Crangonidae) в Кандалакшском заливе Белого моря в июле и сентябре 2004 года / Р.Н. Буруковский, А.В. Трунова // Морские промысловые беспозвоночные и водоросли (биология и промысел). К 70 – летию со дня рождения Иванова Б.Г. 2007. – Т. 147. – С. 181-203.
6. Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков. М.: Наука, 1967. – С. 11.
7. Определитель фауны и флоры северных морей СССР. (Под ред. Н.С. Гаевской). – М.: Советская наука, 1948. – 737 с.
8. Буруковский Р.Н. Креветки западноафриканских вод (географическое распространение, закономерности горизонтального и вертикального распределения, жизненные формы и экологическая структура таксоценов). – СПб.: Проспект науки, 2017. – 512 с.
9. Squires H.J. Decapod Crustacea from Calanus collection in Hudson Bay in 1953, 1954, and 1958–61 // Journal of the Fisheries Research Board of Canada. – 1967. – V. 24. – № 9. – P. 1873–1903.
10. Birkely S.B., Gulliksen B. Feeding ecology in five shrimp species (Decapoda, Caridea) from an arctic fjord (Isfjorden, Svalbard), with emphasis on *Sclerocrangon boreas* (Phipps, 1774) // Crustaceana. – 2001. – V. 76. – № 6. – P. 699-715.

THE DIET OF SHRIMP *EUALUS GAIMARDI BELCHERI* (BELL, 1855) FROM HATINGTONG BAY (LAPTEV SEA) IN SEPTEMBER 2016

Kobiakov Kirill Alexandrovich, postgraduate student

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: kir.321@mail.ru

The characteristic of the food composition of Eualus gaimardi belcheri (Bell, 1855) shrimp caught in Hatington Bay (Laptev Sea) in September 2016 (136 individuals, 99 stomachs had food, 10 were full) is given. The level of their knowledge is completely insufficient. The purpose of our work is to study the composition of the food of this species in the autumn period in Hatington Bay. E. G. belcheri is primarily a detritophagus and necrophage, however, in relation to polychaetes, it can be attributed to a grazing predator.

УДК 574.589

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ КУРШСКОГО ЗАЛИВА

¹Мурашко Павел Александрович, заведующий лабораториями кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

²Меньшенин Александр Сергеевич, специалист по учебно-методической работе кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

³Шибяев Сергей Вадимович, д-р биол. наук, профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹pavel.murashko@klgtu.ru; ²aleksandr.menshenin@klgtu.ru; ³shibaev@klgtu.ru

Рассматриваются результаты исследования высшей водной растительности российской части Куршского залива. Полевые исследования проводились в июле 2022 года в период пика вегетации высшей водной растительности. Оценивался видовой состав, площадь проективного покрытия, характер зарастания, зарастаемость водоема и обилие организмов. Установлено, что в ходе маршрута длиной 155,9 км, обнаружено 28 видов растений. Была проанализирована литература и дана оценка составу макрофитов, которые были идентифицированы в ходе данного исследования.

Введение

Куршский залив – лагуна, расположенная в юго-восточной части Балтийского моря и соединяющаяся с ним узким проливом в районе литовского города Клайпеда. Залив является мелководным со средней глубиной 3,8 м. Длина береговой линии залива равна 611,82 км. Площадь водного зеркала залива составляет 1584 км². Куршский залив является промежуточным звеном между втекающими в него водами реки Неман и Балтийского моря. Данный водоем считают пресноводным, так как речной сток в залив составляет большую долю (20,8 км³/год), а приток морских вод меньше приблизительно в 4 раза (5,8 км³/год) [1].

Куршский залив является высокопродуктивным рыбохозяйственным водоемом, что обусловлено его гидрологическими и гидрохимическими характеристиками. По биологической продуктивности он превосходит все крупные водоемы северо-запада России. С другой стороны, за несколько последних десятилетий в Куршском заливе произошло постепенное уменьшение среднегодового

вылова рыб за счет уменьшения численности популяции наиболее ценных видов рыб [2]. Одной из причин является продолжающийся процесс эвтрофикации вод, который в последние годы усиливается в связи с интенсификацией антропогенной деятельности.

По классификации трофности водоемов залив находится в эвтрофном состоянии (концентрация хлорофилла от 10 до 100 мкг/л), а в летне-осенний период – гиперэвтрофным (среднее содержание хлорофилла более 100 мкг/л). Продолжающееся эвтрофирование водоема является особенно актуальной проблемой для Куршского залива. В летнее время, залив хорошо прогревается, что приводит к интенсивному "цветению" воды, особенно активны сине-зеленые водоросли, в пик вегетации которых в воду выделяется большое количество токсичных веществ, приводящих к массовой гибели рыб и других гидробионтов [3].

Статус эвтрофированного водоема Куршский залив получил в процессе поступления биогенных элементов с речного стока (р. Неман, Дейма и др.). Помимо речного стока, большие объемы загрязняющих веществ поступают в водоем с сельскохозяйственными удобрениями, отходами животноводства и хозяйственно-бытовыми стоками [4]. Важную роль играет естественная нагрузка водоема, связанная с разложением органических веществ внутри водного объекта.

Высшая водная растительность является одним из важнейших первичных продуцентов и средообразующих факторов в водных экосистемах. С другой стороны, высшая водная растительность, в связи с эвтрофикацией получает наиболее подходящие условия для интенсивного развития. Отмечается усиленное зарастание всей прибрежной части Куршского залива;

Водной флоре Куршского залива посвящено множество работ, относящихся к 50-м годам прошлого века, которые требуют актуализации [5-9]. Так же имеются данные по флоре в пределах Национального парка «Куршская коса», однако они носят фрагментарный характер [10-13]. Кроме того, в последние годы поднимается вопрос о целесообразности вселения в залив растительноядных рыб, в частности белого амура, для чего необходима оценка состояния его кормовой базы [14].

Целью настоящей работы являлось определение видового состава сообщества высшей водной растительности и обилия организмов в прибрежной части Куршского залива для оценки состояния экосистемы.

Материал и методика

Материалом для исследования послужили данные, полученные в июле 2022 года в ходе выездной экспедиции по российской прибрежной части Куршского залива. Исследование проводилось по общепринятым методикам И.М. Распопова [15] и В.М. Катанской [16]. Маршрутным методом осуществлялось рекогносцировочное обследование всей береговой линии и исследование видового разнообразия растительности. Данный технический прием включал в себя обход прибрежной части Куршского залива на маломерном моторном судне с использованием спутниковой навигации. Маршрут обследования водоема фиксировался при помощи специальной программы навигации OghxMaps GP v. 9.0.4 для построения трека маршрута и выделения значимых точек и полигонов. Полученный трек, в дальнейшем, подгружался к картам в сервисе Google Earth, где происходила его последующая обработка. Протяженность маршрута исследования составила 155,9 км (рис. 1).

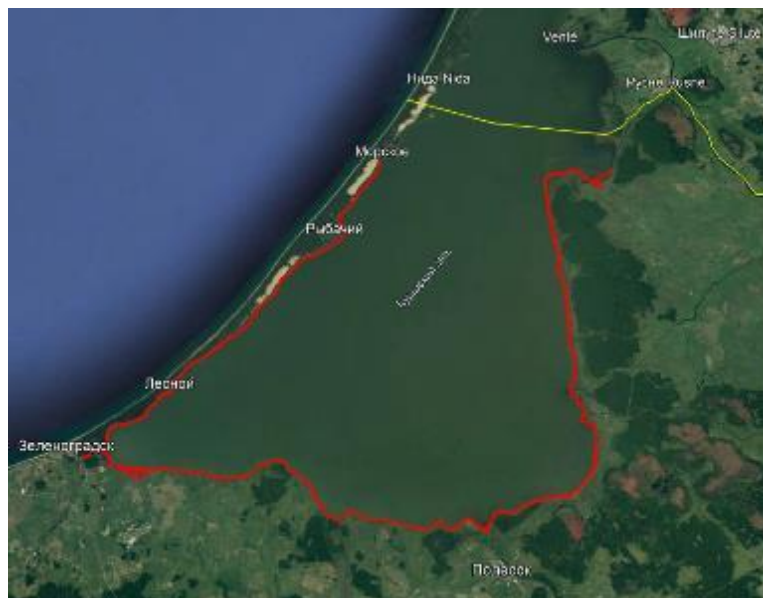


Рис. 1. Пройденный маршрут исследования высшей водной растительности Куршского залива

В связи с тем, что водоем имеет большую площадь и преимущественно однотипный характер распределения высшей водной растительностью, было заложено 40 учетных площадок и 10 профилей зарастания. Для количественного и качественного учета высшей водной растительности использовались специальные бланки, куда заносились сведения о высоте растений, глубине произрастания, обилии и проективном покрытии, характере грунта, на котором произрастает фитоценоз, и площади фитоценоза. Оценка обилия видов проводилась с использованием 6-бальной системы: 6 - обильно (очень много), явное преобладание по числу особей, 5 – рассеяно (много), 4 – разбросаны (довольно много), 3 – изредка, 2 – редко (мало), 1 – единично (очень мало). Для определения глубины произрастания растительности использовался специальный шест с отметками глубины. Учет ассоциаций проводился на площадках 0,25, 1, 5 и 10 м². Площадь проективного покрытия определялась визуальным методом при оценке зарастаемости в пределах пробных площадок. Площади зарастания водоема определялись с использованием средств дистанционного зондирования Земли при обработке спутниковых снимков с выделением экологических групп растительности.

Результаты и обсуждение

Согласно проведенным исследованиям, Куршский залив является водоемом с большим разнообразием водной и околоводной растительности. На распределение растительности влияет ряд факторов: волновое и ветровое воздействие, особенности рельефа, тип грунта и гидрологические особенности водоема. Особенно богато видовое разнообразие околоводной растительности, которая расположена преимущественно в поясе тростника. Ее расположение затрудняет исследование, так как пояс тростника может расстилаться до 300 м шириной. В составе водной флоры Куршского залива обнаружено 28 видов (таблица 1, среди которых доминирует тростник обыкновенный, распространенный повсеместно и имеющий большие площади произрастания. Помимо тростника наиболее распространенными видами являются: кубышка желтая, которая так же распространена повсеместно и камыш озерный. Набор видов, который был обнаружен в ходе исследования, является признаком обеднения флоры залива и характерен для водоемов, испытывающих постоянную биогенную нагрузку.

Обнаруженные виды водной растительности в ходе исследования (июль 2022 г.)

№	Вид	Обилие, балл*
1	Аир обыкновенный (<i>Acorus calamus</i>)	1
2	Частуха подорожниковая (<i>Alisma plantago-aquatica</i>)	1
3	Сусак зонточный (<i>Butomus umbellatus</i>)	1
4	Осока стройная (<i>Carex acuta</i>)	3
5	Повой заборный (<i>Calystegia sepium</i>)	1
6	Роголистник погруженный (<i>Ceratophyllum demersum</i>)	3
7	Посконник коноплевый (<i>Eupatorium cannabinum</i>)	1
8	Хвощ топяной (<i>Equisetum fluviatile</i>)	1
9	Мох ключевой (<i>Fontinalis antipyretica</i>)	1
10	Манник водный (<i>Glyceria maxima</i>)	1
11	Ряска горбатая (<i>Lemna gibba</i>)	1
12	Дербенник иволистный (<i>Lythrum salicaria</i>)	1
13	Кубышка желтая (<i>Nuphar lutea</i>)	5
14	Кувшинка белая (<i>Nymphaea alba</i>)	3
15	Вахта трехлистная (<i>Menyanthes trifoliata</i>)	1
16	Уруть колосистая (<i>Myriophyllum spicatum</i>)	3
17	Тростник обыкновенный (<i>Phragmites australis</i>)	6
18	Горец земноводный (<i>Persicaria amphibian</i>)	1
19	Рдест блестящий (<i>Potamogeton lucens</i>)	3
20	Рдест плавающий (<i>Potamogeton natans</i>)	3
21	Рдест гребенчатый (<i>Potamogeton pectinatus</i>)	2
22	Рдест пронзеннолистный (<i>Potamogeton perfoliatus</i>)	3
23	Рдест курчавый (<i>Potamogeton crispus</i>)	2
24	Стрелолист стрелолистный (<i>Sagittaria sagittifolia</i>)	1
25	Камыш озерный (<i>Scirpus lacustris</i>)	5
26	Рогоз узколистный (<i>Typha angustifolia</i>)	2
27	Рогоз широколистный (<i>Typha latifolia</i>)	2
28	Водокрас обыкновенный (<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>)	1

Примечание: * - 6-бальная шкала обилия видов: 6 - обильно (очень много), явное преобладание по числу особей, 5 - рассеяно (много), 4 - разбросаны (довольно много), 3 - изредка, 2 - редко (мало), 1 - единично (очень мало)

Установлено, что для Куршского залива характерен поясный тип распределения растительности (рис. 2). Ведущая роль в зарастании прибрежной части водоема принадлежит тростнику обыкновенному (*Phragmites australis*), который встречался на протяжении почти всего маршрута. В основном, он произрастает на глубинах от 0 до 70 см и имеет пояса шириной более 100 м. Камыш озерный (*Schoenoplectus lacustris*), который наиболее сильно подвержен волновому и ветровому воздействию встречался поясами на протяжении всего исследования на глубине от 50 до 100 см. В месте произрастания камыша наблюдалось обилие других представителей флоры водоемов: рдест плавающий (*Potamogeton natans*), рдест блестящий (*Potamogeton lucens*), рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus*), уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum*) и др. В прибрежном поясе бухт и затонов произрастает рогоз широколистный (*Typha latifolia*) и рогоз узколистный (*Typha angustifolia*). В поясе тростника произрастают земноводные растения, которые могут проходить свой жизненный цикл как в воде, так и на суше.

За прибрежным поясом высокотравных гелофитов следует пояс укореняющихся гидрофитов с плавающими на воде листьями. Особенно велика роль кубышки желтой (*Nuphar lutea*) в зарастании Куршского залива, которая произрастает не только в открытой части водоема, но и в бухтах и затонах. Пояс укореняющихся гидрофитов является важнейшей частью рыбохозяйственной деятельности, так как является местом обитания многих организмов, которые являются питанием различных ценных видов рыб. В данном поясе выделяются кубышка желтая (*Nuphar lutea*), рдест плавающий (*Potamogeton natans*), рдест блестящий (*Potamogeton lucens*), рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus*), уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum*), кувшинка белая (*Nymphaea alba*), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*) и др.

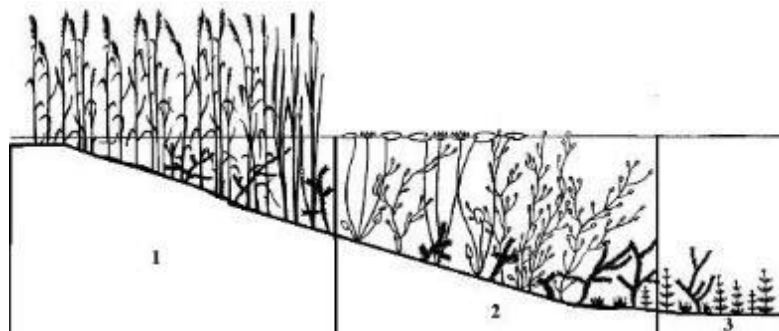


Рис. 2. Поясность зарастания Куршского залива (1 – пояс высокотравных гелофитов, 2 – пояс укореняющихся гидрофитов, 3 – особая флора)

За поясом гидрофитов следует особая флора, не имеющего отношения к предыдущей растительности (водные мхи, харовые водоросли и т.п.). Согласно данным прошлых исследований [5-14], ранее в заливе были обнаружены единичные виды харовых водорослей, однако в ходе нашего исследования они найдены не были. Среди мхов был найден только *Fontinalis antipyretica*, который произрастает в зоне тростников на восточном побережье Куршского залива.

Выводы

1. В составе высшей водной растительности Куршского залива было обнаружено 28 видов, среди которых доминирует тростник обыкновенный, распространенный повсеместно и имеющий большие площади произрастания. Набор видов, который был обнаружен в ходе исследования, является признаком обеднения флоры залива и характерен для водоемов, испытывающих постоянную биогенную нагрузку.

2. Для высшей водной растительности Куршского залива характерен поясной тип распределения, большинство фитоценозов состоят из поясов высокотравных гелофитов и пояса укореняющихся гидрофитов. Основные группы растений наблюдались на глубинах до 3 м, однако с повышением глубины видовое разнообразие и количество организмов резко снижалось. На горизонте более 3 м наблюдалась особая флора, характеризующаяся своей бедностью и разреженностью (водный мох).

3. Необходимо продолжать дальнейшее исследования высшей водной растительности и отслеживать динамику зарастания водоема, а также его разнообразие для того, чтобы дать комплексную оценку экологическому состоянию Куршского залива

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осадчий В.М. Регулирование рыболовства и стратегия использования рыбных ресурсов в Куршском заливе. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Калининград, 2000. 24 с
2. Александров, С. В. Влияние «цветения» синезеленых водорослей на экологическое состояние Куршского залива / С. В. Александров // Вода: химия и экология. – 2009. – № 4 (10). – С. 2-6.
3. Александров, С. В. Первичная продукция планктона в лагунах Балтийского моря (Вислинский и Куршский заливы) / С. В. Александров. – Калининград: АтлантНИРО, 2010. – 228 с.
4. Гуделис, В. Геологические и физико-географические условия залива Куршю-Марес и территории, окаймляющей залив / В. Гуделис // Куршю Марес; под ред. К. Янкевичюса. – Вильнюс. Изд-во АН ССР. – 1959. – С. 7-41.
5. Минкявичус А., Пипинис Й. Обзор флоры и растительности залива Куршю Марес // Куршю марес. Итоги комплексного исследования. Вильнюс, 1959. С. 109–116.
6. Шаркинене И. В., Трайнаускайте И. Ю. Макрофитная флора и растительность залива Куршю Марес и дельты р. Нямунас // Фитогеографическая, флористическая характеристика Приморской растительности. Вильнюс, 1976. С. 21–24.
7. Трайнаускайте И. Ю. Водная растительность залива Куршю Марес // Физиолого-биохимические основы развития планктонных организмов в северной части залива Куршю Марес. Вильнюс, 1977. С. 61–73.

8. Jurgilaite D. Kursių marių siaurines dalies makrofitų tyrimai // Kursių marių ir Baltijos jūros aplinkos būklė. Skiriamas Jurinitu tyrimu centro penkmečiui. Klaipėda, 1998. S. 157–169.
9. Кубилёте А., Станкявичус А. Зарастание северной части Куршского залива макрофитами и их влияние на распределение макрозообентоса // VIII съезд Гидробиологического общества РАН (Калининград, 16–23 сентября 2001 года): тезисы докладов. Калининград, 2001. Т. 1. С. 291–292.
10. Тоотс М.А., Губарева И.Ю. Флора и растительность водных и прибрежно-водных растений Куршского залива (в пределах национального парка «Куршская коса») // Отчет о НИР по теме «Комплексный гидробиологический мониторинг Куршского залива в НП «Куршская коса»». Калининград, 2001.
11. Фельдман М.В. Макрофитные сообщества как индикаторы антропогенного влияния на прибрежную зону Куршского залива // Сборник материалов по изучению Куршской косы. Калининград, 2007. С. 192–201.
12. Герб, М. А. Прибрежно-водная и береговая растительность Куршского залива в пределах национального парка "Куршская коса" / М. А. Герб, А. А. Соколов // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка "Куршская коса": Сборник научных статей / Составитель И.П. Жуковская. – Калининград: Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 2011. – С. 5-18.
13. Результаты экологического мониторинга прибрежной зоны Куршского залива на территории национального парка «Куршская коса» в 2020 году / Н. Э. Багиров, Е. Е. Ежова, Е. К. Ланге [и др.] // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: Сборник научных статей / ФГБУ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК "КУРШСКАЯ КОСА"». – Калининград: Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 2021. – С. 144-189.
14. Хрусталева, Е. И. Оценка приемной ёмкости экосистемы Куршского залива для вселяемой молоди ценных видов рыб / Е. И. Хрусталева, Т. М. Курапова, К. А. Молчанова // Рыбное хозяйство. – 2016. – № 4. – С. 76-80.
15. Папченков В. Г. О классификации макрофитов водоемов и водной растительности // Экология. 1985. №6.
16. Катанская, В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения / В.М. Катанская; отв. ред. И.М. Распопов. – Л.: Наука, 1981. – 187 с.

THE FIRST RESULTS OF THE STUDY OF HIGHER WATER VEGETATION OF THE RUSSIAN COASTAL PART CURONIAN LAGOON

¹Murashko Pavel Aleksandrovich, Head of the Laboratories of the Department of Water bioresources and aquaculture

²Menshenin Aleksandr Sergeevich, Specialist in educational and methodical work of the Department of Water bioresources and aquaculture

³Shibaev Sergey Vadimovich, PhD in Biology, Professor of the Department of Water bioresources and aquaculture

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

e-mail: ¹pavel.murashko@klgtu.ru; ²aleksandr.menshenin@klgtu.ru; ³shibaev@klgtu.ru

Curonian Lagoon. Field studies were conducted in July 2022 during the peak vegetation period of the highest aquatic vegetation. The species composition, the area of the projective cover, the nature of overgrowth, the overgrowth of the reservoir and the abundance of organisms were evaluated. It was established that 28 plant species were found during the 155.9 km long route. The literature was analyzed and the composition of macrophytes that were identified during this study was evaluated.

РОСТ БЕЛОГО АМУРА *STENOPHARYNGODON IDELLA* (VALENCIENNES, 1844) В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УЗВ ФГБОУ ВО «КГТУ»

Новожилов Олег Анатольевич, канд. биол. наук,
доцент кафедры ихтиологии и экологии

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

*Традиционно белый амур *Stenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) рассматривается в аквакультуре как биологический мелиоратор и служит «добавочным» объектом в поликультуре. Отличаясь повышенной теплолюбивостью во II рыбоводной зоне (Калининградская область), он показывает низкий темп роста. Приводятся результаты выращивания двухлетков белого амура в условиях УЗВ КГТУ, показана возможность их выращивания.*

Введение

Современное направление развития аквакультуры- интенсификация, переход от экстенсивных методов выращивания рыбы к интенсивным. Одним из наиболее высокоинтенсивных методов выращивания рыб является метод выращивания рыбы в УЗВ. Являясь признанным биологическим мелиоратором белый амур практически нигде не рассматривается как основной объект выращивания, особенно в условиях УЗВ. В тоже время выращивание белого амура в условиях II зоны рыбоводства (Калининградская область) из-за низких температур затруднено и отличается низкими приростами. Имеющиеся литературные данные показывают, что выращивание белого амура в бассейнах [1] довольно успешно.

Использование УЗВ позволяет у контролировать условия среды и выращивать рыбу в течении всего года. Имеющиеся литературные данные [1,2] показывают, что для белого амура возможно выращивание на искусственных кормах

Целью работы изучение темпа роста белого амура в условиях УЗВ.

Материал и методика.

Материалом для исследования послужили шесть особей двухгодовиков белого амура из учебного хозяйства КГТУ. Рыба выращивалась с 04.05.2022 по 10.08.2022. За время выращивания, с периодичностью раз в 15-30 дней, рыба промерялась. Всего было сделано четыре промера, анализ роста проводится по данным периодам.

Рыбы выращивались в бассейне площадью 1 м², объемом 700 литров, оснащенный биологическим и механическим фильтрами. Подмена воды составляла 10% в сутки.

Температурные условия, величина рН контролировались в течении выращивания (табл.1). Вода в бассейне аэрировалась компрессором, содержание растворенного кислорода было 100%.

Таблица 1

Условия выращивания белого амура в УЗВ КГТУ

Период выращивания (дней выращивания)	Температура минимальная	Температура средняя	Температура максимальная	рН мини- маль- ная	рН сред- няя	рН макси- мальная
1 (19)	22,6	24,1	26,3	7,1	7,2	7,3
2 (16)	26,3	26,7	27,2	6,8	7,1	7,2
3 (33)	24	26,1	27,8	6,9	7,1	7,2
4 (30)	24	26,4	28,5	6,8	7,1	7,5

Измерения длины проводили по фотографии с использованием программы ImageJ, позволяющей по известной длине переводить длину в пикселях в длину в сантиметрах (рис.1.). Длину измеряли промысловую. Массу определяли на весах с точностью до грамма.

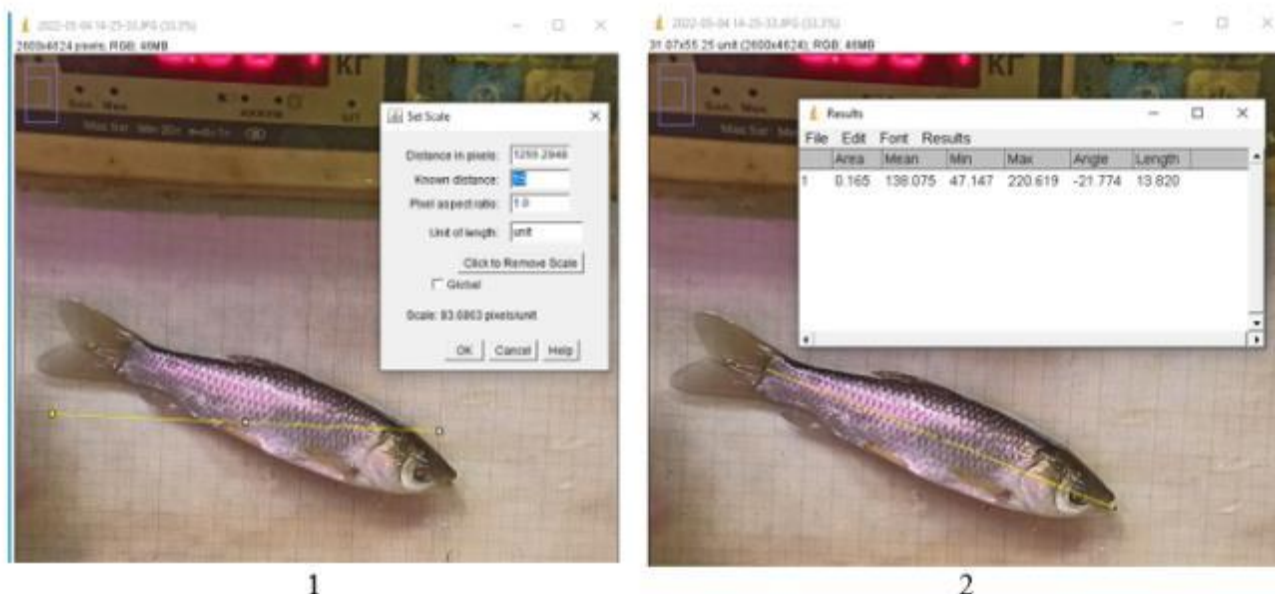


Рис. 1. Измерение длины с помощью программы ImageJ: 1- установка шкалы; 2- измерение

Рыбу кормили травяной мукой (люцерна) и гранулированными кормами Аллер форель (содержание протеина 45%, жира 15%). Кормление проводилось дважды в день, утром и вечером. Суточные рационы приведены в табл.2

Таблица 2

Суточные рационы белого амура в УЗВ КГТУ

Период выращивания (дней выращивания)	Рацион травяная мука, %	Рацион комбикорм, %
1 (19)	3,08	0,55
2 (16)	2,48	1,23
3 (33)	1,83	0,99
4 (30)	3,28	2,08

Результат

За время выращивания амуры со средней длины 13,2 см выросли до 18,8 см, а масса увеличилась с 42,7 до 142,0 грамм (таблица 3-4). Посадочный материал отличался сильной разницей в длине и массе. По мере выращивания разница в данных параметрах уменьшалась.

Таблица 3

Размерная показатели белого амура в УЗВ КГТУ

Дата	Дней выращивания	Длина минимальная	Длина средняя	Длина максимальная	Коэффициент вариации	Ошибка средней
04.05.2022	0	10,4	13,2	15,3	11,2	0,6
23.05.2022	19	10,5	13,5	15,6	11,6	0,6
08.06.2022	35	11,6	14,6	16,4	10,6	0,6
11.07.2022	68	13,3	16,5	19,1	11,0	0,7
10.08.2022	98	16,1	18,8	20,8	9,2	0,7

Линейные параметры роста белого амура в УЗВ отличаются большей выровненностью, массовые показатели большей вариабельностью.

Весовые показатели белого амура в УЗВ КГТУ

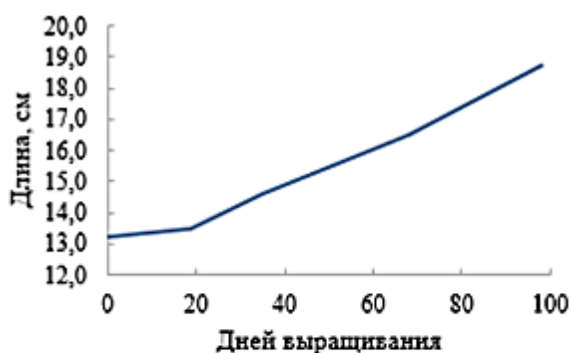
Дата	Дней выращивания	Масса минимальная	Масса средняя	Масса максимальная	Коэффициент вариации	Ошибка средней
04.05.2022	0	20,0	42,7	69,0	14,5	5,9
23.05.2022	19	21,0	48,3	71,0	15,5	6,3
08.06.2022	35	30,0	64,5	92,0	21,2	8,6
11.07.2022	68	40,0	91,8	137,0	33,1	13,5
10.08.2022	98	83,0	142,0	195,0	42,5	17,3

Нами проведён анализ темпа линейного роста (таблица 5, рисунок 2). Абсолютный темп линейного роста менялся в пределах от 0,01 см до 0,03 см/сут, относительный от 0,0014 до 0,0069% в сутки.

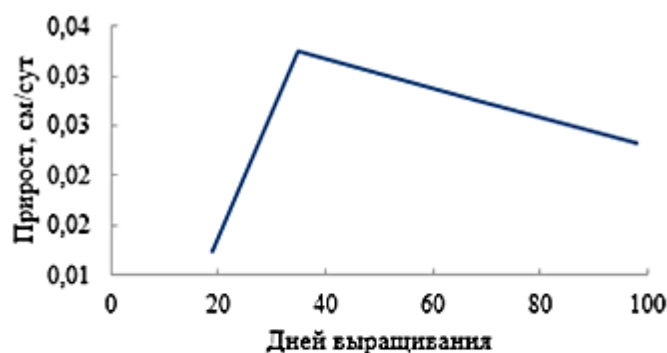
Таблица 5

Линейный рост белого амура в УЗВ КГТУ

Дней выращивания	Длина, см	Прирост, см/сут	Прирост, %/сут
0	13,2	0,01	0,0049
19	13,5	0,03	0,0069
35	14,6	0,03	0,0028
68	16,5	0,02	0,0014
98	18,8		



1



2



3

Рис. 2. Линейный рост белого амура в УЗВ КГТУ:

1- линейный рост; 2- абсолютный темп линейного роста; 3- относительный темп линейного роста

С увеличением срока выращивания относительная скорость линейного роста закономерно снижается. Хотя на промежутке 0-19 суток выращивания отмечено увеличение скорости роста.

Весовой рост амура представлен в таблице 6 и на рисунке 3. С увеличением срока выращивания масса закономерно увеличивается и к 98 дню достигла 142 г.

Таблица 6

Весовой рост белого амура в УЗВ КГТУ

Дней выращивания	Масса, г	Прирост, г/сут	Прирост, %/сут	Коэффициент массонакопления
0	42,7	0,30	0,037	0,023
19	48,3	0,46	0,027	0,032
35	64,5	0,40	0,009	0,022
68	91,8	0,51	0,006	0,022
98	142,0			

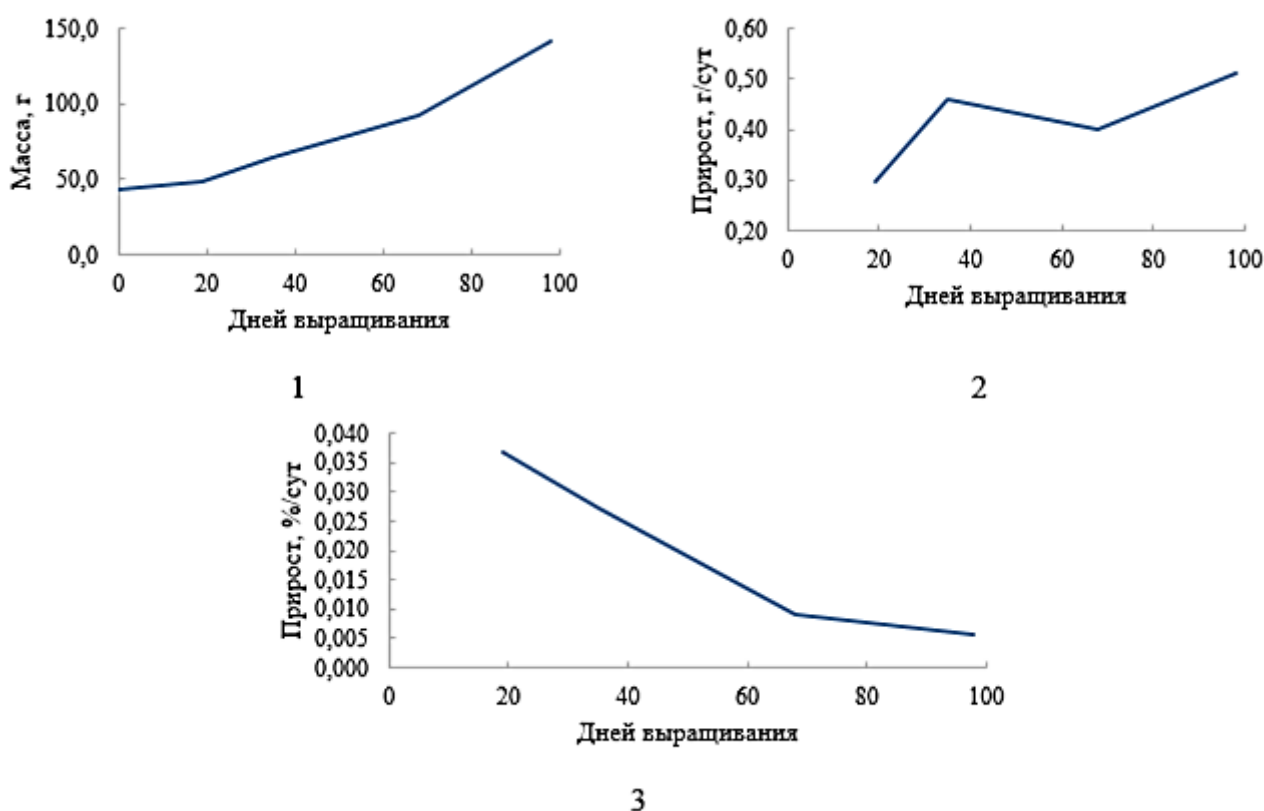


Рис. 3. Весовой рост белого амура в УЗВ КГТУ:

1- весовой рост; 2- абсолютный темп весового роста; 3- относительный темп весового роста

Абсолютный темп весового роста, в целом, увеличивается и достигает 0,5н/сут. Относительный темп весового роста с возрастом снижается. Коэффициент массонакопления в процессе выращивания составляет около 0,022, за исключением второго периода выращивания, когда он увеличился до 0,032.

За время выращивания было скормлено 1041 г травяной муки и 555 г гранулированного корма. Кормовой коэффициент данного рациона составил 2,67.

Обсуждение

Полученные результаты выращивания можно сравнить с результатами, полученными Роем Д. [1] при выращивании растительных в бассейнах в Бангладеш. В нашем опыте и в опыте Роя

Д. близки начальные массы амура (40 г), температура выращивания (26-27⁰С), продолжительность выращивания (98 и 90 суток соответственно). Результаты, показанные в условиях УЗВ КГТУ, значительно ниже, чем Бангладеш. За 98 суток выращивания наш амур достиг 140 г массы, тогда как в Бангладеш к данному сроку масса превышает 350 г. В тоже время, следует учесть, что особи амура для эксперимента в наших условиях были затянутые (двухгодовики). Согласно Нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству [3] средняя масса двухлетков должна составлять 150 г. Так же в силу ряда причин, в кормлении рыб были перерывы, что видно по рациону (табл2) когда он снижался по травяной муке ниже 3%, а по комбикорму ниже 1,5%.

Несмотря на указанные особенности, за три месяца выращивания масса особей увеличилась более чем в три раза,

Заключение

Условия УЗВ позволяют выращивать растительноядные виды рыб, в частности белого амура. При питании смесью травяной муки и промышленных комбикормов белый амур в УЗВ показывает несколько меньший темп роста по сравнению с бассейновым выращиванием в Бангладеш. Несмотря на указанные особенности посадочного материала и режима кормления, за три месяца выращивания масса особей увеличилась более чем в три раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рой Д. Поликультура карповых рыб при их бассейновом выращивании в условиях республики Бангладеш // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. – 2016. – №2. – С. 78-83
2. Ермолов С.М., Степанова К.В. Выращивание рыбы на искусственных кормах//Материалы международной научно-практической конференции Современные направления развития науки в животноводстве и ветеринарной медицине, Тюмень 11 февраля 2021. – С. 79-83.
3. Об утверждении отраслевого сборника нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству: Приказ министерства рыбного хозяйства ССР №241 от 24 апреля 1985г. <http://www.consultant.ru/>

GROWTH OF THE GRASS CARP *STENOPHARYNGODON IDELLA* (VALENCIENNES, 1844) IN THE EXPERIMENTAL RAS OF FSBEI HE "KSTU"

Novozhilov Oleg Anatolievich, PhD in Biology, assistant professor

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: oleg.novozhilov@klgtu.ru

*Traditionally, grass carp *Stenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) is considered in aquaculture as a biological meliorator and serves as an "additional" object in polyculture. Characterized by increased thermophilicity in fish breeding zone II (Kaliningrad region), it shows a low growth rate. The paper presents the results of growing two-year-old grass carp in the conditions of RAS of KSTU. The possibility of growing grass carp under RAS conditions is shown.*

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ БАЛТИЙСКОГО СИГА В ЦЕЛЯХ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ АТЛАНТИЧЕСКОГО ФИЛИАЛА ФГБНУ «ВНИРО»

¹Пинчук Мария Викторовна, студентка

²Пьянов Дмитрий Сергеевич, канд. биол. наук

³Хайновский Константин Борисович, канд. биол. наук,
доцент кафедры водные биоресурсы и аквакультура

^{1,3}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹mari200002@mail.ru; ³Konstantin.hainovski@klgtu.ru

²Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО», Калининград, Россия,
e-mail: ²ryanov@jahoo.com

Рассматриваются первые результаты выращивания посадочной молоди балтийского сига в целях искусственного воспроизводства в условиях Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО». В результате проведенных исследований изучены: динамика абиотических показателей, особенности инкубации икры и выращивания посадочной молоди европейского сига.

Европейский сиг *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758) (рис 1) является одним из наиболее ценных объектов рыболовства в водах Калининградской области. Снижение уловов сига в Куршском заливе стало отмечаться с 1956 г. В 60-е и 70-е годы уловы стабилизировались на уровне 20 т в год, а с 1979 г. уловы сига стали быстро сокращаться. В 1985 г. был введен запрет на промысел сига сроком на пять лет, что благотворно сказалось на состоянии популяции [1].



Рис. 1. Европейский сиг [2]

Однако, меры по регулированию промысла, хотя и снизили промысловую нагрузку на популяцию сига, но из-за ухудшающегося состояния естественных нерестилищ, не позволили решить проблему увеличения численности популяции за счёт его естественного воспроизводства в Куршском заливе. Одним из методов решения данной проблемы явилось разработка методики получения жизнестойкой посадочной молоди в целях искусственного воспроизводства популяции европейского сига.

Работы были начаты в 1996 г. в АтлантНИРО. В результате исследований, проведённых в 1996 - 1998 гг. получены современные данные по биологии европейского сига, отработаны основные элементы биотехники его разведения в заводских условиях. [3]. Была отработана технология получения жизнестойкой молоди сига для целей искусственного воспроизводства популяции сига в Балтийском море. Данная технология успешно прошла апробацию на экспериментальном участке

АтлантНИРО и была рекомендована для использования Запбалтрыбводом (ныне Калининградский филиал ФГБУ «Главрыбвод»).

Начиная с 2015 года и, по настоящее время в целях поддержания численности естественной популяции европейского сига Калининградским филиалом ФГБУ «Главрыбвод» ежегодно в Куршский залив выпускается более 150 тыс. шт. молоди сига массой тела от 1 до 10 г.

В 2022 г. в АтлантНИРО проведены работы по выращиванию молоди европейского сига в целях его искусственного воспроизводства и где впервые, на имеющейся опытной базе экспериментального участка сектора аквакультуры и пресноводных водоёмов была получена партия молоди сига для непосредственного выпуска в Куршский залив.

Актуальность темы: работы по искусственному воспроизводству европейского сига в Калининградской области представляют интерес, как для развития одного из перспективных направлений региональной аквакультуры, так и для продовольственного рынка Калининградской области, так как сиг относится к ценным объектам мирового рыбного промысла. Расширение объёмов выпуска молоди сига в границах установленной приёмной ёмкости Куршского залива, способствует восстановлению популяции и увеличивает промысловый запас сига в Балтийском море.

Объект исследования

Исследуемым объектом являлась икра и молодь европейского сига на различных этапах онтогенеза, в период инкубации и выращивания в условиях экспериментального рыбоводного участка Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» (п. Лесной ПН «Куршская коса»).

Материалом для исследований послужили данные собранные в Атлантическом филиале ФГБНУ «ВНИРО» за период с 03.2022 по 08.2022 года. Также, использовались данные рыбоводных нормативов технологии выращивания сига из диссертации Шибаева Л.В. (2016 г.) и справочника фермера-рыбовода Козлова В.И. (1998 г.).

Цель и задачи исследований

Целью работы стал анализ результатов выращивания посадочной молоди европейского сига в условиях экспериментального рыбоводного участка Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО».

Для достижения поставленной цели, были выделены основные задачи исследований:

- изучение динамики показателей температуры и кислорода, растворенного в воде при инкубации икры и выращивании молоди европейского сига;
- анализ данных по инкубации икры;
- анализ данных по выращиванию личинок и мальков.

Результаты исследований

Материалом для статьи послужили данные собранные в Калининградском Атлантическом филиале ФГБНУ «ВНИРО» в период с 03.2022 по 08.2022 г. Филиал расположен в районе п. Лесной Калининградской области, НП «Куршская коса».

Состав цеха. Инкубацию икры проводили в инкубационных аппаратах «Вейса» (рисунок 2а). Выращивание проводили на экспериментальной рыбоводной установке, работающей по принципу замкнутого водоснабжения (рисунок 2б). Установка включает шесть бассейнов объёмом 0,5 м³ каждый; приёмную ёмкость объёмом 1,2 м²; 2 фильтра биологической очистки объёмом 1,0 м³ каждый. Циркуляция воды в системе осуществлялась за счёт циркуляционного насоса производительностью 9,6 м³/ч (Pedrollo JSWm 3CL, Pedrollo S.p.A, Italy). Температура воды в установке поддерживалась за счёт работы чиллера (Hailea HC-2200BH, Guangdong Hailea Group Co., Ltd, China). Аэрация воды в бассейнах обеспечивалась за счёт работы вихревого компрессора.



Рис. 2. Состав цеха: а – процесс инкубации икры в аппарате «Вейса»; б - экспериментальная рыбоводная установка (фотография Пинчук М.В.)

Оборудование для изучения динамики биологических показателей. Контроль за температурой воды и содержанием растворенного в воде кислорода проводили ежедневно с использованием оксиметра OxyGuard Handy Polaris 2 (OxyGuard International A/S, Denmark) (рисунок 3).



Рис. 3. Оксиметр OxyGuard Handy Polaris 2 (фотография Пинчук М.В.)

Исследуемый объект. Исследуемым объектом являлась икра, и молодь балтийского сига. Оплодотворённая икра сига была полученная в центре развития сиговых рыб ООО «Форват» (Ленинградская обл.) и доставлена в Калининград на стадии развития «глазка».

Корма и кормление. Кормление молоди осуществлялось порционно, каждые 30 минут, ежедневно с 7 утра до 21 часа, в течение 91 дня. После каждого кормления, как рекомендовано [4], сразу же производили чистку бассейнов с помощью сифона.

При выращивании сига использовались три вида кормов. Корма и их пищевая ценность представлен на рисунке 4.

	Сырой протеин	38,59%
	Сырая клетчатка	8,63%
	Фосфор	0,6%
	Кальций	0,12%
	Натрий	0,09%
	Влага	38%
	Аминокислоты	13,97%
	Сырой протеин	58%
Сырой жир	12%	
Зола	11,7%	
Клетчатка	0,4%	
Витамин С	1000 мг/кг	
Витамин Е	800 мг/кг	
Витамин А	17500 МЕ/кг	
Витамин D	1800 МЕ/кг	
Фосфор	1,77%	
ω-3ПНЖК	2,50%	
	Сырой протеин	58%
Сырой жир	15%	
Зола	11,3%	
Сырая клетчатка	0,1%	
Углеводы (МАР)	6,6%	
Фосфор	1,8%	

Рис. 4. Пищевая ценность кормов (фотография Пинчук М.В.)

Кормление производили в соответствии с технологическими этапами. На первом этапе подращивания личинки балтийского сига до навески 0,010 г, использовали науплии артемии Солины получаемые при инкубации цист. Суточная доза составляла 20% от массы тела. Длительность этапа - четыре дня.

На втором этапе для кормления молоди до навески 0,301 г использовали две рецептуры кормов:

- науплии артемии Солины и корм Ларвива ПроВин 100;
- комбикорм Ларвива ПроВин 300.

Суточная доза кормов в рационе на определённых стадиях выращивания составляла от 20 до 5% от массы тела. Длительность этапа – 42 дня.

На третьем этапе выращивания для кормления молоди до навески 1 г использовали корм ИНИЦИО Плюс 0,5 мм и ИНИЦИО Плюс 1,1 мм. Суточная доза кормов в рационе молоди сига составляла 5 до 1% от массы тела. Длительность этапа – 45 дней.

Количество икры сига, использованной в ходе эксперимента, составило 53000 шт. На начало работ икра находилась на стадии развития «глазка» и была без видимых повреждений. Доинкубацию икры проводили в инкубационных аппаратах «Вейса» в течении 13-ти календарных дней. Контроль за температурой воды и содержанием растворенного в воде кислорода в инкубационных аппаратах проводили ежедневно.

Значения температуры воды и растворенного в воде кислорода в процессе доинкубации икры сига представлены на рисунке 5.

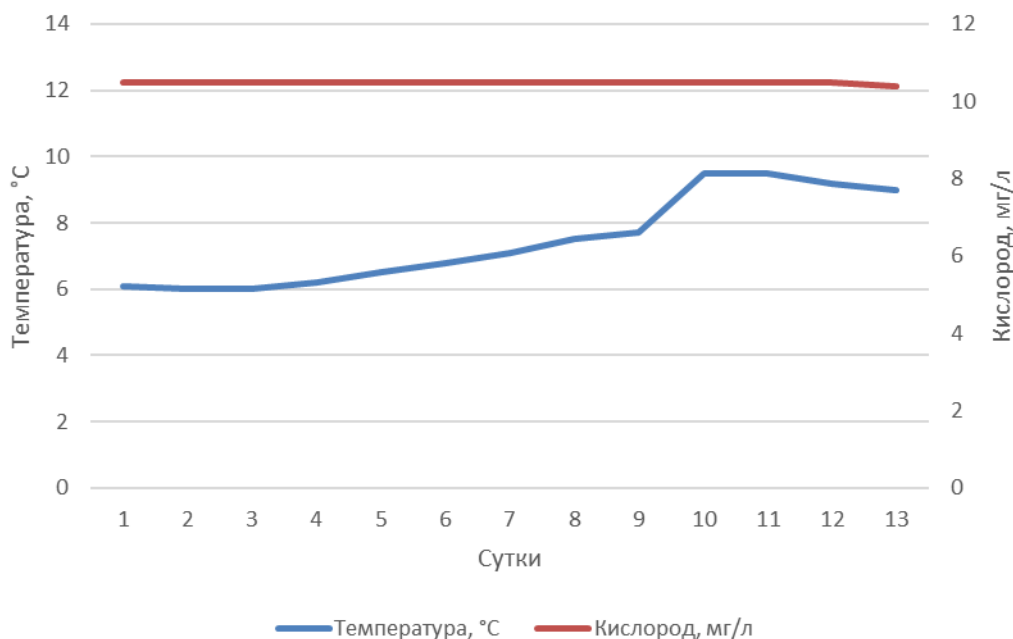


Рис. 5. Значения температуры и кислорода, растворенного в воде, в процессе инкубации икры европейского сига в условиях экспериментального рыбоводного участка Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» в 2022 г.

За исследуемый период инкубация икры сига проходила при постепенном увеличении температуры воды в диапазоне от 6,0°C до 9,5°C, среднее значение температуры воды за весь период инкубации составило $7,9 \pm 0,05^\circ\text{C}$.

Концентрация растворенного в воде кислорода колебалась в диапазоне от 10,5 мг/л до 10,4 мг/л, при среднем значении - $10,4 \pm 0,09 \text{ мгO}_2/\text{л}$.

Данные значения температурного и кислородного режима являются оптимальными по нормативам, что позволяет исключить повышенный отход икры на разных этапах эмбриогенеза, преждевременное абортивное вылупление нежизнеспособных эмбрионов, а также отклонения в развитии эмбрионов, которые проявляются в виде различных уродств при выдерживании и подращивании личинок [5].

Икра была заложена на доинкубацию в аппараты «Вейса» одной партией. Температура в период закладки икры составляла 6,0°C.

Данные о результатах инкубации представлены на рисунке 6.

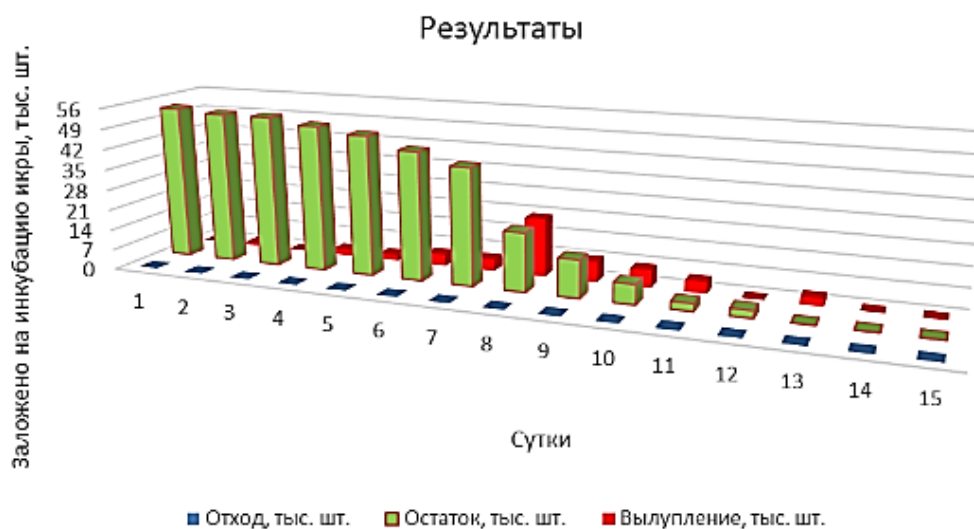


Рис. 6. Результаты доинкубации икры европейского сига в условиях экспериментального рыбоводного участка Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» в 2022 г.

Период доинкубации икры сига длился 13 суток. Начало отхода икры зафиксировано на 9-ых сутках инкубации икры при температуре воды 9,5°C. Максимальный отход икры при инкубации был отмечен на 11 сутки при температуре 9°C и составляет 200 шт. икринок. Впоследствии, перед вылупление эмбрионов отход икры снизился.

Отход за весь период инкубации составляет 500 шт. или 0,94% от общего количества заложенной на инкубацию икры, что значительно ниже чем установленный норматив выживаемости икры за период инкубации (70%) по Приказу №25 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [6].

Период вылупление свободных эмбрионов был растянуты и начался при температуре воды 6,2°C уже на вторых сутках инкубации. Полное завершение вылупления отмечено 13-ым днём доинкубации и при температуре воды 9,2°C. За период вылупления выход свободных эмбрионов составил 52500 шт.

Далее вылупившуюся предличинку пересадили в личиночно-мальковое отделение, где производили ее выдерживание и подращивание.

По мере выхода эмбрионов из оболочки икры их рассаживали в три бассейна.

Всего по мере роста молоди были задействованы восемь бассейнов личиночно-малькового участка цеха. Начальная средняя навеска предличинки составила 0,010±0,01 г. Конечная масса подрощенной молоди - 1,18 ±0,05 г. Динамика изменения массы тела за период выращивания молоди сига приведена на рисунке 7.

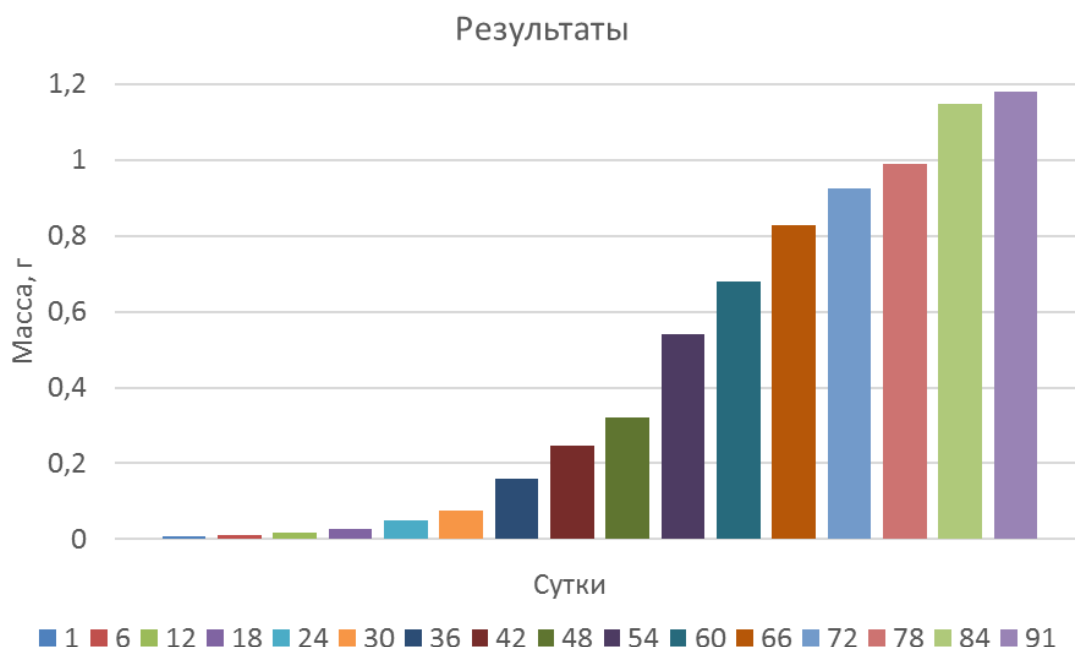


Рис. 7. Результаты изменения массы тела молоди европейского сига в условиях экспериментального рыбноводного участка Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» в 2022 г.

Масса навески личинки сига на первом этапе выращивания составила 0,010 г. На втором этапе выращивания – 0,31 г, на заключительном третьем этапе навеска составила – 1,18 г. Данное значение соответствует нормативам массы выпускаемой молоди (1,0 г) по Приказу №25 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [6].

Выращивание личинок и мальков производили в течении трёх месяцев. Контроль за температурой воды и содержанием растворенного в воде кислорода проводили ежедневно.

Значения температуры воды и растворенного в воде кислорода при и выращивании молоди сига представлены на рисунке 8.

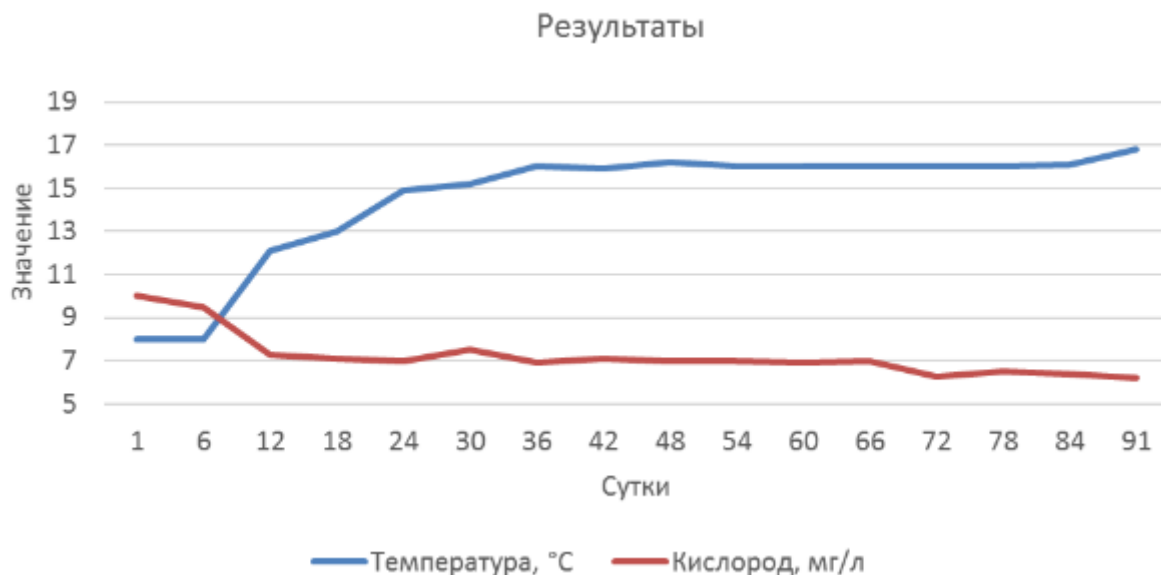


Рис. 8. Динамика значений температуры и растворенного в воде кислорода в процессе выращивания личинок и мальков европейского сига в условиях экспериментального рыбоводного участка Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» в 2022 г.

Выращивание молоди европейского сига проходило в соответствии с технологическими этапами при постепенном повышении температуры воды в диапазоне от 7,5°C до 17°C. Так, при посадке личинок на выращивание, значение температуры воды (7,5°C) совпадало со значением данного показателя во время доинкубации икры и вылупления личинок сига. Уже на первом этапе выращивания личинки до массы 0,010 г среднее значение температуры составляло 12,0±0,07°C. На втором этапе выращивания молоди сига до навески 0,301 г среднее значение температуры составило 15,2±0,09°C. На третьем этапе выращивания сига до навески 1 г среднее значение температуры составило 16,2±0,08°C.

Концентрация растворенного в воде кислорода на этапах выращивания молоди европейского сига находилась в диапазоне от 10,0 мг/л до 6,0 мг/л. Так, при посадке личинок на выращивание, значение растворенного в воде кислорода (10 мгО₂/л) совпадало со значением данного показателя во время доинкубации икры и вылупления личинок сига. Уже на первом этапе выращивания личинки до массы 0,010 г среднее значение растворенного в воде кислорода составляло 7,4±0,05 мгО₂/л. На втором этапе выращивания молоди сига до навески 0,301 г среднее значение растворенного в воде кислорода составило 7,0±0,02 мгО₂/л. На третьем этапе выращивания сига до навески 1 г среднее значение растворенного в воде кислорода составило 6,4±0,03 мгО₂/л.

На протяжении всего эксперимента средние значения выше отмеченных показателей составляли 14,9±0,04°C и 6,9±0,04 мг/л соответственно. Данные значения являются допустимыми при выращивании молоди сиговых рыб [5].

В личиночно-мальковый цех на выращивание всего посадили 52500 шт. личинок европейского сига. Продолжительность выращивания 91 сутки. Начало отхода личинок сига отмечалось при температуре 12°C на 13-ых сутках выращивания, отход составил 730 шт. Данное значение являлось максимальным за весь период выращивания молоди. Итоговые результаты выращивания молоди (от выдержанных предличинок до молоди навеской более 1 г) европейского сига представлены на рисунке 9.

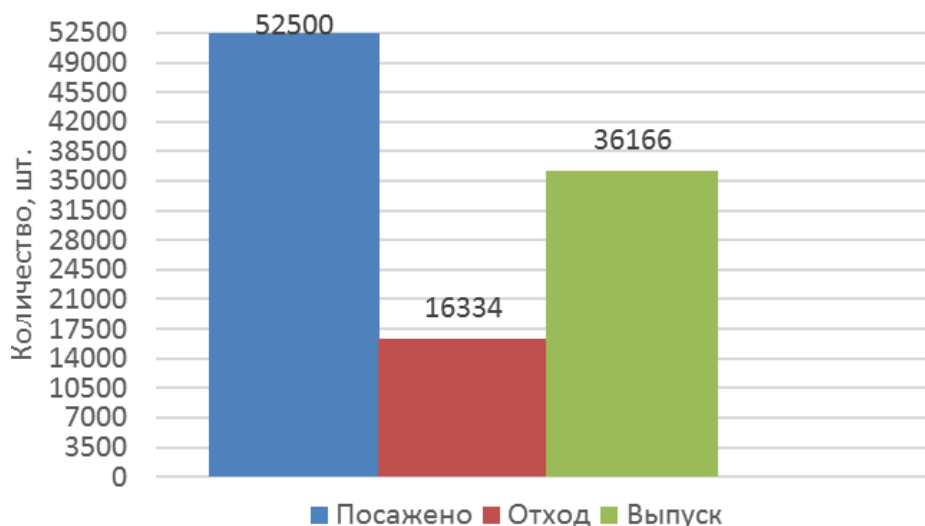


Рис. 9. Итоговые результаты выращивания молоди сига в условиях экспериментального рыбоводного участка Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» в 2022 г.

Из выше приведенного графика можно заключить, что общий отход молоди за весь период выращивания составил 16334 шт., что составляет 31,12% от общего количества полученных свободных эмбрионов. Данное значение соответствует нормативам выживаемости в соответствии с нормативами по Приказу №25 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [6].

Количество посадочной молоди европейского сига, выпущенного в Куршский залив в июне, составило 19500 шт. Оставшуюся молодь (16666 шт.) выпустили в конце июля.

Полученные результаты мы сопоставили с рыбоводными нормативами и итогами работ следующих авторов:

- АтлантНИРО под руководством А.В. Гущина: временные биотехнические нормативы по выращиванию сига в установках замкнутого водоснабжения;
- В.И. Козлов: справочник фермера-рыбовода;
- Шibaев Л.Е.: диссертация «Эколого-биологические и биотехнические основы воспроизводства сига Куршского залива Балтийского моря».

В таблице 1 приведены результаты нашего эксперимента, а также данные выше указанных авторов.

Таблица 1

Полученные результаты выращивания посадочной молоди европейского сига в условиях экспериментального рыбоводного участка Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» в 2022 г и рыбоводные нормативы других авторов

Показатели	Временные нормативы (Гущин А.В.)	В.И. Козлов 1998	Шibaев Л.В. 2016	АтлантНИРО (филиал ФГБНУ «ВНИРО») 2022
Продолжительность инкубации икры, сут.	95-110	164	89-130	13
Температура воды при инкубации, °С				
- от начала по 40-е сутки	1,5-2,0	0,5-2,0	5,0-2,5	6,0-9,5
- от 40-х по 80-е сутки	3,0-4,0	2,0-4,0	2,5-2,8	
- от 85-х суток до выклева	6,0-8,0	4,0-6,0	6,0-8,0	
Выход живых эмбрионов за период инкубации, %	65 - 75	70 - 92	75 - 85	99,06
Продолжительность выращивания молоди навеской от 0,008 до 1,5 г, сут.	85	75-95	82-112	91
Температура воды, °С				
- для личинок массой 8-15 мг	8,0-12,0	4,0-6,0	8,0-15,0	7,5-12,3

Показатели	Временные нормативы (Гущин А.В.)	В.И. Козлов 1998	Шибяев Л.В. 2016	АтлантНИРО (филиал ФГБНУ «ВНИРО» 2022
- для личинок массой 20-50 мг	14,0-15,0	6,0-8,6	15,0-17,0	12,0-15,5
- для личинок массой 53-300 мг	15,0-16,0	8,6-17,0	17,0-18,0	15,5-16,5
- для мальков массой до 1,5 г	17,0-19,0	17,0-25,4	17,0-19,0	16,5-16,9
Выживаемость за период выращивания от личинки до молоди массой 1 г, %	60 - 90	60 - 70	65 - 90	68,89

Полученные нами результаты соответствуют данным приведённых авторов. А также нормативам выживаемости по Приказу №25 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

Выводы

1 Инкубация икры сига проходила при постепенном увеличении температуры воды в диапазоне от 6,0°С до 9,5°С, среднее значение температуры воды за весь период инкубации составило 7,9±0,05°С. Концентрация растворенного в воде кислорода в процессе инкубации икры колебалась в диапазоне от 10,5 мг/л до 10,4 мг/л, при среднем значении - 10,4±0,09 мгО₂/л. Выращивание молоди европейского сига проходило при постепенном повышении температуры воды в диапазоне от 7,5°С до 17°С. Концентрация растворенного в воде кислорода на этапах выращивания молоди европейского сига находилась в диапазоне от 10,0 мг/л до 6,0 мг/л.

Данные абиотические показатели находились в оптимальных и допустимых пределах при инкубации икры и выращивания молоди сига.

2 Доинкубация икры сига проходила 13 суток. Отход за весь период инкубации составил 500 0,94% от общего количества заложенной на инкубацию икры, что соответствует нормативам выживаемости по Приказу №25 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [6].

Выклев наступил при температуре воды 6,2°С на вторых сутках инкубации, завершение выклева отмечено 13-ым днем инкубации и температурой 9,2°С. За данный период выход личинок составил 99,06% от общего количества заложенной на инкубацию икры, что соответствует нормативам выживаемости по Приказу №25 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [6].

3 Выращивание молоди балтийского сига проходило в течении 91-их суток. Масса навески личинки сига на первом этапе выращивания составила 0,010 г. На втором этапе выращивания – 0,31 г, на заключительном третьем этапе навеска составила – 1,18 г. Данное значение соответствует нормативам массы выпускаемой молоди (1,0 г) по Приказу №25 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [6].

Отход за весь период выращивания составил 31,12% от общего количества посаженной молоди. Данное значение соответствует нормативам выживаемости по Приказу №25 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [6].

Количество молоди балтийского сига, выпущенных в Куршский залив составило 36166 шт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Хайновский К.Б Искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов в Калининградской области // Труды Вниро. – 2015. – Т. 153. – С. 73
- 2 Европейский сиг // Электрон. Дан. Режим доступа URL: <http://> (дата обращения: 22.08.2022).
- 3 Шибяев Л.В. Эколого-биологические и биотехнические основы воспроизводства сига (*Coregonus lavaretus* L.) Куршского залива Балтийского моря: дис. канд. биол. наук. - Калининград, 2016. – 160 с.
- 4 Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. Изд-е 2-е, испр. и доп. – СПб.: ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.
- 5 Козлов В.И. Справочник фермера-рыбовода. – М.: ВНИРО, 1998. – 342 с.

RESULTS OF GROWING BALTIC WHITEFISH FOR THE PURPOSE OF ARTIFICIAL REPRODUCTION IN THE CONDITIONS OF THE ATLANTIC BRANCH OF THE FEDERAL STATE BUDGETARY SCIENTIFIC INSTITUTION "RUSSIAN FEDERATION RESEARCH INSTITUTE OF FISHERY AND OCEANOGRAPHY"

¹Pinchuk Mariia Viktorovna, student

²Pyanov Dmitry Sergeevich, Candidate of Biological Sciences

³Hainovsky Konstantin Borisovich, Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer in Aquatic Bioresources and Aquaculture

^{1,3}Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Kaliningrad State Technical University», Kaliningrad, Russia,

e-mail: ¹mari200002@mail.ru; ³Konstantin.hainovsky@klgtu.ru

²Atlantic Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Russian Federation Research Institute of Fishery and Oceanography", Kaliningrad, Russia, e-mail: ²pyanov@jahoo.com

The article considers the first results of rearing of young Baltic whitefish for the purpose of artificial reproduction in the conditions of the Atlantic Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Russian Federation Research Institute of Fishery and Oceanography». As a result of the conducted researches, the following things were studied: dynamics of abiotic indicators, peculiarities of egg incubation and rearing of young European whitefish.

УДК 574.523

ПИТАНИЕ КАМЧАТСКОГО КРАБА *PARALITHODES CAMTCHATICUS* (TILESIIUS 1815) (CRUSTACEA, DECAPODA, ANOMURA) В ГУБЕ «ЗЕЛЕНАЯ» БАРЕНЦЕВА МОРЯ ЛЕТОМ 2015 И 2016 ГГ.

Пушкина Наталья Сергеевна, аспирант

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

*Цель нашей работы – изучение питания камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius 1815) в губе Зеленой Баренцева моря, представляющей собой ковшевидный фьорд [1; 2]. Материал был собран в августе 2015 (44 особи) и в июле 2016 гг. (24 особи). Размер крабов колебался в пределах 40–200 мм.*

*Камчатский краб – эпибентофаг. В его желудках доминируют двустворчатые моллюски, иглокожие, бурые и красные водоросли. Также в пище краба встречались фораминиферы, полихеты, усоногие раки, бокоплавы (*Caprellida*) и детрит. Межгодовые вариации состава пищи камчатского краба в губе Зеленой незначительны и формируются лишь за счет второстепенных объектов питания. Коэффициент Фроермана (среднее количество жертв в одном желудке) у камчатского краба составляет 5,91–6,06, что почти в 3 раза выше, чем у креветок (хищников-собирателей). Исходя из этого, *P. camtschaticus*, может быть отнесен к хищникам-собираателям.*

1 Материал и методика

Материал для этой статьи был собран в губе «Зеленая» Баренцева моря в августе 2015 года научным сотрудником лаборатории прибрежных сообществ ИОРАН А. Залота (44 экз.), и в июле 2016 года (22 экз.) водолазами В. А. Спиридоновым, Т. И. Антохиной, Ю. В. Деартом. Желудки крабов были зафиксированы Пушкиной Н.С. на месте 4-% раствором формальдегида.

При исследовании состава пищи использована методика Р. Н. Буруковского [3].

2 Результаты

Соотношение полов у исследованных в 2015 году камчатских крабов 3:1, 31 самка (из них 20 с яйцами), 13 самцов, из них 11 неполовозрелых особей. Было проведено измерение ширины карапакса самок – 40-200 мм, самцов – 46-200 мм. У самок с яйцами преобладали особи с длиной тела 141-145 мм, а самцов – 67-69 мм.

Среди исследованных крабов, собранных в июле 2016 г., встречались 10 самок и 14 самцов. Размеры тела самок 37,6-54 мм, самцов – 34,4-89 мм.

Общая интенсивность питания камчатского краба в 2015 и 2016 годах была примерно одинакова.

3 Состав пищи камчатского краба в 2015 и 2016 годах

3.1. Состав пищи камчатского краба в 2015 году

Все встреченные в желудках камчатского краба пищевые компоненты можно разбить на следующие группы: (1) песчинки, детрит; (2) известковые остатки; (3) бурые и красные водоросли; (4) остатки неопределенных ракообразных; (5) фрагменты животных, по которым можно определить хотя бы их класс (например, *Bivalvia*).

Песчинки присутствовали более чем в половине исследованных желудков. Частота встречаемости – ЧВ – 60,5 %. Размеры песчинок варьировали от 0,1 до 3,0 мм, то есть классификации морских обломочных осадков в зависимости от их гранулометрического состава [4], среди песчинок имеются и мелкие псаммофиты и псефиты. Детрит был как правило темно-коричневого, ближе к черному цвету, по ЧВ он занимает третье место.

Среди идентифицированных пищевых объектов попадались ракообразные, которые представлены креветками в виде фрагментов переопод, а также фрагментами бокоплавов из *Caprellida* (*Amphipoda*), веслоногих раков из *Haracticoida* (*Copepoda*) длиной 0,7-1,3 мм. В желудках краба были найдены моллюски. Двустворчатые: *Modiolus modiolus*, *Mytilus edulis*, *Macoma balthica*, *Chlamys islandica*, *Saxicava arctica*. Они были представлены обломками раковин и фрагментами мягкого тела. Их размеры составляют 0,25-8,0 мм.

Из брюхоногих встречались *Calliostoma occidentale*, *Margarites groenlandicus*, *Margarites olivaceus*, *Lacuna pallidula*, *Buccinum undatum*, *Littorina obtusata*. Размеры *B. undatum* составляют от 2,3 до 14,0 мм. Доминировали *B. undatum* и *Littorina obtusata*.

В желудках постоянно встречались растительные остатки. Среди них преобладали водоросли (10 видов, в том числе 5 бурых и 5 – красных). Очень редко были встречены нитчатые водоросли. Бурые: *Chordaria flagelliformes*, *Chaetopteris plumosa*, *Ectocarpus fasciculatus*, *Desmarestia aculeate*, *Ceramium virgatum*. Красные водоросли: *Ahnfeltia plicata*, *Ptilota serrate*, *Rhodophilis dichotoma*, *Devalerae rametacea*, *Odonthalia dentata*.

Кроме растительных остатков были встречены фораминиферы *Nonion stelligerum*, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium aroticum*, *Miliolina agglutinata*, *Alveolophragmium orbiculatum* var. *caraensis*. Размеры фораминифер варьировали от 0,5 до 2,6 мм (в одном желудке попало до 15 экземпляров).

Из иглокожих присутствовали – лучи, части диска и щупальцев офиур; осколки морского ежа (иглы, кусочки панциря, ротовой аппарат), скелетные пластинки голотурий. Остатки офиур принадлежали *Ophioscolex glacialis*. Размеры диска составляли 0,25-4,9 мм, лучей – 5,5 мм, тела 7,75 мм. Обломки морского ежа 0,75-3,7 мм, ротовой аппарат 2,8 мм, иглы морского ежа 1,2-5,2 мм. Голотурии были определены до вида *Elpidia glacialis*. Среди съеденных полихет попадались как

эррантные, так и седентарные формы, чаще всего псевдочелюсти эррантных полихет (1,2 мм), щетинки (ацикулы). В одном из желудков попала целая полихета *Lumbriconereis fragilis*, а также домики и щетинки полихеты *Pectinaria koreni*. Размеры их фрагментов достигали 20 мм.

В желудках краба попадались остатки рыбы в виде отдельных фрагментов косточек, позвонков (длиной до 2,8 мм), хрусталика глаз, а также мшанки (*Membranipora lineata* и *Cemellaria loricata*), гидроидные полипы (*Laphaoea glandis*) и асцидии (*Styela rustica*).

Среди перечисленных выше объектов питания *P. camtschaticus*, по ЧВ доминируют двустворчатые моллюски, которые встречаются практически в каждом желудке (76,7%), бурые водоросли (67,4%), брюхоногие моллюски (65,1%), детрит (65,1%) и фораминиферы (60,5%).

Ко второстепенным объектам питания камчатского краба можно отнести офиуры (53,5 %), полихеты (44,2 %), красные водоросли (41,9 %), морские ежи (37,2 %).

Морская капуста, нитчатые водоросли, рыба, насекомое, усоногие раки, мшанка относятся к более редким объектам питания камчатского краба.

Пищевые объекты, которые составляют менее 10 % относятся к случайным.

В виртуальном пищевом комке преобладают моллюски (41,3 % от его объема). На втором и третьем местах – водоросли (20,6 %) и детрит (10 %). Эта группа пищевых объектов составляет более 70 % объема пищевого комка. Коэффициент Фроермана составляет 5,91.

3.2. Исследование состава пищи камчатского краба в 2016 году

Пищевые комки камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* собранные в 2016 году имели темно-коричневый цвет. В них хорошо заметен детрит в виде черно-коричневой кашицеобразной, иногда светло-серой бесструктурной массы, в которой время от времени встречались песчинки, их размеры составляли 0,05-0,7 мм, среди них присутствовали и крупные алевриты, и песчинки, относимые к мелким, средним и крупным псаммофитам [4].

В 2016 г. крабы питались на более тонких субстратах, чем в 2015 г. В каждом желудке попадались фораминиферы от 0,07 до 0,6 мм. Их число варьировало от единичных до 30 экземпляров. Чаще всего вид встречался вид *Nonion stelligerum* (0,07-0,5 мм). В меньшем количестве были фораминиферы *Eponides korsteni* (0,2-0,4 мм) и *Cibicides* sp. (0,1-0,3 мм).

Другими заметными пищевыми объектами были моллюски (*Gastropoda* и *Bivalvia*) и водоросли. Двустворчатые представлены обломками раковин. Среди них: *Clinocardium ciliatum*, *Saxicava* (*Panomia*), *Pandora glacialis*, *Cardium echinatum*, *Mytilus edulis*, *Chlamis islandica*. Их размеры 0,1-2,8 мм. Вероятно, крабы питались молодью. Из брюхоногих: *Hydrobia ulvae*, *Margarites* sp, *Margarites olivaceus*, *Sipho curtus*, *Musculus laevigatus*, *Trochidae* gen. sp, в виде обломков раковин. Оперкулюм *Margarites olivaceus* – 0,5 мм, а *Trochidae* gen. sp. – 2,2, 2,5, 2,7 мм. Следовательно, они были съедены живыми. Вероятно, эти моллюски тоже были молодью.

Среди растительных остатков наиболее обычны красные, бурые, нитчатые и одноклеточные водоросли. Обнаружено 5 видов: бурые – *Desmarestia aculeata*, ламинария, *Ectocarpus fasciculatus*, *Ascophyllum nodosum*; красные – *Polysiphonia stricta*. Из иглокожих – иглы морского ежа (от 0,4 до 3,5 мм) и фрагменты большого количества панцирей офиур (0,6 мм). Кроме этого попадались ацикулы эррантных полихет (длиной 1,3; 3,0; 3,3 мм) и седентарные полихеты *Pectinaria koreni* (целыми тела и их фрагменты, а также щетинки и обломками трубок, в которых они живут), мшанка *Menipea ternate* и гидроидные полипы.

Все объекты питания камчатского краба по ЧВ можно разделить на несколько групп.

Доминирующие (встречающиеся практически в каждом желудке), в нее входят фораминиферы (93,8 %), водоросли (87,5 %), моллюски (81,3 %), детрит (81,3 %), и офиуры (75,0 %), и попадающиеся в каждом втором – морской еж (62,5 %) и полихеты (43,8 %). Второстепенные объекты питания – мшанки (25,0 %).

3.3. Сравнительная характеристика состава пищи камчатского краба в 2015 и 2016 годах

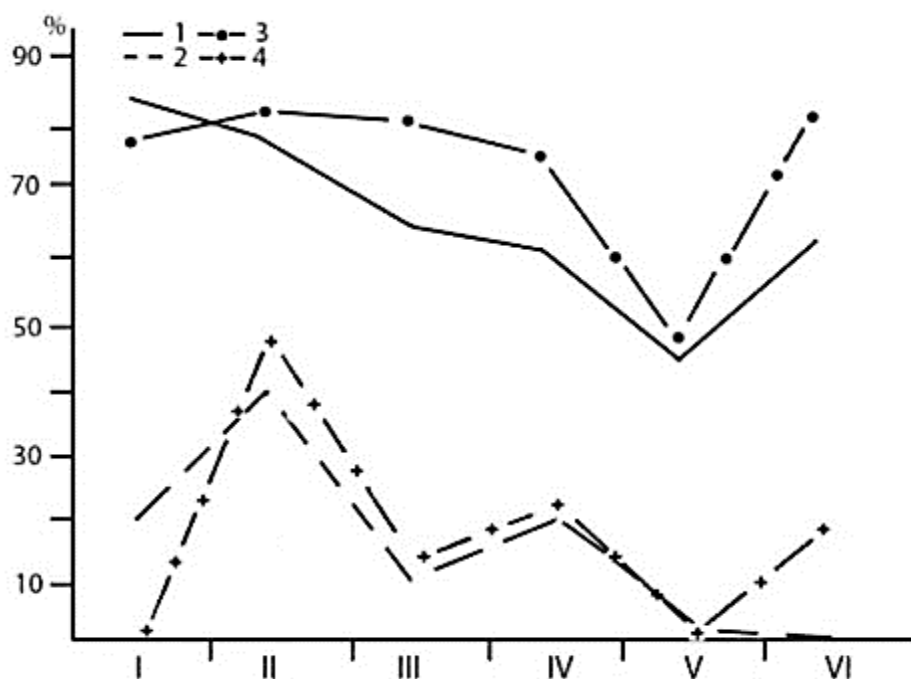
Камчатский краб – потребитель эпибентосных организмов как растительного, так и животного происхождения. И в 2015, и в 2016 гг. главные и второстепенные объекты питания совпадают полностью. Различия в составе пищи приходятся на спорадические и случайные объекты питания.

В 2015 г. водоросли были найдены практически в каждом желудке (93,0 %), а сопутствующие им пищевые объекты, такие как моллюски, офиуры, детрит, фораминиферы, полихеты, морской еж, встречались в два раза реже.

В 2016 г. ЧВ всех основных объектов питания (и доминирующих, и второстепенных) возросла в полтора раза. А такого спорадического объекта питания, как мшанки – почти в три раза. Что касается песчинок, то их количество тоже увеличилось. Это позволяет предположить, что песчинки – спутники детрита и попадают в желудок краба вместе с ним.

Значение разных групп пищевых объектов в составе ВПК тоже меняется. Небольшое количество полных желудков, собранных в 2016 г. говорит только о тенденциях, но и в 2015, и в 2016 гг. половину объема желудка занимают моллюски (41,3 и 46 % соответственно) (рисунок). Существенно упала доля водорослей (в 10 раз: 20,6 и 2,0 %) соответственно, но их место заняли иглокожие, и сильно возросло количество песка (0,6 и 16,0 % соответственно, т.е. в 32 раза).

Это подтверждает наше предположение: крабы в 2016 году были собраны на участке дна с другим, более жестким, грунтом, содержащим больше песка, что и привело к разобщению разных возрастных групп крабов и к избеганию ими внутривидовой конкуренции из-за пищи.



1 - *Paralithodes camtschatica*, 2015 год, ЧВ; 2 - *Paralithodes camtschatica*, 2015 год, ВПК; 3 - *Paralithodes camtschatica*, 2016 год, ЧВ; 4 - *Paralithodes camtschatica*, 2016 год, ВПК
I – водоросли; II – моллюски; III – детрит; IV – иглокожие; V – полихеты; VI – песок

Рис. 1. Сравнение состава пищи камчатского краба за два года

Камчатский краб – эпибентофаг, питающийся в первую очередь моллюсками, иглокожими, широким спектром видов водорослей, полихетами - составляют более 65 % объема пищевого комка краба. Все объекты питания относятся к относительно мало активному эпибентосу.

Заключение

Камчатский краб в губе Зеленой Баренцева моря питается в основном эпибентосными организмами: водорослями и двустворчатыми моллюсками. А также детритом, брюхоногими моллюсками и фораминиферами.

Для краба характерна значительная пищевая пластичность и низкая избирательность.

Межгодовые вариации в питании камчатского краба в губе Зеленой относительно невелики и возникают лишь за счет второстепенных объектов питания.

Коэффициент Фроермана (среднее количество жертв в одном желудке) у камчатского краба составляет 5,91-6,06, что почти в 3 раза выше, чем у креветок хищников-собираателей [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деарт Ю. В., Антохина Т. И., Спиридонов В. А. Динамика гидрологического режима и распределение макрозообентоса в губе Зеленой (Восточный Мурман) Баренцева моря // *Maresedu-2017*» 30 октября - 2 ноября 2017 г: тр.: VI Международной Научно-практической конференции «Морские исследования и образование; ООО «ПолиПРЕСС». – Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2017. – С. 447–451.
2. Деарт Ю. В., Антохина Т. И., Спиридонов В. А. Сезонное распределение камчатского краба в районе губы Зеленая Баренцева моря. Промысловые виды и их биология // *Труды ВНИРО*, 2018. – Т. 172. – С. 149–159.
3. Буруковский Р. Н. Питание и пищевые взаимоотношения креветок: монография. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2009. – 409 с.
4. Петелин В. П. Гранулометрический анализ морских донных осадков / Классификация морских обломочных осадков в зависимости от их гранулометрического состава. – Москва: Наука, 1967. – С. 11.

NUTRITION OF THE KING CRAB PARALITHODES CAMTCHATICUS (TILESIUS 1815) (CRUSTACEA, DECAPODA, ANOMURA) OF THE "GREEN" FJORDIC LAGOONS OF BARENTS SEA IN THE SUMMER 2015 AND 2016

Pushkina Natalya Sergeevna, postgraduate student

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: natalya.pushkina@klgtu.ru

*The aim of our work is to study the diet of the king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius 1815) in the Green Bay of the Barents Sea, which is a bucket-shaped fjord) [1, 2]. Studied samples includes 44 specimens that were collected in August 2015, and 24 specimens – in July 2016. The crab size was varied within 40-200 mm. Red King crab is an epibenthophagus. Among its food mollusks (mainly bivalves), brown and red algae, and echinoderms are dominated. In addition, foraminifera, polychaetes, amphipods (*Caprellida*), barnacles and detritus were found. The Froerman coefficient (the average number of food's taxon in one stomach) was varied in the range of 5.91-6.06, which is almost 3 times higher than in shrimps (predator-gatherers). Based on this data, *P. camtschaticus* can also be attributed to the predator-gatherers.*

СОСТАВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ И ИКРЕ ОСЕТРОВЫХ ВИДОВ РЫБ ИЗ ЕСТЕСТВЕННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И АКВАКУЛЬТУРЫ

¹Рудченко Анастасия Евгеньевна, канд. биол. наук, доцент кафедры водных и наземных экосистем

²Карпов Владимир Алексеевич, лаборант кафедры водных и наземных экосистем

^{1,2}ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия,
e-mail: ¹arudchenko@sfu-kras.ru

*Проведено исследование жирнокислотного состава икры и филе стерляди (*Acipenser ruthenus*) и сибирского осетра (*Acipenser baerii*) из естественной среды обитания и аквакультуры с целью разработки метода определения происхождения продукции осетровых видов рыб. В икре и филе осетровых рыб из аквакультуры были обнаружены повышенные уровни жирных кислот – 18:1n-9, 18:2n-6 и $\Sigma 20:1+22:1$, тогда как у осетровых рыб из естественной среды обитания были отмечены достоверно более высокие проценты жирных кислот – 20:5n-3, 16:1n-7, 18:1n-7, 15-17 РЖК. Перечисленные жирные кислоты предлагается использовать как маркеры, указывающие на источник происхождения продукции осетровых рыб.*

Сибирский осетр (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869) и стерлядь (*Acipenser ruthenus*, Linnaeus, 1758), как и другие виды осетровых рыб, традиционно считаются одними из самых ценных видов рыбных ресурсов. В настоящее время на территории Российской Федерации промысел осетровых видов рыб строго органичен или полностью запрещен. Это связано с крайне низкой численностью популяций осетровых видов рыб, вызванной массовым переловом, незаконным промыслом и изменениями среды обитания рыб [1]. В настоящее время основными источниками поступления черной икры и филе в торговые сети являются рыбоводные хозяйства. Однако, большая доля продукции осетровых видов рыб на рынке, является результатом браконьерского промысла. Одной из актуальных задач рыбного хозяйства является разработка способа идентификации происхождения икры и филе ценных видов рыб из аквакультуры и естественной среды обитания в целях обеспечения контроля над поступлением незаконно добытой рыбной продукции на рынок. Идентификация среды обитания рыб, поступающих на продажу, также является частью комплекса мер по сохранению и поддержанию численности редких и исчезающих осетровых видов рыб.

Разработка способа определения происхождения филе и икры осетровых видов рыб осложняется тем, что визуальный анализ морфологических характеристик икры и филе не дает оснований для установления происхождения рыб-производителей из аквакультуры или же природных местообитаний. Перспективным методом идентификации происхождения икры осетровых рыб, является создание базы «генетических паспортов». Так, был собран банк генетических данных о самках осетровых рыб из российских рыбоводных хозяйств, а именно данные о некоторых последовательностях митохондриальной ДНК и микросателлитах [1, 2, 3]. Авторы способа предлагают сравнивать результаты молекулярно-генетических анализов икры с прилавков и т.п. с данными, содержащимися в таком генетическом банке, для определения видовой принадлежности осетровых рыб и ее происхождения от конкретной самки [2, 3]. Однако такой метод связан с необходимостью постоянного слежения за генетической структурой популяций самок на рыбоводных предприятиях с целью обновления банка. Кроме того, известный полиморфизм отдельных участков ДНК осетровых видов рыб, может привести сложности, и, в некоторых случаях, невозможность точной идентификации происхождения особей осетровых рыб на основе только лишь молекулярно-генетических данных [4].

Также одним из современных методов определения происхождения икры и филе осетровых видов рыб является использование жирных кислот (ЖК) в качестве биохимических маркеров. Известно, что на состав ЖК тканей рыб в значительной степени влияет состав их пищи [5, 6]. Таким

образом, различия жирнокислотного состава пищи аквакультурных и диких осетровых рыб могут быть использованы для идентификации происхождения их продукции, в том числе филе и икры. При современном аквакультурном выращивании рыб, как правило, используются искусственные корма, содержащие добавки растительных масел. Как известно, растительные масла отличаются специфическим ЖК составом с высокими уровнями олеиновой, линолевой и иногда линоленовой кислот [7, 8]. Кроме того, в аквакультурные корма добавляют пищевые ингредиенты морского происхождения (рыбная мука, рыбий жир), содержащие большую долю мононенасыщенных длинноцепочечных жирных кислот [9]. В свою очередь, осетровые рыбы, нагуливающиеся в естественных пресноводных местообитаниях, питаются преимущественно бентосными беспозвоночными животными. Жирнокислотный состав организмов бентоса включает компоненты, синтезируемые водорослями и передаваемые по трофическим цепям [10].

Мы предполагаем, что анализ различий жирнокислотного состава мышечной ткани и филе некоторых осетровых видов рыб позволят выявить отдельные жирные кислоты, наличие и уровень содержания которых может указать на происхождение икры и филе осетровых рыб из естественной популяции или аквакультуры.

Материалы и методы

В ходе исследования был проведен анализ состава ЖК в икре и филе (мышечная ткань) стерляди и сибирского осетра. Образцы тканей аквакультурного происхождения были предоставлены рыбоводными предприятиями Красноярского края. Икра и филе осетровых рыб была отобрана у особей из популяции р. Енисей в ходе комплекса работ по искусственному воспроизводству осетровых рыб. Часть проб была предоставлена правоохранительными органами от особей рыб, изъятых в ходе следственных мероприятий. Всего было собрано 20 образцов исследуемых тканей. Для анализа отбирали навески до 0,5 г филе и икры осетровых рыб, которые фиксировали в растворителе (хлороформ : этанол, 2:1 по объему). Экстракция липидов проводилась по методу Фолча в модификации. Для проведения хроматографического анализа экстрактов липидов получали метиловые эфиры жирных кислот (МЭЖК). [11]. Полученные МЭЖК хранили при температуре – 20°C до последующих анализов. Анализ МЭЖК проводили на газовом хроматографе с масс-спектрометрическим детектором (модель 6890/5975С, “AgilentTechnologies”, США) с колонкой HP-FFAP. Идентификацию пиков жирных кислот осуществляли по полученным масс-спектрам, сравнением их с имеющимися в базе данных AgilentNIST2005, а также сравнением времен удерживания с таковыми стандартами (Sigma, США).

Статистические расчеты были выполнены в программах Microsoft Excel и STATISTICA 9.0.

Результаты и обсуждение

Сравнение биохимического состава икры стерляди и осетра из аквакультуры и природных местообитаний позволило выделить ряд маркерных жирных кислот, отражавших различия их кормовых ресурсов. На рисунке 1 представлено процентное содержание некоторых жирных кислот от суммы всех ЖК в икре стерляди и осетра из рыбоводных хозяйств и реки Енисей. В икре стерляди и осетра аквакультурного происхождения был отмечен достоверно более высокий уровень олеиновой кислоты (18:1n-9), линолевой кислоты (18:2n-6), и суммы длинноцепочечных мононенасыщенных кислот с 20-22 атомами углерода ($\Sigma 20:1+22:1$). Данные ЖК происходят из искусственных кормов, содержащих растительные масла и рыбную муку, и накапливаются в различных тканях осетровых рыб, включая икру [7, 8, 9]. Процентные уровни таких ЖК, как пальмитолеиновая кислота, 16:1n-7, эйкозопентаеновая кислота 20:5n-3, вакценовая кислота, 18:1n-7, и сумма насыщенных разветвленных жирных кислот с 15-17 атомами углерода, 15-17РЖК, были достоверно выше в пробах осетровых из реки Енисей. Данные ЖК продуцируются в водных экосистемах диатомовыми водорослями и бактериями, передаются по трофическим сетям и накапливаются в тканях осетровых рыб [10]. Таким образом, повышенное содержание 18:1n-9, 18:2n-6 и $\Sigma 20:1+22:1$ в икре осетровых рыб с высокой долей вероятности будет указывать на аквакультурное происхождение черной икры, тогда как повышенное содержание ЖК - 20:5n-3, 16:1n-7, 18:1n-7, 15-17 РЖК можно использовать в качестве биохимических маркеров происхождения икры от диких популяций рыб.

Сходные данные получились также и при анализе жирнокислотного составе филе осетровых видов рыб. Так в составе ЖК мышечной ткани стерляди из р. Енисей также был обнаружен достоверно более высокий уровень 20:5n-3, 16:1n-7, 18:1n-7, 15-17 РЖК по сравнению со стерлядью из аквакультурного хозяйства. Кроме того, отмечался и более высокий процент полиненасыщенных жирных с 14 атомами углерода (C14 ПНЖК) и с 16 атомами углерода (C16 ПНЖК), источниками которых являются организмы фито и зообентоса [10]. В рационе аквакультурных видов рыб данные источники пищи отсутствуют, что также позволяет использовать эти ЖК как показатель естественного происхождения филе осетровых рыб.

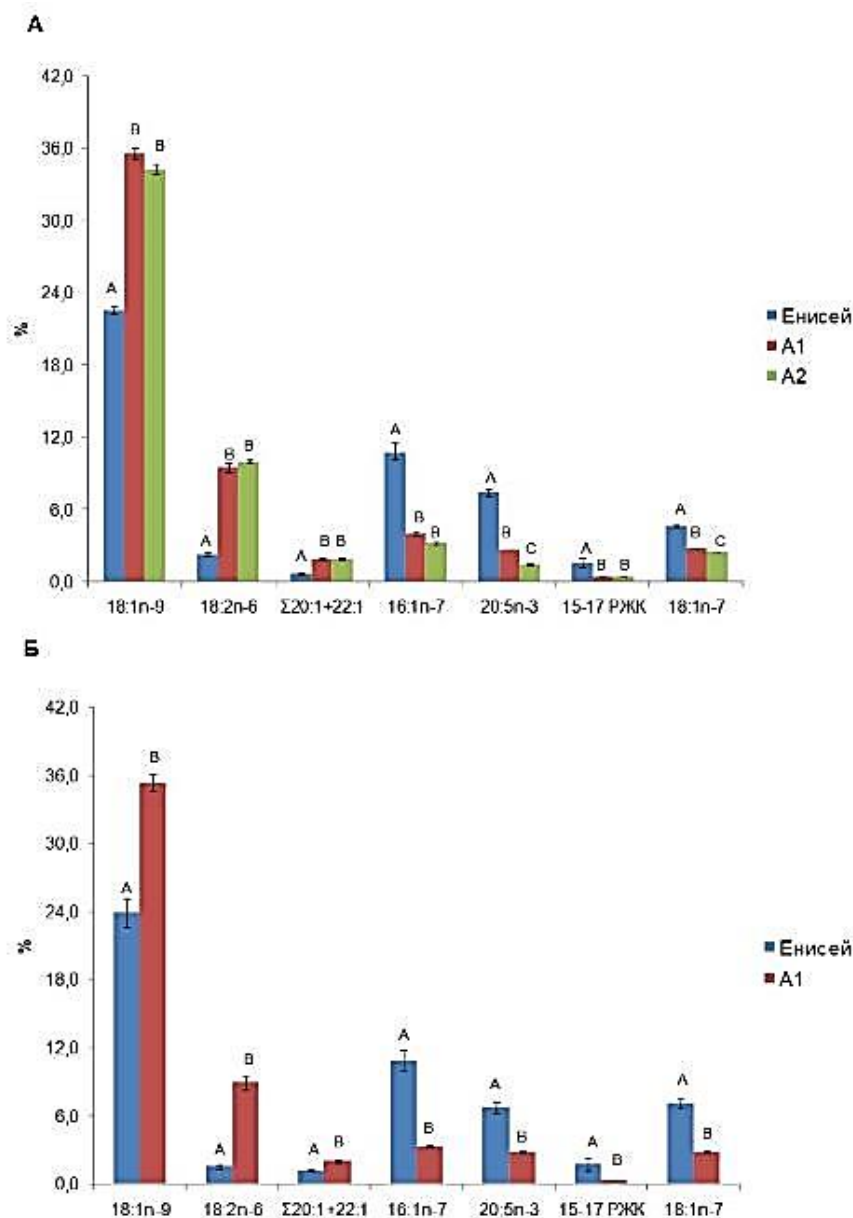


Рис. 1. Содержание (% от суммы ЖК) биомаркерных жирных кислот в икре стерляди (*Acipenser ruthenus*) (А) и сибирского осетра (*Acipenser baerii*) (Б) из р. Енисей и рыбоводных хозяйств А1 и А2. Средние значения отдельных ЖК, обозначенные одинаковыми буквами, достоверно не отличаются по критерию LSD Фишера для *post hoc* теста в однофакторном дисперсионном анализе (для стерляди) и по критерию Манна-Уитни (для осетра).

Что касается ЖК состава филе аквакультурной стерляди, то здесь, также как и в икре осетровых из аквакультуры, явно отмечались достоверно большие уровни 18:1n-9, 18:2n-6 и Σ20:1+22:1. Подробный состав ЖК мышечной ткани стерляди приведен в Таблице 1.

Состав жирных кислот (в % от Σ ЖК) в филе (мышечная ткань) стерляди (*Acipenser ruthenus*) из р. Енисей и аквакультурного хозяйства

	р. Енисей			Аквакультура			U	p
	m		SE	m		SE		
14:0	4,3	±	0,5	1,7	±	0,1	0.0	0.009
14:1	0,8	±	0,1	0,0	±	0,0	0.0	0.009
14 ПНЖК	0,5	±	0,1	0,0	±	0,0	0.0	0.009
15-17 РЖК	0,8	±	0,1	0,3	±	0,0	1.0	0.016
16:0	17,4	±	0,4	15,4	±	0,1	1.0	0.016
16:1n-9	0,3	±	0,0	0,4	±	0,0	8.0	0.347
16:1n-7	10,8	±	0,5	3,3	±	0,1	0.0	0.009
16 ПНЖК	1,1	±	0,1	0,2	±	0,0	0.0	0.009
18:0	1,8	±	0,2	2,0	±	0,2	0.0	0.725
18:1n-9	25,0	±	0,5	37,4	±	0,3	0.0	0.009
18:1n-7	4,6	±	0,2	3,0	±	0,1	1.0	0.016
18:2n-6	2,4	±	0,2	12,0	±	0,2	0.0	0.009
18:3n-6	0,1	±	0,0	0,6	±	0,0	0.0	0.009
18:3n-3	3,8	±	0,6	2,3	±	0,1	1.0	0.016
18:4n-3	1,0	±	0,3	0,4	±	0,0	0.0	0.009
Σ 20:1	1,1	±	0,2	3,0	±	0,1	0.0	0.009
20:2n-6	0,2	±	0,0	0,8	±	0,0	1.0	0.016
20:4n-6	1,3	±	0,2	0,9	±	0,1	1.0	0.016
20:3n-3	0,4	±	0,0	0,2	±	0,0	4.0	0.076
20:4n-3	0,8	±	0,0	0,3	±	0,0	0.0	0.009
20:5n-3	8,0	±	0,4	3,9	±	0,2	0.0	0.009
Σ 22:1	0,1	±	0,0	0,8	±	0,0	0.0	0.009
21:5n-3	0,1	±	0,0	0,0	±	0,0	8.0	0.347
22:5n-3	1,8	±	0,3	0,7	±	0,0	0.0	0.009
22:6n-3	6,0	±	0,9	7,7	±	0,3	1.0	0.016
НЖК	26,2	±	0,8	20,0	±	0,2	1.0	0.016
МНЖК	43,8	±	1,4	48,6	±	0,4	1.0	0.016
ПНЖК	30,1	±	1,1	31,4	±	0,5	8.0	0.347

Примечание: жирным шрифтом выделены значения имеющие достоверные отличия по критерию Манна-Уитни при уровне значимости $p \leq 0,05$

Очевидно, что все перечисленные ЖК маркеры были обнаружены в продуктах как аквакультурного, так и природного происхождения. Поэтому для идентификации происхождения икры и филе возможно использовать как пороговые значения отдельных ЖК, например олеиновой кислоты, так и соотношения выявленных маркерных ЖК, например $\Sigma(16:1n-7+20:5n-3+18:1n-7+15-17РЖК) / \Sigma(18:1n-9+18:2n-6+20:1+22:1)$, которое будет значительно отличаться в тканях аквакультурных и диких рыб.

Заключение

Полученные данные можно использовать для разработки способа быстро и точно проводить экспертизу рыбной продукции осетровых, а именно икры и филе, для идентификации ее происхождения и позволит выявлять и предотвращать появление браконьерской продукции, происходящей из природных мест обитаний, в торговых сетях и товарном экспорте под видом аквакультурной.

Работа поддержана Грантом РФФИ №22-24-20023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубковский М.К., Копыленко Л.Р., Вафина Л.Х. «Черная» икра: проблемы и перспективы // Рыбное хозяйство. – 2015. - № 6. - С. 30-34.
2. Мюге Н.С., Барминцева А.Е., Расторгуев В.Н., Мюге В.Н., Барминцев В.А. Полиморфизм контрольного региона митохондриальной ДНК восьми видов осетровых и разработка системы ДНК-идентификации видов // Генетика. – 2008. - Т. 44. - №7. - С. 913-919.
3. Барминцева А.Е., Мюге Н.С. Использование микросателлитных локусов для установления видовой принадлежности осетровых (Acipenseridae) и выявления особей гибридного происхождения // Генетика. – 2013. - Т.49. - № 9. - С. 1093-2005.
4. Birstein V.J., Poletaeв A.I., Goncharov B.F. The DNA content in Eurasian sturgeon species determined by flow cytometry // Cytometry. – 1993. - V. 14. - P. 377–383.
5. Czesny S.J., Jacques R., Hanson S.D., Dettmers J.M., Dabrowski K. Fatty acid signatures of Lake Michigan prey fish and invertebrates: among-species differences and spatiotemporal variability // Canadian Journal of Fish and Aquatic Sciences. - 2011. - V. 68. - P. 1211–1230.
6. Nasopoulou C., Zabetakis I. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review // LWT - Food Science and Technology. – 2012. - V. - 47. - P. 217-224.
7. Teves J.F., Ragaza J.A. The quest for indigenous aquafeed ingredients: a review // Reviews in Aquaculture. – 2016. - V. 8. - P.154–171.
8. Лагуткина Л.Ю. Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья // Вестник АГТУ. Серия Рыбное хозяйство. – 2017. - №1. - С. 67 - 78.
9. Сущик Н.Н. Роль незаменимых жирных кислот в трофометаболических взаимодействиях в пресноводных экосистемах // Журнал общей биологии. – 2008. - Т.69. - №4. - С. 299 – 316.
10. Makhutova O.N, Shulepina S.P., Sharapova T.A., Dubovskaya O.P., Sushchik N.N., Baturina M.A., Pryanichnikova E.G., Kalachova G.S., Gladyshev M.I. Content of polyunsaturated fatty acids essential for fish nutrition in zoobenthos species // Freshwater Science. – 2016. - V. 35. - P. 1222-1234
11. Gladyshev M.I., Sushchik N.N., Gubanenko G.A., Kalachova G.S., Rechkina E.A., Malyshevskaya K.K. Effect of the way of cooking on contents of essential polyunsaturated fatty acids in filets of zander // Czech Journal of Food Sciences. – 2014. - V. 32. - P. 226–231.

FATTY ACIDS COMPOSITION OF MUSCLE TISSUE AND CAVIAR OF STURGEON FISH SPECIES FROM THE NATURAL HABITAT AND AQUACULTURE

¹Rudchenko Anastasia Evgenievna, Ph.D., Associate Professor of the Department of Water and Terrestrial Ecosystems

²Karpov Vladimir Alekseevich, laboratory assistant of the Department of Aquatic and Terrestrial Ecosystems.

^{1,2}Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia, e-mail: ¹arudchenko@sfu-kras.ru

A study of the fatty acid composition of caviar and fillet of sterlet (Acipenser ruthenus) and Siberian sturgeon (Acipenser baerii) from the natural habitat and aquaculture was carried out in order to develop a method for determining the origin of sturgeon fish products. High levels of fatty acids - 18:1n-9, 18:2n-6 and $\Sigma 20:1+22:1$ were found in caviar and fillets of sturgeon fish from aquaculture, while significantly higher percentages of fatty acids - 20:5n-3, 16:1n-7, 18:1n-7, 15-17 BFA in sturgeon fish of natural habitat were noted. The listed fatty acids are proposed to be used as markers indicating the source of origin of sturgeon products.

ПРОВЕДЕНИЕ РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКСТЕРЬЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ САМОК КАРПА, ВЫРАЩИВАЕМЫХ НА УОХ КГТУ

Семко Евгений Юрьевич, магистрант

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: semko.zhenya@mail.ru

Экстерьер производителей карпа, как известно, связан с их продуктивностью, а в частности с плодовитостью у самок и объемом эякулята у самцов. Поэтому, при проведении бонитировки рыб в маточном стаде, большинство исследователей рекомендуют оценивать экстерьер по традиционно применяемым в рыбоводстве индексам – высоты спины, ширины спины, обхвата и головы. В последнее время в статьях стали появляться данные о применении для оценки экстерьера рыб индексы, применяемые в животноводстве – компактности, сбитости и растянутости. Статья рассматривает проведение анализа экстерьера производителей карпа, выращиваемого на УОХ КГТУ, а также возможность применения новых экстерьерных признаков. В результате проведенных исследований: проанализированы экстерьерные показатели производителей карпа, выращиваемого на УОХ КГТУ за период с 1990 по 2022 г.; изучены новые экстерьерные индексы – растянутости, сбитости и массивности, проведен их расчет.

Введение

Оценка экстерьерных показателей широко применяется для анализа рыбоводных качеств производителей карпа. Экстерьер следует рассматривать как приспособление рыб к различным типам выращивания в разных рыбоводных зонах и природных условиях. Согласно литературным данным индексы экстерьера связаны с их продуктивностью, а в частности с плодовитостью у самок (рабочей и абсолютной), а также объемом и количеством эякулятов у самцов. Поэтому оценка экстерьерных показателей производителей карпа считается очень важным элементом племенной работы, направленной на выведение высокопродуктивных пород и совершенствованием системы введения селекционно – племенной работы [1].

Согласно рекомендациям, приведенным в «Инструкции по бонитировке.» проводят измерения внешних параметров, на основании которых вычисляют индексы экстерьера – широкоспинности, высокоспинности, обхвата, длины головы, растянутости, сбитости и массивности. Индексы в свою очередь характеризуют экстерьер рыб, а вместе с массой и возрастом являются главными критериями при отборе производителей [2].

Актуальность темы: работа по проведению анализа экстерьера во многом определяется повышением генетического потенциала продуктивных качеств производителей карпа, совершенствованием всей системы ведения селекционно – племенной работы, созданию стад производителей, способных обеспечить высокую продуктивность в условиях определенной климатической зоны и конкретной технологии выращивания.

Объект исследования

Объектом исследования служили самки и самцы разбросанных и чешуйчатых производителей карпа, выращиваемых в прудах УОХ КГТУ в 2020 - 2022 гг.

Материалом для исследований: литературные данные по экстерьеру производителей, представленные в отчетах кафедры Аквакультуры и литературных источниках за 1990, 1996, 2000, 2006, 2019 гг [3,4].

Цель и задачи исследований

Гибридное стадо карпов, выращиваемых на УОХ КГТУ, было сформировано в результате двух скрещиваний – местных беспородных культурных карпов с нивчанскими, и последующего скрещивания гибридов F1 с ропшинскими, что наряду со специфическим климатом Калининградской области наложило специфику на экстерьерные показатели карпов, выращиваемых в прудах на УОХ КГТУ.

Целью работы является: проведение рыбоводно - биологических исследований производителей карпа на основании анализа экстерьерных показателей.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- 1) Исследовать возможность применения новых экстерьерных индексов при оценке экстерьера производителей карпа;
- 2) Провести расчет экстерьерных показателей по традиционным и новым индексам экстерьера;
- 3) Провести корреляционный анализ показателей экстерьера;
- 4) Сравнить литературные данные с полученными результатами и сделать вывод о рыбоводно-биологических показателях продуктивности производителей карпа, выращиваемых на УОХ КГТУ.

Результаты исследований

Исследование экстерьера проводили на основании следующих измерений:

- промысловой длины тела, см;
- максимальной высоты тела, см;
- минимальной высоты тела, см;
- обхват тела, см;
- ширины спины, см;
- длины головы, см.

Измерения проводили по стандартной методике, на основании измерений рассчитали индексы: высокоспинность, широкоспинность, индекс обхвата и др (1-4).

Исследование экстерьера проводили на основании следующих измерений:

- промысловой длины тела, см;
- максимальной высоты тела, см;
- минимальной высоты тела, см;
- обхват тела, см;
- ширины спины, см;
- длины головы, см.

Измерения проводили по стандартной методике, на основании измерений рассчитали индексы: высокоспинность, широкоспинность, индекс обхвата и др (1-4).

-индекс обхвата тела (по Киселеву)

$$ИО = O \times 100\% \div L \quad (1)$$

где O – наибольший обхват тела рыб, см; l – длина тела рыб, см.

-индекс высокоспинности:

$$ИВ = \frac{l}{h_{max}}, \quad (2)$$

где l – длина тела рыб, см; h_{max} – наибольшая высота тела рыб, см.

- индекс широкоспинности:

$$ИШ = \frac{B \cdot 100}{l}, \quad (3)$$

где B – наибольшая толщина тела рыб, см; l – длина тела рыб, см.

- коэффициент упитанности по формуле:

$$K = \frac{q \cdot 100}{l^3}, \quad (4)$$

где q – масса рыбы, г; l – длина тела рыб, см.

На основании измерений провели расчет традиционных индексов экстерьера – широкоспинности, высокоспинности, обхвата и длины головы, а также новых показателей – индекс растянутости, сбитости и массивности.

Весь материал был обработан при применении методик математической статистики, были вычислены следующие показатели – средняя, ошибка средней, стандартное отклонение и коэффициент вариации.

Проводя анализ экстерьерных показателей, имеющихся в литературных источниках и данных полученных в ходе исследования, можно проследить изменение их во времени, начиная с 1990 до 2022 года (табл. 1 и табл. 2) [3,4].

Таблица 1

Статистический анализ экстерьерных показателей самок карпа

Год	Индекс высоты спины	Индекс ширины спины	Индекс обхвата	Индекс длины головы	Индекс растянутости	Индекс сбитости	Индекс массивности
чешуйчатые							
1990	3,54±0,50	16,47±2,31	0,73±0,1	22,35±3,13	354,26±49,61	73,17±10,25	258,1±6,14
1996*	3,24	16,68	0,77	24,75	323,96	76,97	249,35
2000*	3,19±0,07	17,10±0,61	0,78±0,1	24,91±0,33	-	-	-
2006	3,14±0,81	20,15±5,2	0,82±0,21	24,52±6,33	313,55±80,96	81,82±21,13	255,64±66,01
2019	2,45±1,1	15,21±6,8	0,89±0,4	23,62±10,57	245,41±109,75	89,05±39,82	218,33±97,64
2020	2,09±0,93	13,16±5,89	0,94±0,42	35,2±15,74	208,58±93,28	93,69±41,9	193,16±86,39
2021	3,17±1,58	13,2±6,6	0,8±0,4	34,79±17,39	317,39±158,69	80,61±40,3	253,51±126,75
2022	2,12±0,81	14,25±4,97	0,93±0,53	36,1±16,83	209,49±84,19	92,7±32	194,25±77,32
разбросанные							
1990	3,61±0,61	15,97±2,70	0,72±0,12	23,57±3,98	361,05±61,02	72,06±12,18	259,03±43,48
1996*	2,97	17,05	0,82	23,26	355,65	81,79	242,55
2000*	3,04±0,07	17,08±0,03	0,80±0,1	24,07±0,81	-	-	-
2006	3,22±1,22	24,7±9,34	0,86±0,3	23,04±8,71	322,24±121,83	85,89±32,46	276,67±104,57
2019	2,39±1,07	15,33±6,86	0,86±0,38	27,08±12,11	239,44±107,08	85,78±38,36	204,38±91,4
2020	2,51±0,65	12,78±3,3	0,86±0,23	26,55±6,85	251,39±64,91	85,91±22,96	216,92±57,97
2021	3,17±1,83	13,12±7,57	0,93±0,54	33,74±19,48	317,67±183,41	93,61±54,05	297,16±171,56
2022	2,50±0,37	13,01±2,17	0,89±0,56	25,67±4,75	249,66±51,12	89,39±21,0	215,82±54,86

* данные из отчетов кафедры Аквакультуры

В целом анализируя исследованный материал можно отметить, что у **чешуйчатых** самок наибольшее значение индекса высокоспинности было отмечено в 1990 году - 3,54%, затем он снижается за период исследований вплоть до 2020 года (1996 год -3,24%, 2000 – 3,19%, 2006 – 3,14%, 2019 – 2,45%), достигает значения 2,09%, что является минимумом и резко возрастает до 3,17% в 2021 году.

У разбросанных самок индекс высоты спины в 1990 году составил 3,61%, что является максимумом, в 1996 году он снижается до 2,97%, в 2000 он возрастает до 3,04%, в 2006 он поднимался до 3,22%, в 2019 году он падал до минимума – 2,39%, затем возрастал, в 2020 году он составляет 2,51%, а в 2021 – 3,17%.

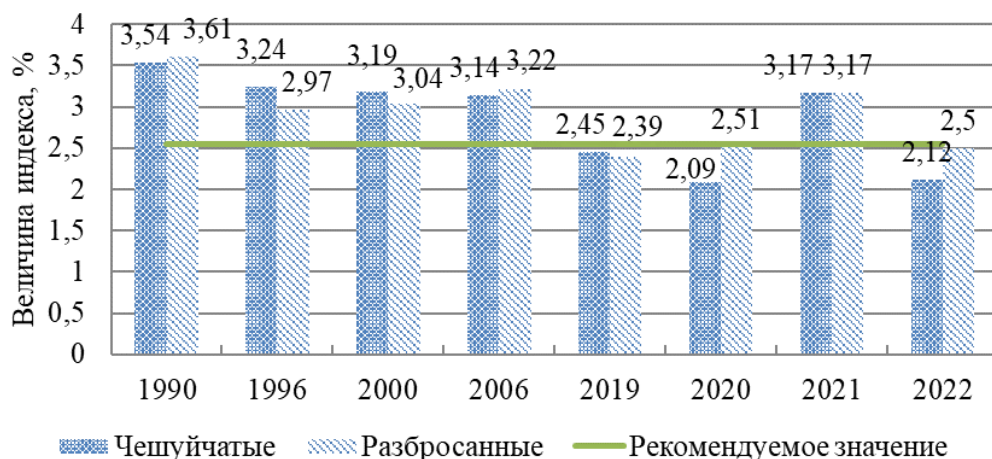


Рис. 1. Изменение индекса высоты спины у самок карпа

Индекс ширины спины в 1990 году составил 16,47%, затем он постепенно возрастает до 2006 года (1996 – 16,68%, 2000 - 17,10%), в этом году его значение составляет 20,15%, что является максимумом. Затем величина этого показателя снижается (в 2019 году – 15,21%), в 2020 он достигает минимума – 13,16% и незначительно возрастает в 2021 году.

У разбросанных самок индекс ширины спины в 1990 году составлял 15,97%, он увеличивался до 2006 года (в 1996 году – 17,05%, в 2000 – 17,08%), где достигал максимума – 24,7%, затем в 2019 году он резко снижался до 15,33%, в 2020 достигал минимума – 12,78% и в 2021 году незначительно поднимается до 13,12%.

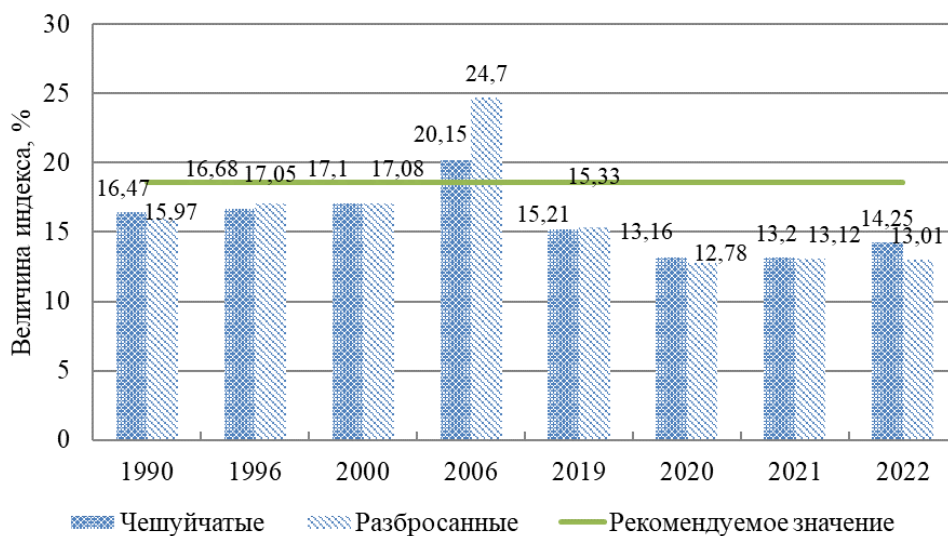


Рис. 2. Изменение индекса ширины спины у самок карпа

Индекс обхвата минимален в 1990 году и равен в среднем 0,73%. С каждым из последующих промеров он постоянно увеличивается: 1996 – 0,77%, 2000 – 0,78%, 2006 – 0,82%, 2019 – 0,89%, 2020 – 0,94% (максимальное значение индекса). В 2021 году он составляет 0,8%.

У разбросанных самок индекс обхвата был минимален в 1990 году – 0,72%, далее он поднимался до 2000 года где составил 0,82%, затем незначительно падает до 0,80% (2000 год), затем возрастал до 0,86% (2006, 2019 и 2020 годы) и в 2021 году достигает максимума – 0,93%.

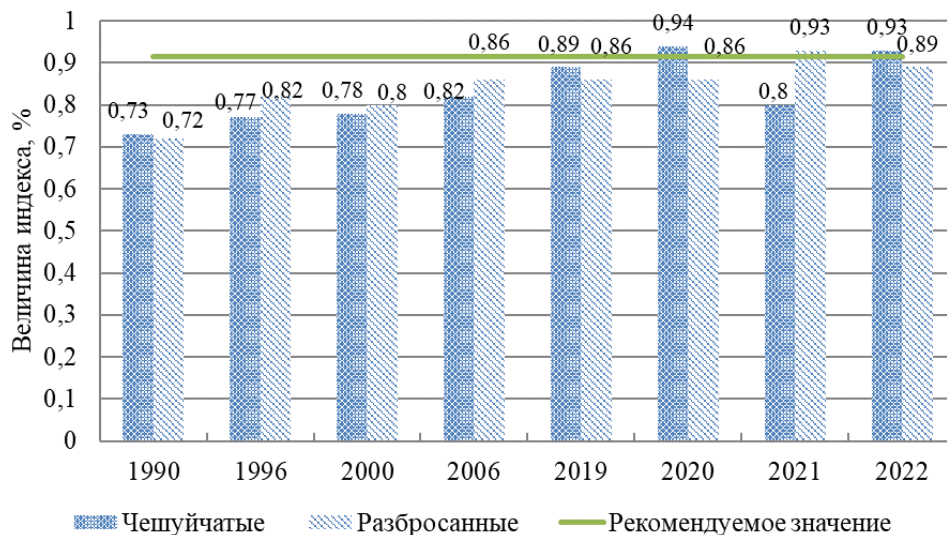


Рис. 3. Изменение индекса обхвата у самок карпа

Индекс длины головы также минимален в 1990 году – 22,35%, в 1996 году его значение составляет 24,76%, он увеличивается до 2000 года, где составляет 24,91%, затем в 2006 году величина этого индекса снижается с 24,52% до 23,62% в 2019 году. В 2022 году он достигает максимума – 36,1% и незначительно опускается до 34,79% в 2021 году.

У разбросанных самок индекс длины головы в 1990 году составляет 23,57%, затем опускался до 23,26% в 1996 году, далее опять возрастал и в 2000 году составлял 24,07%, в 2006 отмечен минимум показателя индекса – 23,04%. В 2019 показатель индекса снова рос и составлял 27,08%, далее снова падал до 26,55% и в 2021 году достигает максимума – 34,79%.

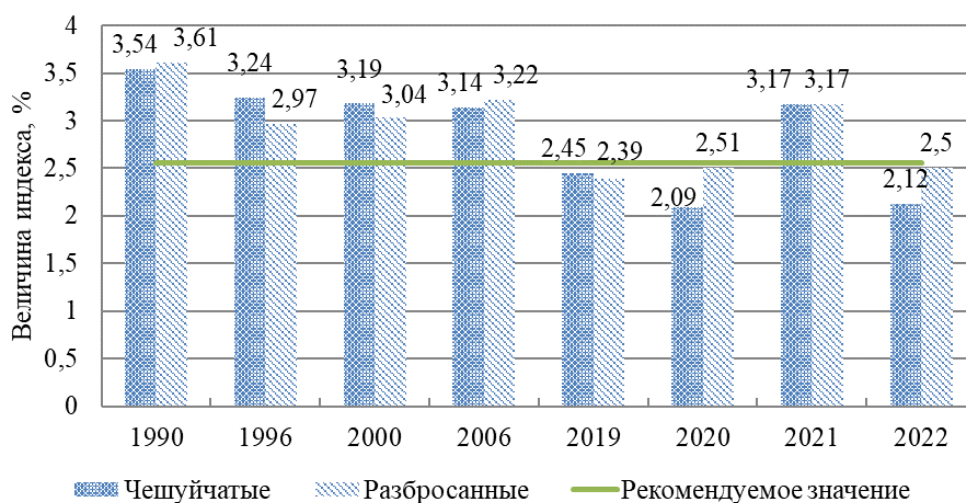


Рис. 4. Изменение индекса длины головы у самок карпа

Индекс растянутости в 1990 году имел максимальное значение – 354,26%, в последующие годы снижался: 1996 – 323,96%, 2006 – 313,55%, 2019 – 245,41%. В 2020 году достигал минимального значения – 208,58%. В 2021 году возрос до 317,39%. У разбросанных самок индекс растянутости имел максимальное значение в 1990 году – 361,05%, затем с каждым годом постепенно снижался: 1996 – 355,65%, 2006 – 322,24%. В 2019 году достигал минимума – 239,44%. В 2020 и 2021 вновь возрастает до 251,39% и 317,67% соответственно.

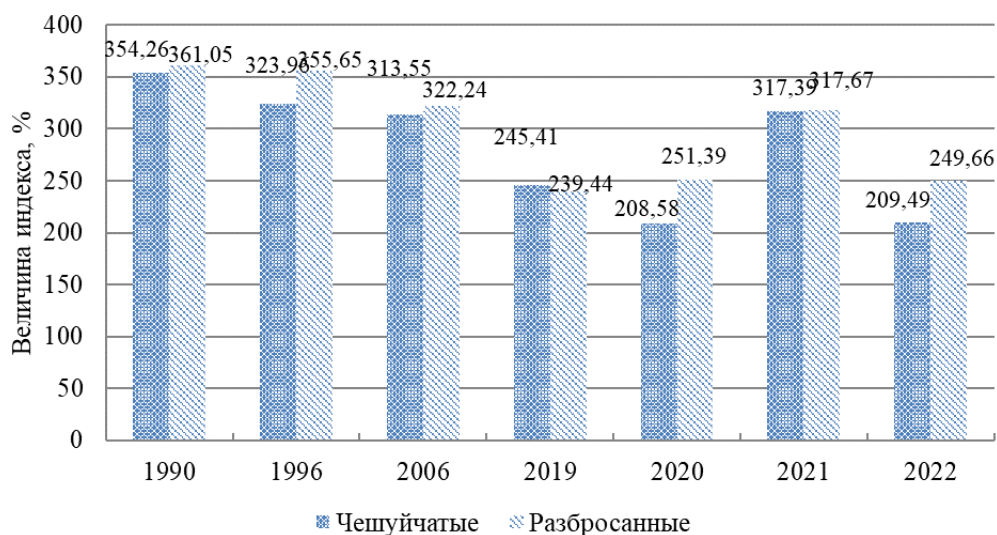


Рис. 5. Изменение индекса растянутости у самок карпа

Индекс сбитости наоборот, минимальное значение имел в 1990 году – 73,17%, возрастал до 2020 года, где достигал максимума – 93,69%. В 2021 году вновь падает до 80,61%.

У разбросанных самок индекс сбитости наоборот, в 1990 году составлял 72,06%, что является минимумом, затем постоянно повышался (за исключением 2019 года, где было отмечено незначительное падение) до максимального значения, которое в 2021 году составляет 93,61%.

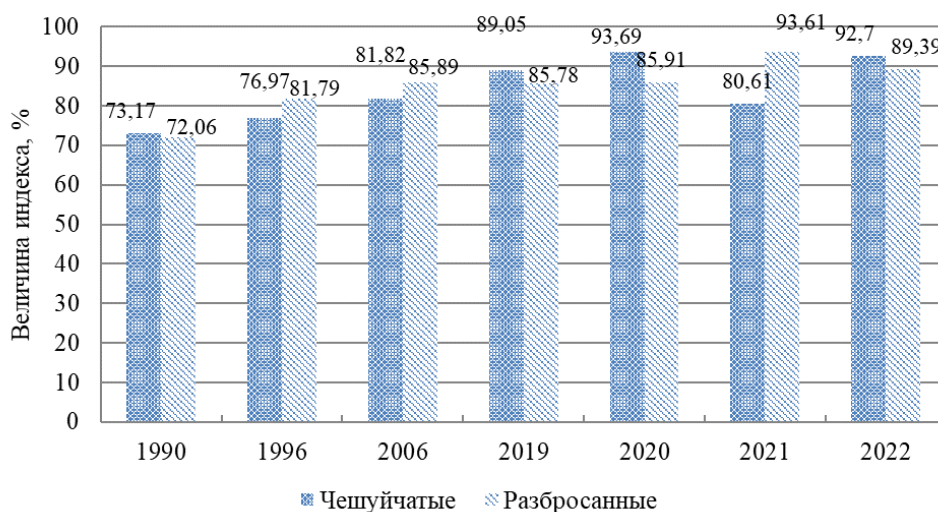


Рис. 6. Изменение индекса сбитости у самок карпа

Индекс массивности аналогично индексу растянутости имел максимальное значение в 1996 году – 258,1, постоянно снижался до минимума: 1996 – 249,35%, 2006 – 255,64%, 2019 – 218,33%. В 2020 достигал минимума, который составил 193,16%. В 2021 году резко вырос до 253,51%.

У разбросанных самок индекс массивности в 1990 году составлял 259,03%, в 1996 году понижался до 242,55%, затем в 2006 году возрастал до 276,67%, в 2019 году упал до минимума – 204,38%, затем вновь возрастал и в 2021 составил максимум – 297,16%.

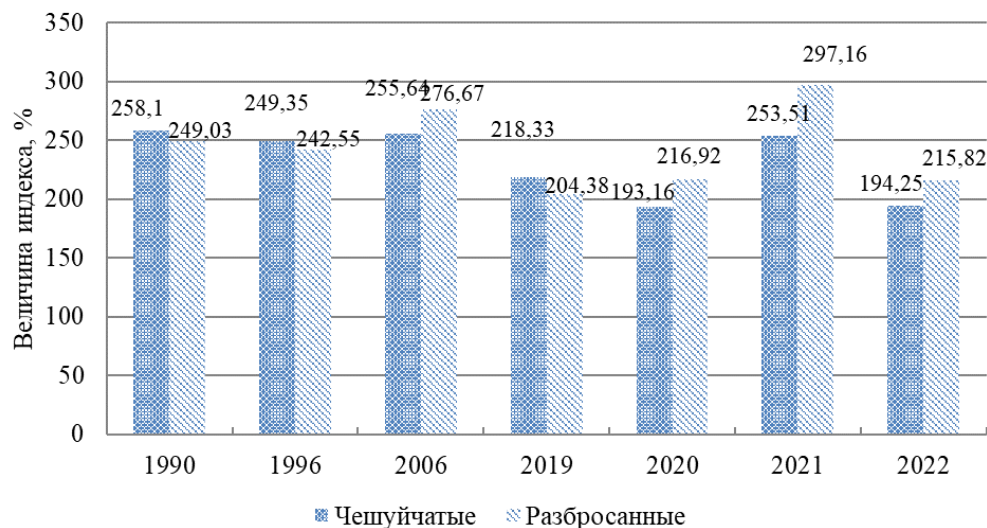


Рис. 7. Изменение индекса массивности у самок карпа

Выводы

В результате проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1) На основании проведенного анализа экстерьерных показателей самок карпа выращиваемых на УОХ КГТУ в 1990, 1996, 2000, 2006, 2020, 2021 и 2022 гг. был сделан вывод об отсутствии стабильного изменения индексов, поэтому нельзя говорить об уклонении к «сазаньему» типу экстерьера у рыб из маточного стада;

2) Анализ экстерьерных показателей выявил, что у самок большинство индексов имели неоднозначную картину (снижение или увеличение в разные годы исследования) и только у разбросанных самцов индексы высоты спины, растянутости и массивности имели устойчивую тенденцию к снижению за период исследования;

3) В целом анализируя полученные результаты, можно отметить, что вырождение рыб из маточного стада и уклонение к «сазаньему» экстерьеру, отмечаемое в 2000 г не происходит. Однако отсутствие устойчивой тенденции в изменении индексов, указывает на неоднородность и нестабильность экстерьерных показателей в маточном стаде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирпичников В.С. Генетика и селекция рыб. Л.: Наука, 1987. 520 с.
2. Инструкция по бонитировке карпов [Электронный ресурс] URL: http://old.mcx.ru/documents/document/v7_show/6253.191.htm (дата обращения 26.09.2021)
3. Биологические основы ведения прудового рыбоводства в условиях Калининградской области: отчет о НИР/ Калининградский техн. ин – т рыбной пром – ти и хоз – ва; руков. В. Г. Саковская; инв. № 13.12.100.2. Калининград, 1990. -39 с.
4. Батухтина Н.Г. Оценка маточного стада карпа в некоторых рыбоводных хозяйствах Калининградской области / Батухтина Н.Г. Ворошилина З.П. // Сб. науч. тр./ Аквакультура и биомониторинг водоемов. 2001. № 1. С. 6 – 12.
5. Хабжоков А.Б. Экологическое значение индекса обхвата в селекции карпа /. Хабжоков, А.Б., Казанчев С.Ч., Исмаилов А.А. // Известия Алтайского ГАУ. 2018. - №2 (160). - С. 124-128.

CONDUCTING FISH-BREEDING AND BIOLOGICAL STUDIES OF THE EXTERIOR INDICATORS OF MALE OF CARP GROWN AT THE KSTU UOH

Semko Evgeny Yurievich, magistrant

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: semko.zhenya@mail.ru

The exterior of carp producers is known to be associated with their productivity, and in particular with fertility in females and the volume of ejaculate in males. Therefore, when conducting fish bonitization in the breeding stock, most researchers recommend evaluating the exterior according to the indices traditionally used in fish farming - back height, back width, girth and head. Recently, data on the use of indices used in animal husbandry – compactness, knocking down and stretching-for assessing the exterior of fish have begun to appear in articles. The article considers the analysis of the exterior of carp producers grown at the KSTU UOH, as well as the possibility of applying new exterior features. As a result of the conducted research: the exterior indicators of producers of carp grown at the KSTU UOH for the period from 1990 to 2022 were analyzed; new exterior indices – sprawl, knocking down and massiveness were studied, their calculation was carried out.

УДК 574.2: 595.384.2

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О БИОЛОГИИ КРАБА *RHITHROPANOPEUS HARRISII* (GOULD, 1841) (DECAPODA: BRANCHIURA: PANOPEIDAE) ИЗ КАЛИНИНГРАДСКОГО ЗАЛИВА В 1999 Г.

Судник Светлана Александровна, канд. биол. наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

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

*Цель исследования – изучение размерно-полового и весового состава, репродуктивных черт особей краба *R. harrisii*, собранных в Вислинском заливе (российской части) в августе-сентябре 1999 г. Среди 38 исследованных особей доминировали ювенильные, что указывает на сбор проб в посленерестовый период; доли самцов и самок были в 1,4–1,9 раз меньше. Ширина карапакса крабов была от 1,37 до 17,8 мм, масса тела особей – 0,001–0,32 г. Оценка репродуктивного состояния самцов и самок признаков нерестовой активности не выявила. Август – время окончания в Калининградском заливе массового нереста краба. Размерный состав особей *R. harrisii*, черты их репродукции были схожи с таковыми, описанными для этого вида в заливе в 2010 году.*

Rhithropanopeus harrisii, – известный инвазивный вид в Балтийском море. Его родина – атлантические воды Северной Америки. Краб Харриса широко распространён, в том числе, во всех морях Европы. Его успешному расселению способствовали транспортные суда (в их балластных водах, обрастаниях), распространение личинок с естественными водотоками, устричная торговля. Эвригалинный вид, выживает даже в пресной воде [8]. В Балтийском море он обитает с 1936 г., в российских водах его впервые нашли в 1951 г. в Вислинском заливе [14]. В современное время он распространён на всей российской акватории залива, за исключением северо-западной части [13]. Обитает на всех грунтах преимущественно на глубинах до 2 м (в целом встречен на глубинах до 40 м). На обширных мелководьях особи разных полов и размерных групп могут иметь различное миграционное поведение. Способен питаться как растительной, так и животной пищей. Благодаря

хищничеству, за счет выедания растительноядных организмов и детритофагов крабы Харриса могут оказывать каскадный эффект на экосистемы водоемов вселения [8, 10, 14, 22]. Известны случаи вытеснения *R. harrisii* при конкуренции местных видов крабов [7]. Отмечено носительство видом вирулентных вызывающих болезни у креветок и крабов бакуловирусов [20]. Крабы могут повреждать рыболовное оборудование, забивать водозаборы [8]. Их интенсивное копанье субстрата тоже влияет на структуру донных сообществ. В то же время крабы постепенно становятся ценным пищевым объектом для местных видов. Вид обнаружен в питании ряда рыб (угорь, речной окунь, бычки, плотва, судак), а также околоводных птиц [8, 14]. В Калининградской части Вислинского залива исследования биологии вида, в основном, касались его распространения, питания и аутоклиматизации [5, 10, 11, 13, 14], есть данные о его биологии в заливе за 2010 г. [3, 4]. Цель работы: изучение размерно-полового и весового состава, репродуктивных черт особей *R. harrisii*, собранных в Вислинском заливе (российской части) в 1999 г. Работа выполнена в рамках темы инициативной поисковой прикладной научно-исследовательской работы ФГБОУ ВО «КГТУ» «Эколого-фаунистическая характеристика гидробионтов из водоемов Калининградской области» (рег. № Код: 13.13.200.2) и по заказу ИО РАН им. П.П. Ширшова (г. Калининград).

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили 38 особей крабов *Rhithropanopeus harrisii* в составе 16 проб, собранных в августе-сентябре 1999 г. в прибрежной зоне (на глубине 0,5-1,0 м) российской части Вислинского (Калининградского) залива сотрудниками Атлантического отделения ФГБУН Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ЛМЭ) в рамках проекта «Балтика» (руководитель НИР по теме «Состав, основные особенности структуры и роль сообщества планктона и бентоса в функционировании эстуарной системы р. Преголя – Вислинская лагуна» – Е.Е. Ежова) и любезно переданные нам на обработку. Сбор проб в зарослях водных и прибрежно-водных растений проводился с помощью рамки №2 (с площадью захвата 1/16 м²), на открытых местах – с помощью дночерпателя Петерсена (с площадью захвата 1/40 м²). Рамку одевали и погружали в грунт на глубине 0,5 м в зарослях прибрежной водной растительности, растения затем скашивали, грунт выбирали и промывали в сачке из газа № 15 и фиксировали 4 % формалином. Грунт, собранный дночерпателем Петерсена, отмывали от ила и песка в сачке из газа № 15 (ячейка около 0,3 мм), после чего улов помещали в отдельный пластиковый пакет и фиксировали 4 % формалином [13]. Сроки, районы сбора, количество крабов в пробах указаны в таблице 1. На взвешивание использовано 34 из 38 особей ввиду недостачи у остальных крабов отдельных конечностей.

Таблица 1

Материал краба *Rhithropanopeus harrisii*, Калининградский залив, 1999 г.

№ пробы	Дата сбора	№ станции. район сбора проб	Кол-во в пробе, экз.
1.	14.08.99	103 (пос. Ушаково)	1
2.		104	1
3.	17.08.99	105	2
4.	19.08.99	6	1
5.		6 (смыв с рдестов)	2
6.	27.08.99	7/3	1
7.		8/2	1
8.	29.08.99	С/1	1
9.		Д/2	1
10.		К/3	1
11.		С/2	1
12.		Е/1	3
13.	11.09.99	117/1	4
14.		117/3	4
15.	18.09.99	118	13
16.	26.09.99	119/1	1

Для всех особей применена методика лабораторного биологического анализа крабов [15], в состав которой среди прочего входили: измерение с помощью окуляр-микрометра бинокулярного микроскопа с точностью 0,01 мм длины карапакса (ДК – от заднего края заглазничной выемки до середины заднего края карапакса по спинной стороне тела) и ширины карапакса (ШК – по наибольшей его ширине без учета шипов) [12], определение пола (по форме живота, строению плеоподов 1 и плеоподов 2), индивидуальной массы тела с точностью 0,001 г, стадии зрелости семенников (по четырехбалльной шкале: стадия I характеризует неразвитые семенники; стадия II – семенники в начале развития; стадия III – созревающие семенники; стадия IV – зрелые семенники), стадии зрелости яичников (по шестибалльной шкале: стадия I описывает яичники неполовозрелых особей; стадия II – гонады самок, готовых к созреванию; стадии III–IV – яичники созревающих особей; стадия V – зрелые гонады преднерестовых самок; стадия VI-II – яичники посленерестовых креветок).

Результаты и обсуждение

Соотношение полов. В пробах за август 1999 г. чаще встречались ювенильные особи (общая доля от всех собранных в это время особей – 44,7 %) (таблица 2); на шести станциях встречены единичные самцы и самки (31,6 и 23,7 %, соответственно). В сентябрьских пробах относительное количество ювенилов сократилось за счет увеличения доли самцов и самок (немногочисленные самцы чаще немного преобладали над самками) (таблица 2). В пробах за август 2010 г. из Калининградского залива тоже преобладали ювенильные особи (доля 50-90 %), доля самцов составляла 8-39 %, самок – 2-22 % [4].

Таблица 2

Половой состав, краб Харриса, Калининградский залив, 1999 г.

Дата	№ станции	Количество особей, экз.		
		ювенильные	самцы	самки
14.08.99 г.	103	–	–	1
	104	1	–	–
17.08.99 г.	105	1	1	–
19.08.99 г.	6	3	–	–
27.08.99 г.	7/3	–	–	1
	8/2	–	1	–
29.08.99 г.	С/1	–	1	–
	Д/2	–	–	1
	К/3	1	–	–
	С/2	1	–	–
	Е/1	3	–	–
11.09.99 г.	117	4	3	1
18.09.99 г.	118	3	6	4
26.09.99 г.	119/1	–	–	1

Преобладание ювенильных особей в пробах в августе-сентябре указывает на их сбор в посленерестовый период краба Харриса в Калининградском заливе, что наблюдали и другие исследователи в Вислинском заливе в летне-осенний период, при этом в весенние месяцы молодь не встречалась [14]. В пробах из Гданьского залива в 2006-2010 гг. доля самцов и самок составляла по 44 и 40 %, соответственно, доля ювенильных особей не превышала 16 % [19]. Вариации соотношения полов у вида в пробах могут быть связаны также и с трудностями при сборе материала, поскольку крабы разного пола и размерных групп используют различные укрытия в разное время суток, особенно самки, а среди них, обычно, яйценосные [7].

Размеры. Значения длины и ширины карапакса особей разных полов представлены в таблице 3. В целом, ШК крабов из проб августа составила 1,37-6,95 мм, ДК 1,28-5,50 мм. Эти крайние значения по обоим размерным признакам у особей из проб сентября выросли, особенно максимальный (ШК 2,8-17,8 мм, ДК 1,8-12,4 мм), за счет встречи более крупных самцов и самок (таблица 3), что может отражать прирост крабов.

Для более многочисленных в обеих пробах ювенилов мы проверили: средние размеры особей как по длине (tстат.=3,71, ткрит.=2,18, p=0.05), так и по ширине карапакса (tстат.=3,12, ткрит.=2,20, p=0.05) из проб сентября оказались достоверно больше таковых из проб августа – в обоих случаях примерно в 1,5 раза. Из-за малочисленности самцов и самок в пробах за август выполнить такой анализ не удалось.

Таблица 3

Размеры краба *R. harrisii*, Калининградский залив, 1999 г.

Время сбора проб	ювенилы				самцы				самки			
	ДК, мм		ШК, мм		ДК, мм		ШК, мм		ДК, мм		ШК, мм	
	d	m±sd	d	m±sd	d	m	d	md	d	m	d	m
август	1,28-2,45	1,76±0,40	1,37-3,4	2,31±0,53	3,10-5,25	4,12	4,50-6,75	5,27	2,75-5,50	3,82	3,48-6,95	4,89
сентябрь	1,8-3,5	2,68±0,68	2,8-4,15	3,38±0,50	2,50-6,20	3,76±1,01	4,40-7,20	5,12±1,03	3,75-12,4	7,18±3,14	4,90-17,80	9,03±4,49

d – диапазон; m±sd – среднее значение ± стандартное отклонение

Размеры ювенилов (ШК) из проб из Калининградского залива в августе 2010 г. были близки к таковым, полученным нами, максимальные размеры самцов были чуть больше, но, в 1999 г. встретилась одна гораздо более крупная самка (с ШК 17,8 мм) (таблица 4).

Максимальные значения ШК самок и самцов в Гданьском заливе и реке Одер были больше, чем в пробах из Калининградского залива. Однако в нативном ареале (Чесапикском заливе) максимальные значения размеров самок и самцов краба Харриса были меньше таковых у крабов Калининградского залива (таблица 4). Известно, что максимальные размеры (ширина карапакса) краба Харриса не превышает 26,1 мм (отмечены в Балтийском море) [14].

Таблица 4

Размеры краба *R. harrisii* из разных частей ареала

Водоём	Годы	ширина карапакса, мм						Источник
		ювенильные особи		самцы		самки		
		d	m±sd	d	m±sd	d	m±sd	
Чесапикский залив	1956	–	–	4,1-14,6	8,04±2,31	4,4-12,6	7,25±1,31	[20]
Река Одер, Польша	2007-2008	–	–	5,6-22,9	16,81±3,98	5,3-19,8	15,05±3,33	[18]
Гданьский залив	2006-2010	–	–	4,4-21,4	9,90±3,97	4,41-19,41	10,17±3,15	[19]
Калининградский залив	1999	1,37-4,15	2,69±0,73	4,4-7,2	5,22±1,06	3,48-17,8	7,65±4,21	наши данные
	2010	2,4-5,5	3,9±1,3	4,5-9,0	5,9±1,0	3,0-8,2	6,2±0,9	[4]

В августе 1999 г. среди ювенильных особей преобладали крабы с ШК 2-3 мм, а в сентябре их доля снизилась за счет увеличения доли особей с ШК 3-4 мм; сентябрь отличался от августа встречей большего количества мелкоразмерных самцов (ШК 4-5 мм), самцов, но, особенно, самок крупнее ШК 7 мм (рисунок 1). По сравнению с нашими данными за август, в августе 2010 г. среди ювенилов преобладали чуть более крупные особи (ШК 3-4 мм), самцы и самки имели близкие размеры (ШК 3-7 мм и 3-9 мм, соответственно), с некоторым преобладанием размерной группы 5-6 мм [4].

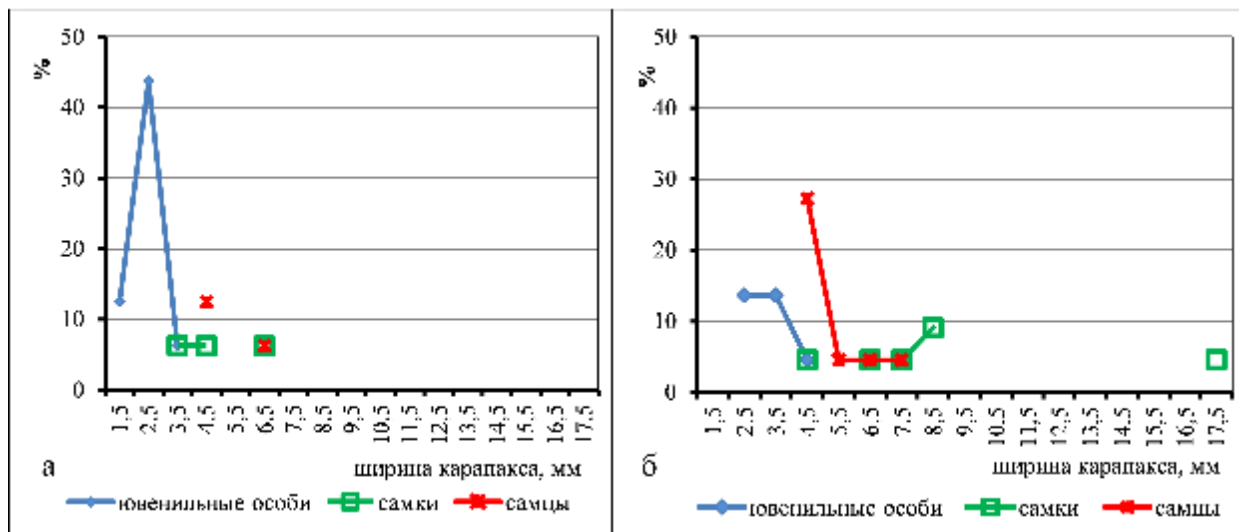


Рис. 1. Размерный состав краба Харриса, Калининградский залив, 1999 г.: а – август; б – сентябрь.

Масса тела. Индивидуальная масса тела 34 крабов Харриса из Калининградского залива в августе-сентябре 1999 г. представлена в таблице 5. В целом, у juveniles она составила 0,001-0,060 г при ШК 1,37-4,15 мм, у самцов – 0,010-0,090 г при ШК 4,40-7,20 мм, у самок – 0,017-0,320 г при ШК 3,48-17,80 мм (таблица 5), то есть самки достигали большей массы, чем самцы, что соответствовало их большему размеру. Максимальная величина массы тела как juveniles, так и самцов, в пробах августа и сентября были близки при достаточно сравнимой ширине карапакса (таблица 5).

Таблица 5

Масса тела краба *R. harrisii*, Калининградский залив, 1999 г.

Месяц	Кол-во особей, экз.	juveniles			самцы			самки		
		масса, г	ШК, мм	Н, экз.	масса, г	ШК, мм	Н, экз.	масса, г	ШК, мм	Н, экз.
август	15	0,001-0,060	1,37-3,40	9	0,030-0,080	4,50-6,75	3	0,017-0,082	3,48-6,95	3
сентябрь	19	0,001-0,050	2,80-4,15	5	0,010-0,090	4,40-7,20	8	0,050-0,320	4,90-17,80	6

Сравнение данных по массе тела крабов Харриса из Калининградского залива в 1999 г. и таковых за более поздний период пока невозможно, так как эти результаты еще не опубликованы.

У гораздо более крупных особей краба из эстуария реки Одер в 2007-2008 гг. масса тела была намного больше: у самцов – 0,15-3,93 г ($2,15 \pm 0,94$ г) при ШК 5,6-22,9 мм ($16,81 \pm 3,98$ мм), у самок – 0,13-2,56 г ($1,47 \pm 0,60$ г) при ШК 5,30-19,80 мм ($15,05 \pm 3,33$ мм) [18].

В целом для вида известно, что самцы способны достигать большей массы, чем самки, но и при больших размерах тела, что, кроме различия в размерах, объясняют более крупными клешнями самцов, вес которых может составлять до 64 % от веса их тела (у самок эти значения гораздо ниже – до 28 %) [21].

Сравнение массы тела крабов из Калининградского залива, отличающегося низкой соленостью (варьирует в зависимости от ветров от 1,5 до 6,5 ‰, в прибрежных областях соленость значительно ниже, чем в центральных [9]), эстуариев рек – с одной стороны, и из морских водоемов, например, Азово-Черноморского бассейна с водами со средней соленостью около 14-18 ‰ [1, 17] и сильно соленого Аральского моря [6] – с другой, показало, что у особей *R. harrisii* из соленых южных морей масса тела крабов при ДК до 20,2-22,0 мм достигала намного больших значений – до 4,26-5,92 г [2, 16].

Репродуктивное состояние крабов Харриса

Самки. В пробах за август 1999 г. все малочисленные некрупные самки были без кладки яиц и имели совсем неразвитые гонады (стадия зрелости I). В пробах за сентябрь из 6 самок без яиц на

плеоподах половина особей, средне- и крупноразмерных, была в начале созревания (стадия зрелости III), две некрупные особи впервые готовились к созреванию (стадия зрелости II), одна мелкая самка была неполовозрелой (стадия зрелости I) (таблица 6). Признаков нерестовой активности самок в августе-сентябре не отмечено.

Таблица 6

Репродуктивное состояние самок *R. harrisii*, Калининградский залив, 1999 г.

Месяц	Количество, экз.	Стадия зрелости яичников	ШК, мм
август	3	I	3,48-6,95
сентябрь	1	I	4,9
	2	II	7,0; 7,5
	3	III	8,5-17,8

В пробах за август 2010 г. из Калининградского залива все исследованные самки тоже были без яиц на плеоподах. Большинство из них также имели неразвитые яичники (в стадии зрелости I и II, а также 1 особь – в стадии VI-I (посленерстовая самка)), их размеры были близки к таковым у самок в таком же репродуктивном состоянии по нашим данным за 1999 г.: ШК 3,0-5,8 мм и 6,0-7,3 мм, соответственно. Остальные малочисленные самки, будучи в самом начале созревания (стадия зрелости III), имели ШК 5,8-8,2 мм [4], что близко к наименьшим размерам таких самок по нашим данным за 1999 г.

Более крупные размеры созревающих самок по сравнению с таковыми у особей неполовозрелых и половозрелых объясняются прохождением ими линьки половозрелости, которая у десятиногих раков запускает вителлогенез в яичниках, за время которой самки растут [15].

По преобладанию в пробах самок с неразвитыми яичниками, присутствию посленерестовой особи можно предположить август – временем окончания в Калининградском заливе массового летнего нереста самок краба Харриса.

Самцы. Среди 11 исследованных самцов в пробах за август-сентябрь 1999 г. (таблица 7) преобладали мелкие особи (ШК 4,4-4,75 мм) с очень слабо развитыми гонадами (стадия I), в сентябре встречен 1 мелкий самец с семенниками в начале развития и созревания (стадия II), 28 августа и 18 сентября (станции 8/2 и 118) отмечено 3 особи с ШК 6,5-7,2 мм, гонады которых были предзрелыми (стадия III), что указывало на возможность их участия в нересте в сентябре.

Таблица 7

Репродуктивное состояние самцов *R. harrisii*, Калининградский залив, 1999 г.

Месяц	Количество, экз.	Стадия зрелости семенников	ШК, мм
август	2	I	4,5; 4,55
	1	III	6,75
сентябрь	5	I	4,4-4,75
	1	II	5,2
	2	III	6,5; 7,2

В пробах краба из Калининградского залива за август 2010 г. преобладали самцы с семенниками в начале развития и созревания (стадия II; ШК 5,0-6,4 мм), доля самцов с очень слабо развитыми семенниками была небольшой (стадия I; ШК 4,5-5,8 мм), доля особей с предзрелыми и зрелыми гонадами (стадии III и IV; ШК 6,0-6,8 и 7,0-9,0 мм, соответственно) – малой. Эта картина репродуктивного состояния самцов хорошо согласовалась с таковыми нашими данными за август-сентябрь. Кроме того, она напоминала доминирующее репродуктивное состояние самок крабов в заливе в августе-сентябре 1999 г., и снова свидетельствовала об окончании в августе массового летнего нереста крабов Харриса.

Есть давние сведения (публикация 1967 г.) о продолжительности нереста краба в Вислинском заливе с июня по август, с большей интенсивностью – со второй половины июня по июль, включительно [14]. Это дополняет наши выводы, полученные как по результатам оценки репродуктивного состояния самок и самцов крабов, так и при анализе полового состава сборов (заключение

об августе-сентябре, как, в основном, о посленерестовом периоде крабов). Сроки нерестового сезона краба в заливе за период более 50 лет, похоже, мало изменились

По данным нашим и за 2010 г. [4] размеры неполовозрелых самок *R. harrisii* в заливе по ширине карапакса составляли около 3-7 мм, готовящихся к первому созреванию – начиная с 7 мм. Размеры неполовозрелых самцов – 4-6 мм, созревающих и зрелых – 6-9 мм. В целом, известно, что в местах вселения, самки *R. harrisii* размножаются при достижении ШК 8 мм [21], что согласуется с нашими данными для краба Харриса, вселившегося в Калининградский залив уже более 70 лет назад.

Выводы

Среди исследованных крабов *R. harrisii*, собранных в Калининградском заливе в августе-сентябре 1999 г., преобладали ювенильные особи (общая доля 44,7 %); доли самцов и самок составили 31,6 и 23,7 %. Это указывает на сбор проб в посленерестовый период краба, который, вероятно, массово происходил в Калининградском заливе в летние месяцы.

Размеры крабов (ширина карапакса) из проб августа-сентября 1999 г. составили: у ювенильных особей 1,37-4,15 мм, у самцов 4,4-7,2 мм, у самок 3,48-8,5 (только у одной самки – до 17,8 мм). Средние размеры ювенилов из проб сентября были больше таковых из проб августа примерно в 1,5 раза. Размерный состав разнополых особей краба из залива в 1999 г. оказался достаточно схожим с таковым, полученным для крабов залива ранее, в 2010 г. (за исключением этой единственной крупной самки). Максимальные размеры самцов и самок Калининградского залива меньше таковых у крабов из Гданьского залива и реки Одер.

Индивидуальная масса тела 34 крабов Харриса из Калининградского залива в августе-сентябре 1999 г. у ювенилов составила 0,001-0,060 г при ШК 1,37-4,15 мм, у самцов – 0,010-0,090 г при ШК 4,40-7,20 мм, у самок – 0,017-0,320 г при ШК 3,48-17,80 мм; самки достигали большей массы, чем самцы, что соответствовало их большей общей длине тела.

Оценка репродуктивного состояния самок краба в августе-сентябре 1999 г. показала отсутствие у них вынашиваемой кладки яиц, преимущественно неразвитые яичники – признаков нерестовой активности не отмечено. Их состояние и размеры были сравнимы с таковыми, описанными для самок вида из залива в августе 2010 г.

Оценка репродуктивного состояния самцов краба в августе-сентябре 1999 г. выявила доминирование в пробах особей с неразвитыми семенниками, лишь единичные самцы имели предзрелые гонады, что указывало на возможность их участия в нересте в сентябре. Картина репродуктивного состояния самцов, их размеров, хорошо согласовалась с таковыми данными для них за август 2010 г.

Самки *R. harrisii* готовятся к первому созреванию, достигая ширины карапакса около 7 мм, самцы созревают, достигая размеров около 9 мм. Это согласуется с данными, что в местах вселения, самки *R. harrisii* размножаются при достижении размеров 8 мм.

Август 1999 г. предположен временем окончания в Калининградском заливе массового летнего нереста, как самок, так и самцов краба Харриса, что совпадало с данными о сроках нерестового сезона вида в заливе более 50 лет назад.

Благодарности

Выражаю огромную благодарность сотрудникам Института океанологии им. П.П. Ширшова (г. Калининград) за собранный материал крабов Харриса, Ежовой Е.Е. за поддержку данного исследования и консультации по материалу, Бауэр М.Г. за техническую помощь в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азовское море и его охрана // Мариуполь и его окрестности: взгляд из XXI века – Мариуполь: Рената, 2008. 332 с.
2. Андреев, Н.И., Андреева, С.И. Краб *Rhithropanopeus harrisii* (Decapoda, Xanthidae) в Аральском море // Зоологический журнал. 1988. Т. 67, Вып. 1. С. 135–136.

3. Бауэр, М.Г., Судник С.А. Некоторые данные о размерах крабов Харриса (*Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841)) (Decapoda: Branchiura: Panopeidae) с прибрежных вод Калининградского залива в 2010 г. // V Всероссийская научная конференция молодых учёных “Комплексные исследования Мирового океана” (18-22 мая 2020 г.): материалы. Калининград: АО ИО РАН. 2020. С. 233–234.
4. Бауэр, М.Г. Биология краба *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) (Decapoda: Branchiura: Panopeidae) из вод Калининградского залива летом 2010 г. // Межвуз. науч.-техн. конф. студентов и курсантов на базе ФГОУ ВО «КГТУ» «Дни науки» (12-25 октября 2020 года, г. Калининград) : материалы. [Электронный ресурс]. Калининград: Из-во БГАРФ, 2021. С. 75–79.
5. Гусев, А.А., Ежова, Е.Е., Гусева, Д.О., Рудинская Л.В. Высшие раки (Malacostraca) водоемов Калининградской области // Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод: сборник лекций и докладов Международной школы конференции (Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, 5–9 ноября 2012 г.). Кострома: ООО Костромской печатный дом, 2012. С. 170–173.
6. Завьялов, П.О. [и др.] (Ред.). Большое Аральское море в начале XXI века: физика, биология, химия. М.: Наука, 2012. 228 с.
7. Залота, А.К. Чужеродные виды десятиногих ракообразных (Crustacea Decapoda) в морях России и сопредельных водах: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.10 / Залота, Анна Константиновна; ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Москва, 2017. 255 с.
8. Залота, А.К., Фенёва, И.Ю. *Rhithropanopeus harrisi* – краб Харриса / Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / Ред. Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А. М.: Т-во научных изданий КМК, 2018. С. 441–445.
9. Калининградский залив / Большой энциклопедический словарь Калининградской области: [Электронный ресурс]. URL: http://gako2006.narod.ru/bolshoy_slovar/kaliningradskiy_zaliv.htm (дата обращения: 10.10.2022).
10. Колесниченко, А.И., Буруковский, Р.Н., Марин, И.Н. Состав пищи краба-вселенца *Rhithropanopeus harrisi* (Panopeidae, Brachyura, Decapoda) в Вислинском заливе Балтийского моря // Поволжский экологический журнал. 2014. № 4. С. 508–515.
11. Мурина, В.В. Резниченко, О.Г. Об аутоаклиматизации краба *Rhithropanopeus harrisi tridentatus* (Maitland) в Вислинском заливе // Тр. Всес. гидробиол. общ. АН СССР. 1960. Т. 10. С. 255–264.
12. Низяев, С.А., Букин, С.Д., Букин, А.К. [и др.] Пособие по изучению промысловых дальневосточных морей России. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2006. 116 с.
13. Отчет об экспедиционных работах 1999 г. по теме «Состав, основные особенности структуры и роль сообщества планктона и бентоса в функционировании эстуарной системы р. Преголя – Вислинская лагуна». / АО ИОРАН – руководитель НИР Е.Е. Ежова. Калининград, 1999. Т.1 81 с.
14. Резниченко, О.Г. Трансокеаническая аутоаклиматизация ритропанопеуса (*Rhithropanopeus harrisi*: Crustacea, Brachyura) // Тр. Ин-та океанол. АН СССР. 1967. № 85. С. 136–177.
15. Судник, С.А., Поддубева, Е.А. Биология крабов *Lyphira perplexa* Galil, 2009 (Crustacea: Brachyura: Leucosiidae) Южно-Китайского моря // Научный журнал «Известия КГТУ». 2019. № 52. С. 43–59.
16. Чаузова, Д.В., Судник, С.А. Размерно-половая структура, весовой рост краба *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) (Decapoda: Brachyura: Panopeidae) из Таманского залива весной–летом 2014–2015 гг. // VI Междунар. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана» (Владивосток, 20–21 мая 2020 года) : материалы: в 2 ч. Электронные данные (22,6 Мб). Владивосток: Дальрыбвтуз, 2020. Ч. I. С. 198–202.
17. Черное море / Гидрохимия / Ежегодник / 2004 / Общая характеристика / Единая система информации об обстановке в Мировом океане: [Электронный ресурс] : динамическое электронное справочное пособие. http://esimo.oceanography.ru/esp2/index/index/esp_id/10/section_id/7/menu_id/4483#:~:text=%D0%A1%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D1%8F%D1%8F%20%D1%81%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D1%82%20%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%2018,22%2C5%20E2%80%B0%20%D1%83%20%D0%B4%D0%BD%D0%B0 (дата обращения: 7.10.2022).

18. Czerniejewski, P. Some aspects of population biology of the mud crab, *Rhithropanopeus harrisii* (Gould, 1841) in the Odra estuary, Poland / Oceanological and Hydrobiological Studies. 2009 Tom Vol. 38, №.4. P. 49–62.

19. Hegele-Drywa, J., Normant, M. Population structure, morphometry and individual condition of the non-native crab *Rhithropanopeus harrisii* (Gould, 1841), a recent colonizer of the Gulf of Gdańsk (southern Baltic Sea) // Oceanologia. 2014. Vol. 56. Issue 4. P. 805–824.

20. Payen, G.G., Bonami, J.R. Mise en evidence de particules d'allure virale associees aux noyaux des cellules mesodermiques de la zone germinative testiculaire du crabe *Rhithropanopeus harrisii* (Gould) (Brachyura, Xanthidae) // Revue des Travaux de l'Institut des Peches Maritimes. 1979. Vol. 43. P. 361–365.

21. Turoboyski, K. Biology and ecology of the crab *Rhithropanopeus harrisii* ssp. *tridentatus* // Marine Biology. 1973. Vol. 23. P. 303–313.

22. Zalota, A.K., Spiridonov, V.A., Kolyuchkina, G.A. In situ observations and census of invasive mud crab *Rhithropanopeus harrisii* (Crustacea: Decapoda: Panopeidae) applied in the Black Sea and the Sea of Azov // Arthropoda Selecta. 2016. Vol. 25. № 1. P. 39–62.

SOME DATA ON THE BIOLOGY OF THE CRAB *RHITHROPANOPEUS HARRISII* (GOULD, 1841) (DECAPODA: BRANCHIURA: PANOPEIDAE) FROM THE KALININGRAD BAY IN 1999

Sudnik Svetlana Alexandrovna, Phd, associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: svetlana.sudnik@klgtu.ru

The results of studying the size, sex and weight composition, reproductive traits of crab R. harrisii collected in the Vistula Lagoon (Russian part) in August-September 1999 were presented. Among the 38 studied individuals, juveniles dominated, which indicates the collection of samples in the post-spawning period; the proportions of males and females were 1.4–1.9 times less. The carapace width was 1.37–17.8 mm, the body weight of individuals was 0.001–0.32 g. An assessment of the reproductive state of males and females did not reveal signs of spawning activity. August was the end time of mass crab spawning in the Kaliningrad Bay. The size composition of R. harrisii specimens and the features of their reproduction were similar to those described for the Bay species in 2010.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСТРОНОСОГО ТРИГЛОПСА *TRIGLOPS PINGELII* (COTTIDAE) КАРСКОГО МОРЯ

¹Токранов Алексей Михайлович, д-р биол. наук, ст. научн. сотрудник

²Орлов Алексей Маркович, д-р биол. наук, доцент

³Емелин Павел Олегович, мл. научн. сотрудник

¹ Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: tok_50@mail.ru

² Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия, e-mail: orlov@vniro.ru

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
Москва, Россия, e-mail: emelin@vniro.ru

*По материалам, собранным в сентябре 2019 г., представлена биологическая характеристика (размерно-возрастная и размерно-половая структура, половой диморфизм, плодовитость, состав пищи) остроносого триглопса *Triglops pingelii* Карского моря. Установлено, что для этого мелкого и короткоциклового вида рогатковых рыб характерен половой диморфизм в размерах (самцы меньше самок) и величине плавников. Плодовитость самок варьирует от 100 до 316 икринок. Остроносый триглопс – нектобентоихтиофаг, основной пищей которому в Карском море служат донные и придонные ракообразные (главным образом, бокоплавы и мизиды), а также молодь рыб.*

Сокращение ледового покрова арктических морей и прилегающих вод северной части Тихого океана из-за глобального потепления создаёт в настоящее время условия для расширения рыболовства и изучения биологии различных видов рыб в этом приполярном регионе. Результаты выполненных здесь в последние годы траловых съёмов, наряду с оценкой запасов потенциальных объектов промысла, предоставили возможность получить новые данные по биологии целого ряда представителей ихтиофауны, не имеющих промыслового значения.

К их числу относится остроносый триглопс *Triglops pingelii* Reinhardt, 1837 – один из представителей рогатковых рыб рода *Triglops*. Для этого вида характерно циркумполярное распространение, в связи с чем, он встречается повсеместно в арктических водах (от Баренцева моря до моря Бофорта), а также прилегающих к ним северной части Атлантического (вдоль европейского побережья на запад до архипелагов Шпицберген, Земля Франца-Иосифа и Новая Земля, в юго-восточных районах Баренцева моря, у берегов Гренландии, Исландии, вдоль Северной Америки на юго-запад до м. Код) и Тихого (от Берингова пролива вдоль азиатского побережья на юг до берегов Японии и Северной Кореи, вдоль американского – до штата Вашингтон) океанов [1-23 и др.]. Хотя этот вид во многих районах своего обитания считается обычным или даже многочисленным [11, 17-19, 23], сведения о его биологии в арктических водах на сегодняшний день довольно ограничены и фрагментарны [4, 21, 24, 25]. В 2019 г. во время выполнения трансарктического рейса на НИС «Профессор Леванидов» в Карском море был собран материал, позволяющий охарактеризовать особенности биологии (размерно-возрастную и размерно-половую структуру, половой диморфизм, плодовитость и состав пищи) этого вида рогатковых в арктических водах.

Материал и методика

Поскольку в Карском море совместно с остроносом встречаются ещё два близких вида триглопсов – полярный *Triglops nybelini* и атлантический *T. murrayi* [4, 9, 17, 21], нами была уточнена видовая принадлежность 89 исследованных экземпляров. По комплексу пластических и меристических признаков все они оказались особями остроносого триглопса.

Материал для настоящего сообщения собран в Карском море в сентябре 2019 г. во время выполнения на НИС «Профессор Леванидов» траловой съёмки донным тралом ДТ-27,1/24,4 (горизонтальное раскрытие 14–16 м, вертикальное 4–6 м, ячея в кутце 10 мм). Продолжительность большинства тралений составляла 30 минут при средней скорости около 3,0 узлов. Выловленные особи остроносого триглопса были заморожены, доставлены во Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), а затем переданы в Камчатский филиал Тихоокеанского института географии (КФ ТИГ) ДВО РАН для последующей камеральной обработки в лабораторных условиях. Всего исследовано 89 экз. остроносого триглопса общей длиной (TL) от 46 до 126 мм, которые были подвергнуты полному биологическому анализу с определением возраста. Длину TL измеряли с точностью до 1 мм, массу тела на электронных весах - с точностью до 0,01 г. Возраст всех рыб определяли по отолитам, которые предварительно разламывали поперёк с помощью скальпеля в районе центральной ложбины, затем прокаливали на электроплитке и покрывали поверхность глицерином (при необходимости слегка подшлифовывали). На обработанном таким образом отолите годовые кольца видны достаточно хорошо. Для оценки плодовитости остроносого триглопса использованы яичники 23 его самок длиной 89-123 мм на IV стадии зрелости, каждый из которых взвешивали, брали навеску (около 20-25% от общей массы яичника), просчитывали в ней икру, а затем рассчитывали индивидуальную плодовитость. Обработку желудков вели в соответствии с «Методическим пособием...» [26]. Всего количественно-весовым методом исследовано содержимое 89 желудков остроносого триглопса длиной 46-126 мм. Статистическую обработку материалов производили согласно общепринятой методике [27].

Результаты и обсуждение

Как свидетельствуют результаты траловой съёмки, в сентябре 2019 г. остроносый триглопс встречался в уловах преимущественно в шельфовой зоне юго-западной части Карского моря на глубине менее 200 м при отрицательных и невысоких положительных придонных температурах от минус 1,5 до 2,5°C. Однако его максимальные концентрации (от 784 до 2092 экз. на кв. км) зарегистрированы в прибрежной зоне на изобатах менее 50 м при отрицательных значениях придонных температур от минус 1,5 до минус 1,0°C.

Согласно имеющейся в литературе информации, остроносый триглопс является сравнительно мелким, короткоцикловым видом сем. Cottidae, предельная длина которого в северо-западной части Тихого океана достигает 200 мм, а масса тела – 50 г [28, 29], хотя у Алеутских островов встречаются экземпляры длиной до 242 мм [12]. Продолжительность жизни этого триглопса по одним данным достигает 6 [28], по другим – 9 лет [21]. Однако, в Карском море его максимальные размеры меньше и не превышают 150 мм и 14 г [4, 21, 25]. По нашим данным, наибольшая зарегистрированная длина остроносого триглопса в Карском море во время выполнения траловой съёмки в сентябре 2019 г. составила 126 мм, масса тела – 15,6 г, а возраст – 4+ лет. В целом на обследованных участках Карского моря этот вид рогатковых был представлен особями длиной 46-126 (в среднем $82,5 \pm 2,1$) мм с массой тела 0,35-15,60 (в среднем $4,24 \pm 0,37$) г в возрасте от 1+ до 4+ (в среднем $1,8 \pm 0,1$) лет (рис. 1). Однако доминировали двух-трёхлетки (1+ и 2+) (80,9%) длиной 51-90 мм (64%) с массой тела менее 6 г (75,2%). Более половины исследованных особей (59,4% самцов и 50,9% самок) оказались неполовозрелыми.

Наряду с отмеченным ранее половым диморфизмом в таких экстерьерных признаках, как различная величина брюшных плавников и наличие у самцов анальной или урогенитальной папиллы [2, 4, 21, 28, 29], которая, по нашим данным, хорошо заметна уже при длине свыше 50 мм, для остроносого триглопса характерен также половой диморфизм в размерах половозрелых особей разного пола (самцы мельче самок) [21, 25, 28, 29], созревание первых в более раннем возрасте (что ведёт к существенному увеличению их доли в нерестовой части популяции) и большая продолжительность жизни самок по сравнению с самцами (в связи с чем, доля последних значительная среди относительно мелких особей уменьшается до нуля среди наиболее крупных).

По нашим данным, самцы остроносого триглопса в Карском море в сентябре 2019 г. были представлены в уловах особями длиной 50-118 (в среднем $74,4 \pm 3,2$) мм с массой тела 0,71-9,99 (в среднем $2,88 \pm 0,40$) г в возрасте от 1+ до 3+ (в среднем $1,5 \pm 0,1$) лет, самки – 46-126 (в среднем

87,1±2,6) мм и 0,35-15,60 (в среднем 5,0±0,5) г в возрасте от 1+ до 4+ (в среднем 1,9±0,1) лет соответственно (рис. 2). Аналогичная разница в максимальных размерах особей остроносого триглопса разного пола в Карском море отмечена ранее [4, 21, 25]. Однако, длина и масса одновозрастных самцов и самок остроносого триглопса довольно сходны, что, по-видимому, обусловлено незначительными различиями в темпе их роста и продолжительности жизни (табл. 1).

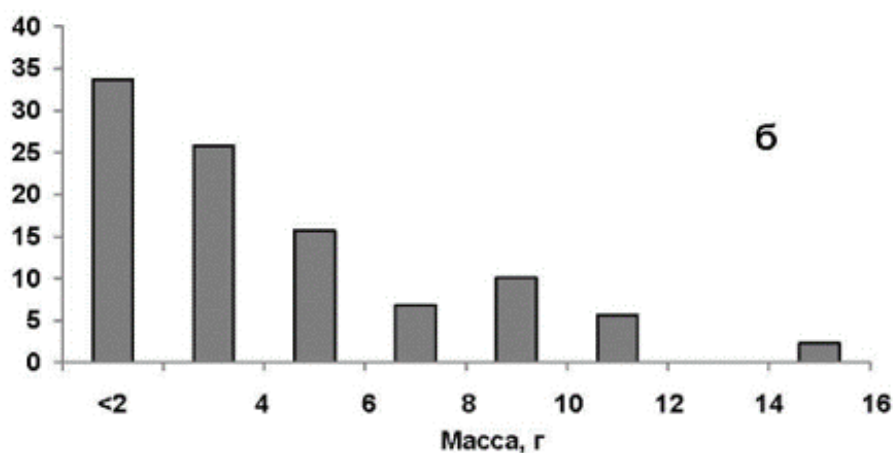
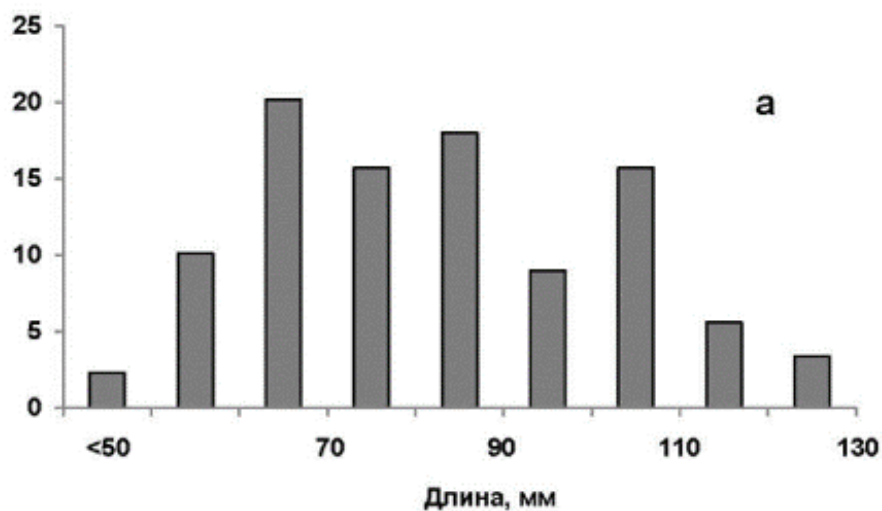
Таблица 1

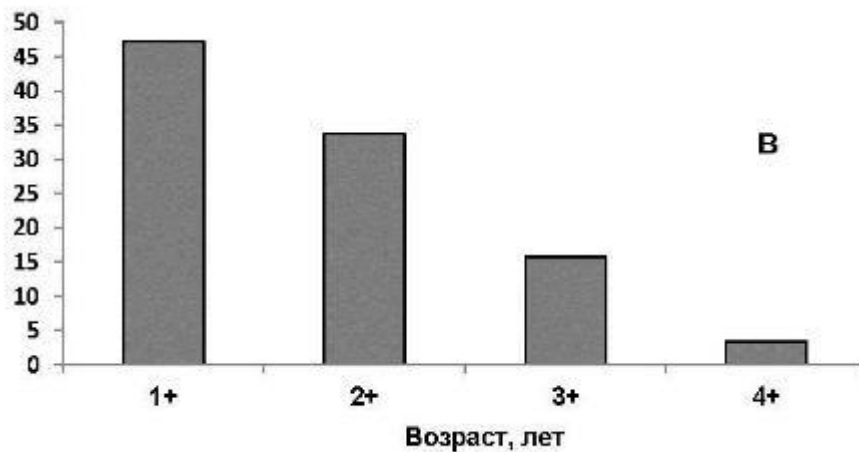
Средние размеры самцов и самок остроносого триглопса различных возрастных групп в Карском море (сентябрь 2019 г.)

Показатель	Возраст, годы			
	1+	2+	3+	4+
Самцы				
Средняя длина, мм	62,5±1,9	91,0±3,1	110,0±5,0	-
Средняя масса тела, г	1,48±0,13	4,90±0,31	8,50±1,00	-
Число рыб, экз.	20	10	2	-
Самки				
Средняя длина, мм	68,18±2,02	89,5±2,0	108,3±1,4	124,2±1,7
Средняя масса тела, г	1,73±0,15	4,85±0,40	9,42±0,34	13,67±1,33
Число рыб, экз.	22	20	12	3

Примечание. Здесь и в таблице 2 указано среднее значение каждого показателя ± его ошибка

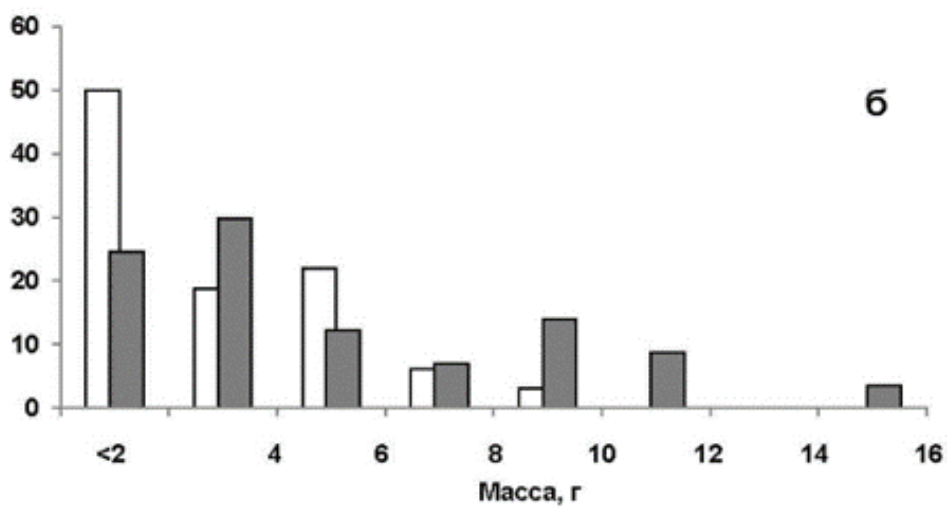
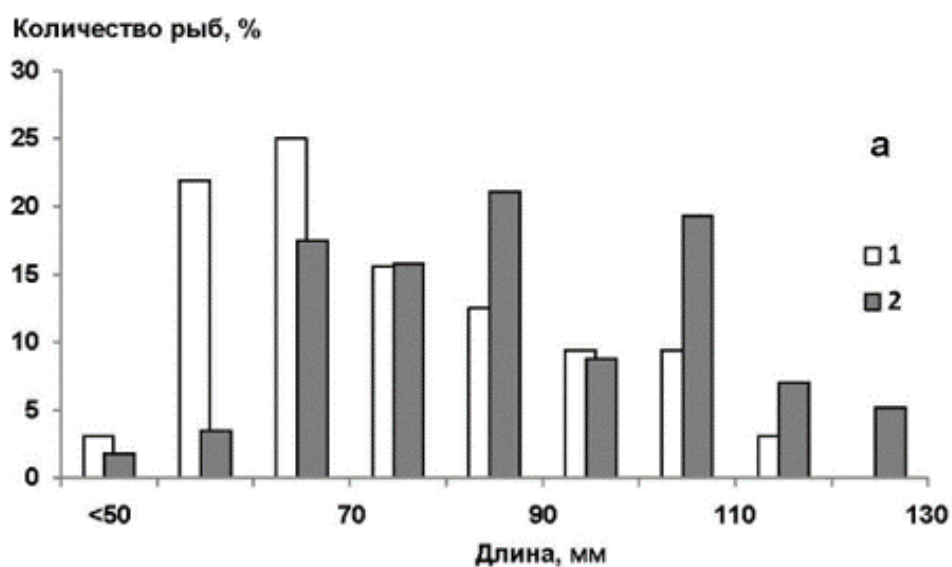
Количество рыб, %





Б

Рис. 1. Размерный (а), весовой (б) и возрастной (в) состав остроносового триглуса в траловых уловах в Карском море, сентябрь 2019 г.



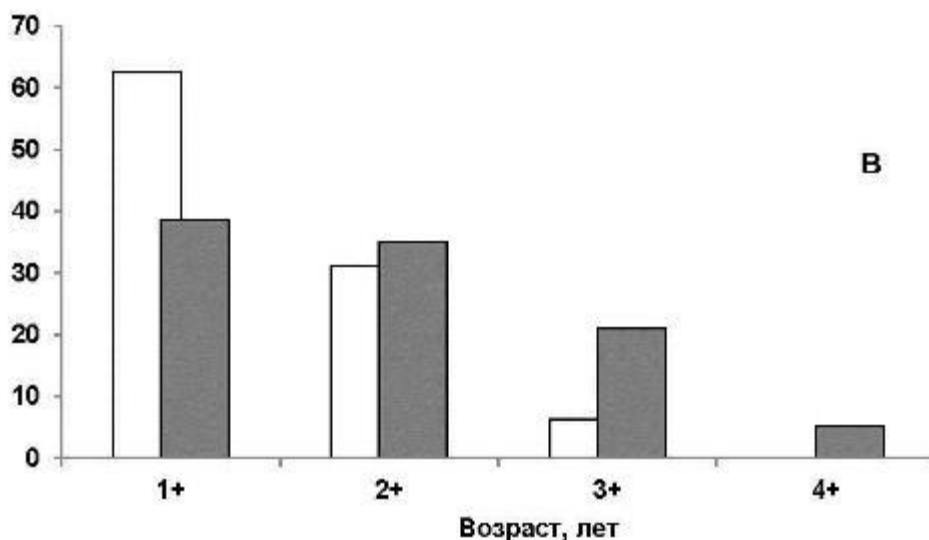


Рис. 2. Размерный (а), весовой (б) и возрастной (в) состав самцов (1) и самок (2) остроносового триглопса в траловых уловах в Карском море, сентябрь 2019 г.

Поэтому, если среди мелких экземпляров этого вида (до 50 мм) соотношение полов примерно равное, то в группе особей длиной 51-60 мм доминируют самцы, относительное количество которых возрастает до 77,8%. Однако, среди более крупных рыб длиной свыше 71 мм доля самок начинает резко увеличиваться, достигая 100% при длине 120 мм (рис. 3). В целом же, по нашим данным, в Карском море самки остроносового триглопса значительно преобладают (в 1,78 раза) над самцами, что, возможно, обусловлено низкой индивидуальной плодовитостью этого вида, которая, по имеющимся литературным сведениям, у самок в Карском море - всего 297, а у берегов Гренландии – до 400 икринок молочно-красного цвета диаметром около 3 мм [4, 21]. Согласно нашим данным, индивидуальная плодовитость самок остроносового триглопса длиной 89-123 мм в Карском море варьирует от 100 до 316, составляя в среднем 215 ± 15 икринок. Как и у многих других видов рыб, с увеличением размеров и возраста самок этого вида триглопсов количество продуцируемой ими икры возрастает, несмотря на существенные колебания индивидуальной плодовитости внутри каждой размерной, весовой и возрастной группы (табл. 2).

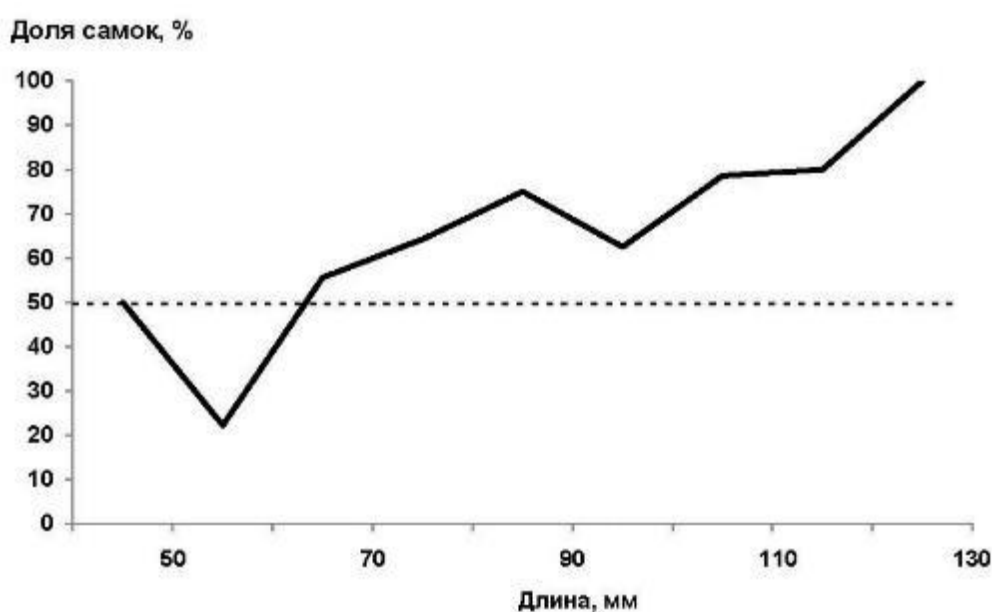


Рис. 3. Относительное количество самок (%) в размерных группах остроносового триглопса в Карском море

**Изменения индивидуальной плодовитости остроносого триглопса Карского моря
с увеличением длины, массы тела и возраста**

Показатель		Индивидуальная плодовитость, икринок		
		Средняя	Колебания	Число рыб, экз.
Длина, мм	81-90	148±1	147-150	2
	91-100	150±24	100-193	4
	101-110	225±19	145-316	11
	111-120	239±29	148-268	4
	121-130	250±75	162-307	2
Масса тела, г	4-6	125±16	100-186	5
	6-8	238±31	193-307	4
	8-10	225±23	145-316	8
	10-12	205±30	148-268	5
	>14	307	-	1
Возраст, лет	2+	186±30	100-316	9
	3+	217±19	145-268	12
	4+	250±75	162-307	2

Согласно имеющимся в литературе данным [4, 19, 21, 25, 30-33], по типу питания остроносого триглопса можно отнести к нектобентофагам, использующим в пищу донных и придонных ракообразных, преимущественно бокоплавов, мизид и мелких креветок. Результаты наших исследований свидетельствуют, что для этого триглопса в Карском море характерен сравнительно узкий пищевой спектр, включающий представителей всего 5 различных групп кормовых организмов (табл. 3). Однако основа биомассы (свыше 99%) остроносого триглопса формируется лишь за счет трёх групп пищевых объектов – бокоплавов Amphipoda, мизид Mysidacea и молоди рыб (преимущественно, сеголеток сайки *Boreogadus saida*). Хотя единичное потребление остроносим триглопсом собственной молоди, т.е. каннибализм, а также сайки и люмпенусов в Карском море отмечалось и ранее [21, 25], столь значительное использование им в пищу молоди других рыб (около 42% по массе) зарегистрировано здесь впервые. Одно из возможных объяснений этого – высокая концентрация в осенний период в придонном слое в местах нагула остроносого триглопса молоди рыб, соизмеримой по размерам с традиционно являющимися важным компонентом его питания мизидами.

Таблица 3

Состав пищи (% по массе) остроносого триглопса в Карском море в сентябре 2019 г.

Компонент	Длина, мм			В целом
	41-70	71-100	>100	
Isopoda	-	0,8	-	0,3 (1,1)*
Amphipoda	54,9	34,1	7,3	22,1 (49,4)
Mysidacea	28,9	19,6	48,0	35,4 (27,0)
Decapoda	4,5	-	-	0,4 (1,1)
Pisces, в том числе:	11,7	45,5	44,1	41,8 (18,0)
<i>Gymnocanthus tricuspis</i> , juv	-	7,8	22,2	14,6 (3,4)
<i>Triglops pingelii</i> , juv	-	-	7,0	3,6 (1,1)
<i>Boreogadus saida</i> , juv	11,7	37,7	14,9	23,6 (13,5)
Доля пустых желудков, %	34,5	7,9	18,2	19,1
Индекс наполнения желудков, ‰	156	177	147	163
Число рыб, экз.	29	38	22	89

Примечание. *В скобках указана частота встречаемости каждого пищевого компонента.

Как и в других частях ареала [30], с увеличением размеров остроносого триглопса потребление им различных групп кормовых организмов в Карском море существенно изменяется. Если главной пищей мелким особям (41-70 мм) служат бокоплавов и мизиды (соответственно 54,9 и 28,9% по массе), то основу рациона самых крупных экземпляров (свыше 100 мм) составляют мизиды (48,0%)

и молодь рыб (44,1%), тогда как значение бокоплавов сокращается до 7,3% по массе (табл. 3). Следует также отметить, что, наряду с изменением состава пищевых объектов, по мере роста остроносого триглопса, возрастает величина потребляемых им кормовых организмов. Так, если в желудках его более мелких особей (до 100 мм) встречаются ракообразные размером 2-17 мм, то у рыб длиной 101-120 мм – 3-28 мм.

Заключение

Результаты выполненных исследований позволяют сделать вывод, что остроносый триглопс - сравнительно мелкий, короткоцикловый вид сем. Cottidae, который в Карском море во время выполнения траловой съёмки в сентябре 2019 г. был представлен особями общей длиной 46-126 (в среднем $82,5 \pm 2,1$) мм с массой тела 0,35-15,60 (в среднем $4,24 \pm 0,37$) г в возрасте от 1 до 5 (в среднем $1,8 \pm 0,1$) лет. Однако доминировали двух-трёхлетки (1+ и 2+) (80,9%) длиной 51-90 мм (64%) с массой тела менее 6 г (75,2%).

Наряду с половым диморфизмом в экстерьерных признаках (различная величина брюшных плавников и наличие у самцов анальной папиллы, заметной уже при длине свыше 50 мм), у остроносого триглопса он также проявляется в разных размерах половозрелых самцов и самок, максимальные значения которых в сентябре 2019 г. в Карском море у первых составляют 118 мм и 9,99 г, а у вторых – 126 мм и 15,60 г. Если среди мелких экземпляров этого вида (до 50 мм) соотношение полов примерно равное, то в группе особей длиной 51-60 мм доминируют самцы, а все рыбы длиной свыше 120 мм являются самками. Почти двукратное преобладание последних в популяции остроносого триглопса в Карском море, очевидно, обеспечивает при малой индивидуальной плодовитости (по нашим данным, от 100 до 316, в среднем 215 ± 15 икринок) увеличение их популяционной плодовитости, а, следовательно, и выживание потомства в суровых арктических условиях.

Согласно нашим данным, для остроносого триглопса в Карском море характерен сравнительно узкий пищевой спектр, включающий представителей 5 различных групп кормовых организмов. Однако, поскольку основа его биомассы (около 99%) формируется лишь за счет трёх из них – бокоплавов, мизид и молоди рыб, по типу питания этого триглопса здесь можно отнести к нектобентоихтиофагам. С увеличением размеров остроносого триглопса потребление им различных групп кормовых организмов существенно изменяется, в связи с чем, если главной пищей его мелким особям (41-70 мм) служат бокоплавы и мизиды (в сумме 83,8% по массе), то основу рациона самых крупных экземпляров (свыше 100 мм) составляют мизиды (48,0%) и молодь рыб (44,1% по массе). Причём, наряду с изменением состава пищевых объектов, по мере роста остроносого триглопса, возрастают размеры потребляемых им кормовых организмов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность своим коллегам из ВНИРО, ПИНРО и ТИНРО за помощь в море при сборе материалов, использованных в данной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определитель рыб морей Баренцева, Белого и Карского / Н.М. Книпович // Труды Научно-исследовательского института по изучению Севера. - 1926. - Вып. 27. - С. 1-183.
2. Шмидт П.Ю. Рыбы Охотского моря. - М.: Изд-во АН СССР, 1950. - 370 с.
3. Есипов В.К. Рыбы Карского моря. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. - 147 с.
4. Андрияшев А.П. Рыбы северных морей СССР. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1954. - 566 с.
5. Федоров В.В. Список рыб Берингова моря // Известия ТИНРО. - 1973. - Т. 87. - С. 42-71.
6. Линдберг Г.У., Красюкова З.В. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. - Л.: Наука, 1987. - Ч. 5. - 526 с.
7. Atlas and zoogeography of common fishes in the Bering Sea and northeastern Pacific / M.J. Allen, G.B. Smith // U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS 66. - 1988. - 151 p.
8. Андрияшев А.П., Чернова Н.В. Аннотированный список рыбообразных и рыб морей Арктики и сопредельных вод // Вопросы ихтиологии. - 1994. - Т. 34. - № 4. - С. 435-456.

9. Pietsch T.W. Systematics and distribution of cottid fishes of the genus *Triglops* Reinhardt (Teleostei corpaeniformes). – Zoological Journal of the Linnean Society. – 1994. – Vol. 109. – № 4. – P. 335-393.
10. Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. - Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. - 217 с.
11. Борец Л.А. Аннотированный список рыб дальневосточных морей. - Владивосток: ТИНРО-Центр, 2000. - 192 с.
12. Mecklenburg C., Mecklenburg T., Thorsteinson L. Fishes of Alaska. - Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 2002. - XXXVII+1037 p. + 40 Pl.
13. Долгов А.В. Видовой состав ихтиофауны и структура ихтиоценов Баренцева моря // Известия ТИНРО. - 2004. - Т. 137. - С. 177-195.
14. Датский А.В., Андронов П.Ю. Ихтиоцен верхнего шельфа северо-западной части Берингова моря. - Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2007. - 261 с.
15. Черешнев И.А., Кириллов А.Ф. Рыбообразные и рыбы морских и пресных вод бассейнов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского // Вестник СВНЦ ДВО РАН. - 2007. - №. 2. - С. 95-100.
16. Patterns of distribution and catch dynamics of sculpins of the genus *Triglops* (Cottidae) in the Pacific waters off the northern Kuril Islands and southeastern Kamchatka / А.М. Tokranov, А.М. Orlov // Marine Biodiversity and Bioresources of the North-Eastern Asia: Book and Abstracts. - Jeju, Korea: Cheju National University, 2008. – P. 129-132.
17. Парин Н.В., Евсеенко С.А., Васильева Е.Д. Рыбы морей России: аннотированный каталог. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. - 733 с.
18. Тупоногов В.Н., Кодолов Л.С. Полевой определитель промысловых и массовых видов рыб дальневосточных морей России. - Владивосток: Русский Остров, 2014. - 336 с.: ил.
19. Тупоногов В.Н., Явнов С.В. Атлас рыб дальневосточных морей России (окуни, терпуги, бычки, лисички). - Владивосток: Русский Остров, 2015. - 264 с.: ил.
20. Аннотированный список рыбообразных и рыб бассейна Восточно-Сибирского моря / А.Ф. Кириллов, О.Д. Апсолихова, Ф.Н. Жирков и др. // Исследования водных биологических ресурсов водоемов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. - 2016. - Вып. 42. - С. 78-87.
21. Атлас-определитель рыб Карского моря / А.В. Долгов, А.П. Новоселов, Т.А. Прохорова и др. - Мурманск: ПИНРО, 2018. - 271 с.
22. Новые данные по ихтиофауне четырёх морей российской Арктики (Чукотского, Восточно-Сибирского, Лаптевых и Карского) / А.М. Орлов, М.О. Рыбаков, Е.В. Ведищева и др. // XXI международная научная конференция, посвященная 75-летию со дня рождения одного из организаторов современной гидробиологической науки на Камчатке, д.б.н. В.В. Ошуркова «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»: Сборник материалов. - Петропавловск-Камчатский, 2020. - С. 296-305.
23. Шейко Б.А., Федоров В.В. Класс Cephalaspidomorphi – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые рыбы. Класс Holocerphali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные рыбы // Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий. - Петропавловск-Камчатский: Камч. печатный двор, 2000. – Гл. 1. - С. 7-69.
24. Долгов А.В. Состав, формирование и трофическая структура ихтиоценов Баренцева моря: автореф. дис. ... докт. биол. наук. - Москва, 2012. - 48 с.
25. Некоторые аспекты биологии непромыслового вида ихтиофауны *Triglops pingelii* в Карском море / В.А. Богданова, О.В. Бондарев // XVIII Международная научная конференция студентов и аспирантов «Проблемы Арктического региона»: Тезисы докладов. – Мурманск, 2019. - С. 31-32.
26. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. - М.: Наука, 1974. - 254 с.
27. Лакин Г.Ф. Биометрия. - М.: Высшая школа, 1980. - 292 с.
28. Токранов А.М. Размерно-половая структура рогатковых рыб рода *Triglops* (Cottidae) в прибрежных водах Камчатки // Вопросы ихтиологии. - 1995. - Т. 35. - № 1. - С. 134-136.
29. О половом диморфизме у рогатковых рыб (Cottidae, Pisces) прикамчатских вод / А.М. Токранов // XXX международная конференция «Любищевские чтения - 2016. Современные проблемы эволюции и экологии»: Сборник материалов. - Ульяновск: УлГПУ, 2016. - С. 124-131.
30. Токранов А.М. Особенности питания рогатковых рыб рода *Triglops* Reinhardt (Cottidae) в прибрежных водах Камчатки // Бюллетень МОИП. Отделение биологии. - 1991. - Т. 96. - Вып. 5. - С. 46-52.

31. Токранов А.М. Трофические группировки рогатковых рыб (Cottidae) в прикамчатских водах // Принципы экологии (электронный журнал). - 2019. - № 3(33). - С. 101-110.

32. Трофические группировки донных и придонных рыб различных семейств отряда Scorpaeniformes в прикамчатских водах / А.М. Токранов // VIII Международный Балтийский морской форум: VIII Международная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов»: Сборник материалов: в 6 томах. - Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2020. – Т. 3. - С. 107-117.

33. Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения nekтона и nekтобентоса в дальневосточных морях. - Владивосток: ТИПРО-центр, 2006. - 484 с.

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF RIBBED SCULPIN *TRIGLOPS PINGELII* (COTTIDAE) OF THE KARA SEA

¹ Tokranov Alexey Mikhailovich, Doctor of Biological Sciences, Senior Scientist

² Orlov Alexey Markovich, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

³ Emelin Pavel Olegovich, junior researcher

¹ Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, e-mail: tok_50@mail.ru

² Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia, e-mail: orlov@vniro.ru

² A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia

³ Russian Research Institute of Fishery and Oceanography, Moscow, Russia,
e-mail: emelin@vniro.ru

*Based on the 2019 studies, the biological features (size-age and size-sex structures, sexual dimorphism, fecundity, diet composition) of ribbed sculpin *Triglops pingelii* (Cottidae) of the Kara Sea are presented. This small species of sculpins with short life cycle is characterized by sexual dimorphism in size (males are smaller than females) and relative size of fins. Its fecundity is varied from 100 to 316 eggs. Ribbed sculpin is nectobenthichthyophage, which diet in the Kara Sea consists mostly of Amphipoda, Mysidacea and juveniles of fishes.*

УДК 639.42.061

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ МИДИЕВЫХ ХОЗЯЙСТВ НА ВОСТОЧНОМ МУРМАНЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

¹ Тюкина Ольга Сергеевна, старший преподаватель кафедры биологии и водных биоресурсов

² Кравец Пётр Петрович, канд. биол. наук, доцент, заведующий кафедрой биологии и водных биоресурсов

³ Деркач Светлана Ростиславовна, д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры химии

⁴ Ковалева Татьяна Олеговна, старший преподаватель кафедры биологии и водных биоресурсов

^{1,2,3,4} ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»,
Мурманск, Россия, e-mail: ¹tyukinaos@mstu.edu.ru; ²kravetspp@mstu.edu.ru;

³derkachsr@mstu.edu.ru; ⁴kovalevato@mstu.edu.ru

Исследованы прибрежные поселения мидии в губе Териберская на восточном побережье Баренцева моря с целью выявления наиболее подходящего района для организации мидиевого хозяйства. Изучены показатели обилия и размерно-весовая и возрастная структуры поселения моллюсков. Определено содержание тяжёлых металлов и радионуклеидов в мягких тканях мидии для оценки возможности использования в пищевых целях.

Введение

Продовольственная безопасность является одной из важных проблем государства. Важнейшим направлением в решении данной задачи, помимо растениеводства и животноводства, является промысел и культивирование водных биологических ресурсов [1]. В настоящее время особое внимание необходимо уделять не только изъятию, но также культивированию и восполнению водных биоресурсов. Активно развивающейся отраслью аквакультуры в настоящее время является марикультура [2,3]. Это важно, в том числе и для Мурманской области, обладающей значительным количеством незамерзающих заливов, губ и бухт на Баренцевоморском и Беломорском побережьях [4,5] и высокой продуктивностью прибрежных экосистем [6].

Одним из основных объектов марикультуры являются моллюски [2,3]. Наиболее массовым представителем двустворчатых моллюсков сублиторали и литорали Баренцева моря является мидия (*Mytilus*) (рис. 1А) [7]. Мидия обладает высокими вкусовыми качествами мяса, является диетическим продуктом, богато белками, полиненасыщенными жирными кислотами (омега-3 и омега-6), витаминами (А, В1, В2, С, Е, РР) и минеральными элементами (кальций, магний, калий, натрий, фосфор, железо), белковые гидролизаты из мидий обладают ценными лечебно-профилактическими свойствами [8-14]. Створки мидий на 95-99% содержат карбонат кальция, благодаря чему могут использоваться как добавка в кормовой продукции [14,15].

На Мурманском побережье мидии обычно встречаются на литорали повсеместно. Однако они распределены крайне неравномерно и не образуют четко выраженного пояса. Поселения мидии занимают участки от 0,5 до 2,5 м над нулем глубин, с соленостью от 5 до 34 ‰, предпочитают каменистые и скальные грунты, но могут селиться и на песчаных участках дна при наличии небольших камней или гальки [7].

В условиях северных морей культивирование мидий осуществляется подвесным способом на искусственных субстратах, которые размещают в верхнем трёхметровом слое воды вблизи природных поселений мидий. Эксперименты Полярного филиала ФГБНУ "ВНИРО" ("ПИНРО" им. Н.М. Книповича) на Баренцевом море, проводившиеся на первой опытной мидиевой ферме в начале 1980-х годов, показали возможность выращивания на Мурмане мидии съедобной при длительности культивирования 3 года (до товарных размеров 50 мм), что характеризует мидии Баренцева моря как перспективный объект марикультуры [16].



Рис. 1. Мидии: А – внешний вид моллюска, Б – литоральное поселение мидии губы Лодейная, В - сублиторальное поселение губы Завалишина

В следствие увеличение интереса к данному гидробионту возникает необходимость в освоении перспективных районов для культивирования мидии в прибрежных водах Баренцева моря. С этой целью выбрали в качестве потенциального полигона губу Териберская. Важным критерием выбора полигона послужило то, что на побережье располагается одноимённого сельское поселение. Необходимо отметить наличие всех необходимых коммуникации: линия электропередачи, пресная

вода, подъездная дорога [17]. Для эффективного функционирования хозяйства потребуются работники, которых можно найти из местных жителей, что является экономически выгодным решением. Также для данного района характерно развитие туристической деятельности (строительство гостиничных комплексов, морская рыбалка, организация туристических походов). В связи с этим, данное поселение является одним из важных центров привлечения финансовых инвестиций.

Одним из ключевых условий выращивания мидий является наличие в районе организации аквахозяйства скоплений моллюсков, поскольку основными поставщиками личинок на коллекторы, являются репродуктивные части местных поселений мидий. Важным параметром состояния популяции является её ежегодное пополнение молодь. Данные о структуре (размерно-весовой и возрастной) поселений помогут оценить возможности использования разных способов культивирования.

Последние масштабные исследования по структуре и запасам мидии в прибрежной зоне Кольского полуострова проводились в 2000х годах [7,18]. В связи с этим представляет интерес изучение естественных поселений мидий в исследуемых районах.

Цель представленной работы – оценить возможность организации мидиевых хозяйств в губе Териберская с учетом состояния прибрежных поселений моллюсков.

Материалы и методы

Работы проводились в июне 2022 г. в районе губы Териберская Баренцева моря (рис. 2). Исследовалось три района губы с запада на восток: губа Лодейная, губа Корабельная и губа Завалишина. Для первого района характерны довольно широкий литоральный пляж шириной до 150 м, глубины до 70 м. Для второго района характерны небольшие глубины в центральной части 7-8 м. Для третьего района характерны более благоприятные глубины для мидиевого хозяйства в средней части (15 м). За последние несколько лет, в связи с активным развитием внутреннего туризма, в губе Териберская развился активный трафик движения моторных лодок и катеров. Наибольшая активность сложилась в губе Лодейная, т.к. на ее побережье находится два населённых пункта и основная туристическая инфраструктура.

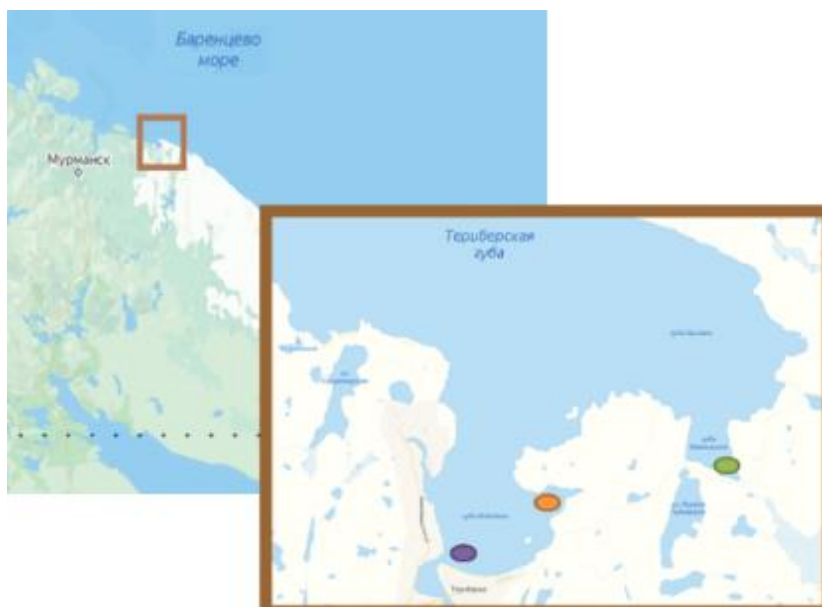


Рис. 2. Карта района исследования:

● - губа Лодейная, ● - губа Корабельная, ● - губа Завалишина
(https://yandex.ru/maps/10897/murmansk-oblast/geo/teriberskaya_guba/2523733986/?from=tab-bar&ll=35.168792%2C69.207632&source=serp_navig&z=11.58)

В исследуемых областях на литорали вдоль заливов закладывались пробные площадки. Пробы моллюсков собраны во время отлива (рис. 1Б), с использованием учетной рамки размером 10x10 см.

Поверхность каждого моллюска очищали от эпибионтов. При помощи штангенциркуля измерялась длина, высота и толщина раковины с точностью до 0,1 мм. С помощью весов определяли вес целого моллюска с точностью до сотых граммов. Далее с помощью скальпеля разрезали мускулы-замыкатели, после чего мягкие ткани животного отделяли от раковины и извлекали тело моллюска. Выделенное тело и створки раковины обсушивали фильтровальной бумагой и по отдельности взвешивали. По разности между массой целого моллюска и суммой массы мяса и створок раковины находили массу заключенной в раковине жидкости (полостная жидкость) [19]. Выявлена доля промысловых мидий (от 5 см).

Возраст мидий определяли путем подсчета колец зимней остановки роста на раковинах.

Также были проведены водолазные исследования поселения мидии в губе Завалишина методом вертикальных трансект, перпендикулярных берегу [19]. Трансекту закладывали на глубине от 5 м и с использованием рамки площадью 0,25 м² собирали мидии для их последующей камеральной обработки (рис. 1В).

В общей сложности для описания структуры поселений мидий отобрано 53 пробы и исследовано более 3500 моллюсков.

Были также отобраны пробы мидии на определение содержание тяжелых металлов (Кадмий, Мышьяк, Ртуть, Свинец) и радионуклидов (удельная активность стронция – 90, удельная активность цезия – 137) в мягких тканях 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».

Математическая обработка проводилась с использованием пакета MS Excel 2010. В тексте работы указываются значения доверительного интервала, в таблице 1 – стандартной ошибки. В расчетах популяционных и размерно-весовых характеристик не учитывались особи возрастной группы 0+ с длиной раковины от 9 мм и менее.

Результаты и обсуждение

Мидии встречались повсеместно в литоральной зоне исследованных районов губы Териберская на каменистых грунтах, исключая песчаные грунты нижней литорали губы Лодейная. На верхних горизонтах литорали губ Корабельная и Завалишина наблюдалось большое количество пустых створок моллюска. На нижнем и среднем горизонтах всех исследованных районов наблюдалось большое количество осевших сеголеток мидии.

Данные о таких важных популяционных характеристиках, как плотность и биомасса моллюсков, являются информативными показателями при описании пространственного распределения исследуемых организмов (рис.3). Плотность моллюска во всех трех губах оказалась примерно одинаковой: в губе Лодейная – $2,64 \pm 0,85^*$ тыс. экз./м² (* – доверительный интервал), в губе Корабельная – $2,63 \pm 0,54$ тыс. экз./м², губе Завалишина – $3,03 \pm 0,99$ тыс. экз./м². В зоне сублиторали губы Завалишина наблюдалось резкое уменьшение численности – $0,55 \pm 0,22$ тыс. экз./м², что может быть связано с преобладанием песчаных грунтов. В отличие от плотности показатель биомассы поселения мидии значительно разнился: в губе Лодейная – 3397 ± 2122 г/м², в губе Корабельная – 2761 ± 849 г/м², губе Завалишина – 739 ± 273 г/м², в зоне сублиторали губы Завалишина – 583 ± 233 г/м².

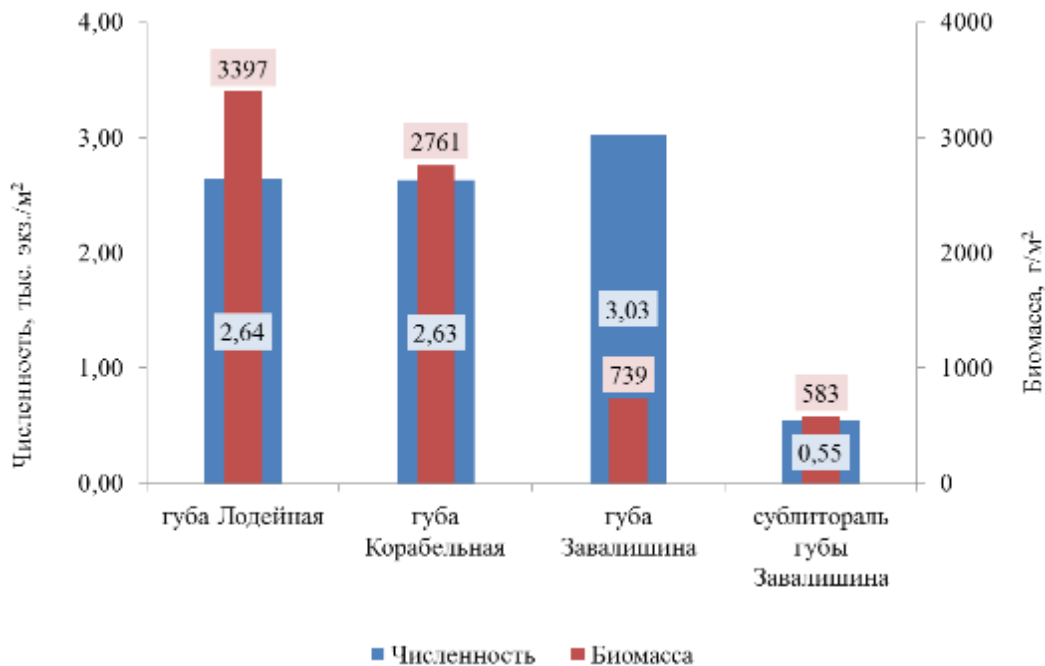


Рис. 3. Показатели обилия мидии в исследуемых районах

Данные о размерно-весовой структуре по губам представлены в таблице 1. По таблице можно проследить уменьшение рассматриваемых показателей с запада на восток по литорали губы Терiberская: от больших средних массы моллюска (2,1 г) и длины раковины (2,0 см) в губе Лодейная, до наименьших показателей (0,4 г и 1,2 см соответственно) в губе Завалишина. Однако, не смотря на значительное уступание по плотности поселения мидии на сублиторали поселению на литорали, наибольшие средние значения показателей размерно-весовой структуры отмечены для сублиторальных моллюсков (3,1 г и 3,0 см соответственно). К сожалению, моллюски промысловых размеров встречались единично в бухтах Корабельная и Лодейная, а также на сублиторали бухты Завалишина.

Таблица 1

Размерно-весовая структура моллюсков

Район исследования	Длина раковины моллюска, см	Масса мидии, г	Масса створок моллюска, г	Масса тела моллюска, г	Масса мантийной жидкости, г
губа Лодейная	2,0 ± 0,52	2,1 ± 0,11	0,9 ± 0,08	0,7 ± 0,05	0,5 ± 0,5
губа Корабельная	1,9 ± 0,34	1,3 ± 0,07	0,5 ± 0,03	0,4 ± 0,02	0,4 ± 0,05
губа Завалишина	1,2 ± 0,19	0,4 ± 0,01	0,2 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01
сублитораль губы Завалишина	3,0 ± 1,01	3,1 ± 0,32	2,1 ± 0,2	1,6 ± 0,17	0,8 ± 0,17

Примечание: «±» стандартная ошибка.

В пробах присутствовали особи возрастом от 0+ (осевших в весенний период 2022 года) до 6+. Доминировали мидии возрастом 0+, 1+ и 2+, что может быть связано с ежегодным интенсивным оседанием молоди, что является благоприятным фактором для оседания личинок на коллекторы аквахозяйства.

Так как мидии – это фильтрующие моллюски с характерным для них явлением накопления в тканях тяжелых металлов и радионуклеидов, в рамках исследования было определено содержание этих показателей в мягких тканях моллюсков (табл. 2). Все полученные значения показателей не превышали нормы и были незначительными. Данный фактор очень важен для выращивания мидии для пищевой продукции.

Содержание тяжелых металлов и радионуклидов в теле моллюска

№ п/п	Наименование показателя	Ед. измерения	Результат испытаний	Погрешность (неопределенность)	Норматив
Токсичные элементы					
1	Кадмий	мг/кг	0,037	0,007	не более 2
2	Мышьяк	мг/кг	0,86	0,13	не более 5
3	Ртуть	мг/кг	0,008	0,002	не более 0,2
4	Свинец	мг/кг	0,29	0,05	не более 10
Радионуклеиды					
1	удельная активность стронция – 90	Бк/кг	6,9	±6,6	100
2	Удельная активность цезия - 137	Бк/кг	менее 1	±3,1	130

Заключение

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии промысловых запасов мидии на литорали исследованных районов губы Териберская. Кроме того, изъятие моллюска в сублиторальной зоне сопровождается существенными финансовыми затратами и потому нерентабельно. Таким образом, культивирование мидии в прибрежной зоне актуально и является единственным способом получения необходимых объемов для удовлетворения возрастающего спроса на продукцию из данного гидробионта. Выше перечисленное, а также то, что выращивание мидии является наиболее простым и наименее затратным видом деятельности в области аквакультуры, создают достаточно высокий потенциал развития аквакультуры моллюсков на восточном побережье Мурмана.

Из исследованных трех районов губы наиболее подходящим для размещения мидиевого хозяйства является губа Завалишина, т.к. в отличие от остальных не испытывает активного трафика моторных лодок и катеров и характеризуется подходящими глубинами и водным обменом. Кроме того, имеется приток пресных вод с биогенами и отмечено интенсивное оседание молодежи. В конце июня 2022 года состоялся аукцион и на момент написания материала территория губы Завалишина взята в рыбноводное пользование для ведения деятельности в области аквакультуры [20].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-16-20046) и Министерства образования и науки Мурманской области (соглашение № 103).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О нас. Продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) [Электронный ресурс] // <https://www.fao.org/about/ru/> (дата обращения 01.09.2022)
2. Воробьев, В. В. Кластеры – основа устойчивого развития промышленной марикультуры в Российской Федерации. Часть 1. Тенденции в развитии мирового рыболовства и аквакультуры // Рыбное хозяйство. – 2021. – №6. – С. 31-39.
3. Воробьев, В. В. Кластеры – основа устойчивого развития промышленной марикультуры в Российской Федерации. Часть 2. Состояние и перспективы развития промышленной марикультуры // Рыбное хозяйство. – 2022. – №1. – С. 20-26.
4. Общая информация о Мурманской области [Электронный ресурс] // <https://gov-murman.ru/region/index.php> (дата обращения 01.09.2022)
5. Лоция Баренцева моря. В 2-х частях. – СПб.: ГУН и О, 2001, 1995. – 264 с., 464 с.
6. Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева и Белого морей и Северной Атлантики в 2019 г. / ПИНРО им. Н.М. Книповича; отв. ред. Е.А. Шамрай. – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2019. – 139 с.
7. Кравец, П. П. Популяционный анализ поселений мидий *Mytilus edulis* L. в экосистемах Баренцева моря: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук // Петрозаводский государственный университет. Петрозаводск. – 2011. – 25 с.

8. Битютская, О.Е., Систематизация способов комплексной переработки мидий // Известия Вузов. Пищевая технология. – 2019. – № 5-6. – С.9-15.
9. Патент 2576870 «Способ производства консервов «Салат овощной с мидиями», опубликовано: 10.03.2016, Бюл. № 7.
10. Патент 2548109 «Способ получения основы для поликомпонентного пищевого продукта из мидий», опубликовано: 10.04.2015 Бюл. № 10.
11. Патент 2743019 «Способ получения масляной композиции, обогащенной полиненасыщенными жирными кислотами и каротиноидами из мидий *Calloprovincialis*, опубликовано 12.02.2021 Бюл. № 5.
12. Табакаева, О. В., Табакаев, А. В. Микронутриентный состав пищевых частей промышленного двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* // Вопросы питания. – 2016. – № 1. – С. 92-98.
13. Hyunga Jun-Но, 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.
14. 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.
15. Safamehr, A. Safamehr, A., Langille, M. L., Anderson, D. M., MacIsaac, J. L., Evaluation of composition and in vitro solubility rate of by-products of the Atlantic shellfish industry as alternative calcium sources // Journal of Applied Poultry Research. – 2013. – Vol. 22. – № 3. – P. 529-538.
16. Федоров, А. Ф. Продукционные возможности мидии (*Mytilus edulis* L.) в марикультуре Мурмана. Апатиты, КФАН СССР, 1987. – 104 с.
17. Золотницкий, А.П., Сытник, Н.А., Крючков, В.Г. Биоэкологическое обоснование и разработка проекта создания морской фермы по культивированию мидий в северо-восточной части Черного моря // ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ И ЭКОЛОГИЯ ВОДОЕМОВ: материалы VI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. – Калининград: КГТУ. – 2018, с. 9-19.
18. Песов, А. Э. Промысловые двустворчатые моллюски (*Bivalvia*) верхней сублиторали Баренцевоморского побережья Кольского полуострова: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук // ВНИРО. Москва. – 2008. – 25 с.
19. Блинова, Е. И., Вилкова, О. Ю., Милютин, Д. М. и др. 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. – М.: ВНИРО, 2005. – 139 с.
20. Торги по приватизации, аренде и продаже имущества [Электронный ресурс] // <https://i.rts-tender.ru/main/auction/Trade/Privatization/View.aspx?Id=88523&Guid=5c72848e-6ec1-4d40-b60e-fc258bfd0283> (дата обращения 01.09.2022)

BIOECOLOGICAL ASPECTS OF THE ORGANIZATION OF MUSSEL FARMS IN THE EASTERN MURMAN OF THE BARENTS SEA

¹Tyukina Olga Sergeevna, senior lecturer

²Kravets Petr Petrovich, Ph.D., Associate Professor, Head of department

³Derkach Svetlana Rostislavovna, Doctor of Sciences, Professor, professor of the department

⁴Kovaleva Tatyana Olegovna, senior lecturer

^{1,2,3,4}Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia, e-mail: ¹tyukinaos@mstu.edu.ru;

²kravetspp@mstu.edu.ru; ³derkachsr@mstu.edu.ru; ⁴kovalevato@mstu.edu.ru

The coastal settlements of mussels in the Teriberskaya Bay were studied in order to identify the most suitable area for organizing a mussel farm. Abundance indicators and size-weight and age structure of mollusk settlements were studied. The content of heavy metals and radionuclides in the soft tissues of the mussel was determined to assess the possibility of using it for food purposes.

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОБИОТИКОВ В АКВАКУЛЬТУРЕ

Хамад Хаидер Аббас, аспирант

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
Астрахань, Россия, e-mail: hayderagr@yahoo.com

Пробиотики считаются многообещающей безопасной и органической пищевой добавкой в аквакультуре. В настоящее время применение пробиотиков становится обязательным условием введения в комбикорма для различных видов рыбной и нерыбной аквакультурной продукции. Появляющиеся новые пробиотические вещества, применяемые для выращивания сельскохозяйственных животных, требуют исследований по нормам ввода с поиском положительного эффекта на рост и развитие объектов аквакультуры и правильного понимания направленного воздействия на живой организм. Поэтому компиляция результатов исследований и рекомендаций применения в кормопроизводстве пробиотических препаратов необходима как для аквакультурных предприятий, так и для систематизации знаний по этому направлению. Авторами приведены собственные исследования по введению в рецептуры комбикормов для теплолюбивых аквакультурных видов пробиотического препарата ОЛИН в концентрации 0,5 г/кг комбикорма.

Введение

Пробиотические препараты широко используются в качестве пищевых добавок в аквакультуре, обладая характеристиками высокой безопасности, улучшения роста, стимуляции усвоения питательных веществ, повышения иммунитета, регулирования баланса кишечной микробиоты и улучшения биотических условий аквакультуры [1, с. 36-52; 2, с. 413-427]. Пробиотики считаются многообещающей безопасной и экологически чистой альтернативой антибиотикам [3]. *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus* и *Saccharomyces* были классифицированы как основные пробиотики [4; 5]. Пробиотики действуют на кишечник хозяина, улучшая рост и пищеварение за счет самосекретирующих пищеварительных ферментов или стимулируя выработку пищеварительных ферментов [6, с. 413-427; 7, с. 15-35]; способны ингибировать адгезию и рост патогенов, поддерживать структуру кишечной микробиоты и барьер слизистой оболочки, а также модулировать иммунный ответ и уровни антиоксидантов для повышения устойчивости хозяина к болезням [8, с. 796-808; 9, с. 819-841]. Кроме того, синергизм пробиотиков с несколькими штаммами (MSP) (смешанных пробиотиков) является более благоприятным вариантом для организма [10]. В связи с растущим интересом к пробиотикам в аквакультуре Мориарти [11, с. 351-358] предложил расширить их определение до «живых микробных добавок, которые приносят пользу здоровью гидробионтов и, следовательно, повышают продуктивность». Более общая и распространенная концепция пробиотиков – это «один или несколько микроорганизмов, оказывающих благоприятное воздействие на хозяина, способных сохраняться в пищеварительном тракте благодаря своей устойчивости к кислотам и солям желчных кислот» [12, с. 633-642]. Хотя использование пробиотиков в аквакультуре началось относительно недавно, интерес к ним возрос из-за их потенциала в борьбе с болезнями [13; 14]; однако постепенно были предложены инструкции (обобщенные в таблице 1). На эффективность пробиотиков, добавляемых в корм в виде гранул, влияют высокие температуры и давление, испытываемое субстанцией корма в ходе процесса гранулирования, экстремальное состояние, не подходящее для кондиционных параметров пробиотиков, создает проблему функциональности (дозировки) для корма с добавлением пробиотиков [15; 16 23,26, с. 783-793]. В настоящее время пробиотики защищаются с помощью таких предварительных мер, как покрытие и микроинкапсулирование для снижения потерь в процессе гранулирования, или ручное распыление пробиотиков после обработки гранулированного корма для повышения их жизнеспособности [17; 5; 18]. Хотя перечисленные способы эффективны для улучшения выживаемости пробиотиков, они влекут за собой дополнительные промышленные

технологические этапы и затраты. Технология пост-распыления, при которой термочувствительные добавки, такие как энзимы, витамины и т. д., распыляются на поверхность гранул перед расфасовкой и упаковкой корма, эффективно предотвращает потери во время обработки и сохраняет активность добавок [19, с. 217-237; 20].

Различные области применения пробиотиков в аквакультуре

В отличие от наземных животных микробиота желудочно-кишечного тракта водных видов особенно зависима от внешней среды из-за потока воды, проходящей через пищеварительный тракт. Таким образом, большинство бактерий находятся в кишечнике транзиторно, благодаря постоянному поступлению воды и пищи вместе с присутствующими в них микроорганизмами. Хотя в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) водных животных были зарегистрированы потенциально патогенные бактерии, такие как сальмонелла, листерия и кишечная палочка, также были идентифицированы пробиотические бактерии и другие микроорганизмы. К ним относятся грамположительные бактерии, такие как *Bacillus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus* и несколько видов *Lactobacillus*; грамотрицательные, факультативно-анаэробные, такие как *Vibrio* и *Pseudomonas*, а также некоторые грибы, дрожжи и водоросли родов *Debaryomyces*, *Saccharomyces* и *Tetraselmis* соответственно [21, с. 633-642; 22, с. 404-427, 23, с. 425-435]. Более общая и распространенная концепция пробиотиков – это «один или несколько микроорганизмов, оказывающих благоприятное воздействие на хозяина, способных сохраняться в пищеварительном тракте благодаря своей устойчивости к кислотам и солям желчных кислот» [23, с. 633-642].

Применение пробиотиков в аквакультуре были уточнены Мориарти [11, с. 351-358]. Он предложил расширить их определение до «живых микробных добавок, которые приносят пользу здоровью гидробионтов и, следовательно, повышают продуктивность». Хотя использование пробиотиков в аквакультуре началось относительно недавно [18], на данный момент существуют обобщенные рекомендации по их применению в отношении отдельных объектов аквакультуры с учетом этиологии заболевания и различного применения (таблица 1).

Таблица 1

Рекомендации применения пробиотиков в аквакультуре [22]

Применение	Идентификация пробиотика	Применяется к водным видам
Прирост	<i>Bacillus</i> sp. S11	<i>Penaeus monodon</i> /Тигровая креветка
	<i>Bacillus</i> sp.	Catfish/Сом
	<i>Carnobacterium divergens</i>	<i>Gadus morhua</i> /Атлантическая треска
	<i>Alteromonas</i> CA2	<i>Crassostrea gigas</i> /Устрицы
	<i>Lactobacillus helveticus</i>	<i>Scophthalmus maximus</i> /Тюрбо
	<i>Lactobacillus lactis</i> AR21	<i>Brachionus plicatilis</i> /Коловратки
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	<i>Scophthalmus maximus</i> /Тюрбо
	<i>Streptomyces</i>	<i>Xiphophorus helleri</i> /Зелёный меченосец
	<i>L. casei</i>	<i>Poeciliopsis gracilis</i> /Пецилиопсис
	<i>Bacillus</i> NL 110, <i>Vibrio</i> NE 17	<i>Macrobrachium rosenbergii</i> /Пресноводная креветка
<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Cyprinus carpio, koi</i> /Сазан, карп кои	
Ингибирование патогенов	<i>Bacillus</i> sp	<i>Penaeids</i> /Пинеидные креветки
	<i>Enterococcus faecium</i> SF 68	<i>Anguilla Anguilla</i> /Речной угорь
	<i>L. rhamnosus</i> ATCC53103	<i>Oncorhynchus mykiss</i> /Радужная форель
	<i>Micrococcus luteus</i> A1-6	<i>Oncorhynchus mykiss</i> /Радужная форель
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i> /Радужная форель
	<i>P. fluorescens</i> AH2	<i>Oncorhynchus mykiss</i> /Радужная форель
	<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Oncorhynchus mykiss</i> /Радужная форель
	<i>Roseobacter</i> sp. BS. 107	Scallop larvae/Гребешки
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>S. exiguous</i> , <i>Phaffia rhodozyma</i>	<i>Litopenaeus vannamei</i> /Белоногая креветка
	<i>Vibrio alginolyticus</i>	Salmonids/Лососёвые
	<i>V. fluvialis</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i> /Радужная форель

Применение	Идентификация пробиотика	Применяется к водным видам
	<i>Tetraselmis suecica</i>	<i>Salmo salar</i> / Атлантический лосось
	<i>Carnobacterium</i> sp. Hg4-03	<i>Hepialus gonggaensis</i> larvae/Личинки насекомых
	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Clarias gariepinus</i> /Африканский клариевый сом
	<i>Bacillus</i> spp., <i>Enterococcus</i> sp	<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> /Красная пятнистая креветка
	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Epinephelus coioides</i> / Оранжево-пятнистый морской окунь
Усвояемость питательных веществ комбикорма	<i>L. helveticus</i>	<i>Scophthalmus maximus</i> / Тюрбо
	<i>Bacillus</i> NL 110, <i>Vibrio</i> NE 17	<i>Macrobrachium rosenbergii</i> /Пресноводная креветка
	<i>Carnobacterium</i> sp. Hg4-03	<i>Hepialus gonggaensis</i> larvae/Личинки насекомых
	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Clarias gariepinus</i> / Африканский клариевый сом
	<i>Shewanella putrefaciens</i> Pdp11	<i>Solea senegalensis</i> /Камбала сенегальская
Качество воды	<i>Bacillus</i> sp. 48	<i>Penaeus monodon</i>
	<i>Bacillus</i> NL 110, <i>Vibrio</i> sp. NE 17	<i>Macrobrachium rosenbergii</i> / Пресноводная креветка
	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Clarias gariepinus</i> / Африканский клариевый сом
	<i>B. coagulans</i> SC8168	<i>Penaeus vannamei</i> /Белоногая креветка
	<i>Bacillus</i> sp., <i>Saccharomyces</i> sp	<i>Penaeus monodon</i> /Тигровая креветка
Стрессоустойчивость	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i> /Обыкновенный лаврак
	<i>Alteromonas</i> sp.	<i>Sparus auratus</i> / Дарада
	<i>B. subtilis</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>S. cerevisiae</i>	<i>Paralichthys olivaceus</i> / Ложный палтус
	<i>L. casei</i>	<i>Pocillopsis gracilis</i> / Пецилиописис
	<i>Pediococcus acidilactici</i>	<i>Litopenaeus stylirostris</i> /Голубая креветка
	<i>Shewanella putrefaciens</i> Pdp11	Макимаки/ Большая корифена
Улучшение репродукции	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Pocilia reticulata</i> , <i>Xiphophorus maculatus</i> /Гуппи, Меченосцы
	<i>L. rhamnosus</i>	<i>Danio rerio</i> / Данио-рерио
	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>Enterococcus faecium</i> , <i>Bifidobacterium thermophilum</i>	<i>Xiphophorus helleri</i> / Зелёный меченосец

В контексте применения пробиотиков необходимо отметить, что на рынке с высокой периодичностью появляются предложения новых видов этой продукции, что диктует исследователям направления исследований в области их применения в аквакультуре.

Так, по результатам исследований Есавкина и др. [24] включение в рацион форели трёхкомпонентного пробиотика Энзимспорин в концентрации 0,5 г/кг корма улучшает рыбоводно-биологические показатели, усиливает обменные процессы, тем самым положительно влияет на рыбоводный процесс в целом.

В результате добавления двухкомпонентного пробиотика ОЛИН [25, с. 134-143] в корм в концентрации 0,5 г/кг корма для производителей линей и австралийских раков улучшаются репродуктивные качества особей, повышаются адаптационные возможности при переходе на новые условия содержания и, как следствие, повышается устойчивость к стрессу.

Опыт, проведенный в условиях товарного прудового хозяйства ООО «Славянин» (Ростовская область), установил профилактическое совместное действие пробиотических кормовых добавок «Моноспорин» и «СТФ1/56» на биологические особенности карпа. При выращивании карпа на продукционном комбикорме ВБС-РЖ-85 при аналогичных абиотических факторах под воздействием изучаемых добавок направленного действия уровень гемоглобина превышал контроль на 20,42%, концентрация гематокрита также была достоверно выше, чем в контроле, на 0,74%.

Пробиотик производства Республики Ирак - Iraqi Probiotic [26] (*Lactobacillus*, *Lactobacillus*, *acidophilus*, *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae*) при включении в рацион молоди сазана *Cyprinus carpio* массой около 30 г концентрация (0, 2, 4 и 6 %) имел положительный эффект на прирост

массы, относительный и удельный темпы роста при содержании 2 ‰, в то время особи, культивируемые на рационах содержащих 4 и 6 ‰, не показали сопоставимого увеличения, а значения соответствующих показателей приближались к контрольному рациону (0 ‰). Было также установлено снижение коэффициента конверсии корма в 1,25 раз. Биохимический состав тела испытуемых объектов существенно не отличался, однако установили незначительное увеличение содержания белка в организме при добавлении 2 ‰ пробиотика.

Включение четырехкомпонентного пробиотика Iraqi Probiotic 0,5 г/кг (*Lactobacillus*, *Lactobacillus*, *acidophilus*, *Bacillus subtilis*, *Sacchromycescerevisias*) и двухкомпонентного пробиотика Pro Baghdad в дозировке 0,1 г/кг (*Bacillus subtilis*, *Sacchromycescerevisias*) способствовало эффективному воздействию на рыбоводно-биологические показатели мальков карпа [27; 28]. Такие же положительные результаты были получены Аль Даббажом (2016) при добавлении пробиотика в продукционные комбикорма молоди красной тилапии [29].

Материал и методы.

Экспериментальные работы по изучению эффективности комбикормов с введением пробиотического препарата ОЛИН *Bacillus subtilis* (ВКПМ 10172), *Bacillus licheniformis* (ВКПМ 10135) проводили на базе Инновационного центра «Биоаквапарк – НТЦ аквакультуры» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Объектом исследований являлись тепловодные объекты аквакультуры (карпы, лини, австралийские раки), которые размещались в рыбоводных емкостях объемом по 300 литров, оснащенных фильтрами и регулятором температуры. Измерение физиолого-биохимических показателей крови и лимфы проводили по общепринятой методике. Эффективность введения пробиотического препарата оценивали по значениям рыбоводно-биологических показателей. Контрольные взвешивания и промеры проводили раз в две недели. Для обработки данных использовалось программное обеспечение Microsoft Excel (2016) и STATISTICA (13.2).

Экспериментальная часть

В ходе предварительной экспериментальной работы была установлена оптимальная доза введения пробиотического препарата в комбикорм - 0,5 г/кг.

При выращивании карповых рыб и ракообразных наблюдалось улучшение рыбоводно-биологических и физиологических показателей, лидирующее положение по темпу роста, выживаемости зафиксировали у экспериментальных групп с добавлением пробиотика ОЛИН в соотношении 0,5 г/кг корма, что представлено в нижеприведенной таблице 2.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что значимые отличия были зафиксированы для опытных групп карповых и ракообразных выращенных на комбикорме с добавлением пробиотика, более того корм характеризовался высокой конверсией, что обеспечивало лучшее его усвоение.

Таблица 2

Результаты введения пробиотика ОЛИН в аквакультурные комбикорма при выращивании теплолюбивых видов

	карп		лечь		австралийский рак	
Рыбоводно-биологические показатели						
Показатель	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Среднесуточный прирост, г/сут	0,18	0,23	0,09	0,5	0,17	0,2
Упитанность, Q	1,29	1,36	0,09	1,47	0,9	1,3
КК	1,1	0,8	2,3	0,9	1,3	0,8
Выживаемость, %	85	100	65	100	70	100
Физиолого-биологические показатели						
Гемоглобин, г/л	43,6±5,5	58,9±12,2*	75,3±18,6	75,00±1,3	-	-
Общий белок, г/л	24,2±15,7	35,3±7,6*	27,5±1,9	35,9±2,6*	34,4±4,5	38,7±4,0*
Общие липиды, г/л	2,72±1,5	2,72 ±1,02	2,72±0,01	2,72±0,01	-	-

Примечание: * - различия достоверны при: $p < 0,05$

Качество предлагаемого комбикорма, так же подтверждает высокий показатель общего сывороточного белка, который является индикатором условий содержания. Так, увеличение содержания белка в крови свидетельствует о высоких показателях комбикорма с точки зрения питательности.

Заключение

Рыбоводно-биологических и физиолого-биохимические показатели объектов аквакультуры на экспериментальных кормах показали лидирующее положение комбикорма рецептуры с добавлением пробиотического препарата ОЛИН в количестве 0,5 мг на 1 кг корма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. El-Saadony, M.T., Alagawany, M., Patra, A.K., Kar, I., Tiwari, R., Dawood, M.A.O., Dhama, K., Abdel-Latif, H.M.R., 2021. The functionality of probiotics in aquaculture: an overview. *Fish Shellfish Immun.* 117, 36–52.
2. Mondal, S., Mondal, D., Mondal, T., Malik, J., 2022. Application of probiotic bacteria for the management of fish health in aquaculture. In: Dar, G.H., Bhat, R.A., Qadri, H., Al-Ghamdy, K.M., Hakeem, K.R. (Eds.), *Bacterial Fish Diseases*. Academic Press, pp. 351–378.
3. Assefa, A., Abunna, F., 2018. Maintenance of fish health in aquaculture: review of epidemiological approaches for prevention and control of infectious disease of fish. *Vet. Med. Int.* 2018, 5432497
4. Anokyewaa, M.A., Amoah, K., Li, Y., Lu, Y.S., Kuebutornye, F.K.A., Asiedu, B., Seidu, I., 2021. Prevalence of virulence genes and antibiotic susceptibility of *Bacillus* used in commercial aquaculture probiotics in China. *Aquac. Rep.* 21.
5. Wang, A.R., Ran, C., Wang, Y.B., Zhang, Z., Ding, Q.W., Yang, Y.L., Olsen, R.E., Ringo, E., Bindelle, J., Zhou, Z.G., 2019a. Use of probiotics in aquaculture of China—a review of the past decade. *Fish. Shellfish Immun.* 86, 734–755.
6. Nunes, C.S., 2018. Probiotics and enzymes in the gastrointestinal tract. In: Nunes, C.S., Kumar, V. (Eds.), *Enzymes in Human and Animal Nutrition*. Academic Press, pp. 413–427.
7. Olmos Soto, J., 2017. *Bacillus* probiotic enzymes: external auxiliary apparatus to avoid digestive deficiencies, water pollution, diseases, and economic problems in marine cultivated animals. *Adv. Food Nutr. Res.* 80, 15–35.
8. Amoah, K., Huang, Q.C., Tan, B.P., Zhang, S., Chi, S.Y., Yang, Q.H., Liu, H.Y., Dong, X.H., 2019. Dietary supplementation of probiotic *Bacillus coagulans* ATCC 7050, improves the growth performance, intestinal morphology, microflora, immune response, and disease confrontation of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish Shellfish Immun.* 87, 796–808.
9. Kuebutornye, F.K.A., Abarike, E.D., Lu, Y.S., Hlordzi, V., Sakyi, M.E., Afriyie, G., Wang, Z.W., Li, Y., Xie, C.X., 2020. Mechanisms and the role of probiotic *Bacillus* in mitigating fish pathogens in aquaculture. *Fish Physiol. Biochem* 46, 819–841.
10. Kwoji, I.D., Aiyegoro, O.A., Okpeku, M., Adeleke, M.A., 2021. Multi-strain probiotics: synergy among isolates enhances biological activities. *Biology* 10.
11. D. J. W. Moriarty, “Control of luminous *Vibrio* species in penaeid aquaculture ponds,” *Aquaculture*, vol. 164, no. 1–4, pp. 351–358, 1998.
12. A. Irianto and B. Austin, “Probiotics in aquaculture,” *Journal of Fish Diseases*, vol. 25, no. 11, pp. 633–642, 2002.
13. Y. B. Wang, J. R. Li, and J. Lin, “Probiotics in aquaculture: challenges and outlook,” *Aquaculture*, vol. 281, no. 1–4, pp. 1–4, 2008.
14. Fernandes, P., 2010. Enzymes in food processing: a condensed overview on strategies for better biocatalysts. *Enzyme Res.* 2010, 862537
15. Kechagia, M., Basoulis, D., Konstantopoulou, S., Dimitriadi, D., Gyftopoulou, K., Skarmoutsou, N., Fakiri, E.M., 2013. Health benefits of probiotics: a review. *ISRN Nutr.* 2013, 481651
16. Kumar, P., Libchaber, A., 2013. Pressure and temperature dependence of growth and morphology of *Escherichia coli*: experiments and stochastic model. *Biophys. J.* 105, 783–793.
17. Apiwattanasiri, P., Charoen, R., Rittisak, S., Phattayakorn, K., Jantrasee, S., Savedboworn, W., 2022. Co-encapsulation efficiency of silk sericin-alginate-prebiotics and the effectiveness of silk sericin coating layer on the survival of probiotic *Lactobacillus casei*. *Food Biosci.* 46.

18. Yin, M., Yuan, Y., Chen, M., Liu, F., Nazmus Saqib, M., Chiou, B.-S., Zhong, F., 2022. The dual effect of shellac on survival of spray-dried *Lactobacillus rhamnosus* GG microcapsules. *Food Chem.*, 132999
19. Encarnaç~ao, P., 2016. Functional feed additives in aquaculture feeds. In: Nates, S.F. (Ed.), *Aquafeed Formulation*. Academic Press, San Diego, pp. 217–237.
20. Fernandes, P., 2010. Enzymes in food processing: a condensed overview on strategies for better biocatalysts. *Enzyme Res.* 2010, 862537
21. N. G. Vine, W. D. Leukes, and H. Kaiser, “Probiotics in marine larviculture,” *FEMS Microbiology Reviews*, vol. 30, no. 3, pp. 404–427, 2006.
22. G. Burr, D. Gatlin, and S. Ricke, “Microbial ecology of the gastrointestinal tract of fish and the potential application of prebiotics and probiotics in Finnish aquaculture,” *Journal of the World Aquaculture Society*, vol. 36, no. 4, pp. 425–435, 2005
23. Есавкин Ю.И., Жигин А.В., Максименкова А.А. Влияние кормовой добавки «Энзимспо-рин» на физиолого-биохимические показатели радужной форели в садках на тёплых водах // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. - 2020.- № 4.- С. 36-40
24. Лагуткина, Л.Ю. Гематологические и биохимические показатели гемолимфы австралийского красноклешневого рака / Л.Ю. Лагуткина, Е.М. Евграфова, Е.Г. Кузьмина, А.М. Мазлов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2021.–№ 2. – С. 134-143.
25. Adel Y. Al-Dubakel¹; Qusay H. Al-Hamadany² and Amir A. Mohamed, *Basra Research Journal (Scientific)* Issue 41. Part 3. B (2015) (На Арабском языке)
26. H. M. Hamed and S. A. Al- Shawee. 2013. A Study of Effect of various types of Probiotic the Growth characters of Fingerlings fish common carp (*Cyprinus Carpio* L.), *Anbar Journal of Veterinary Sciences*, Volume (6), Issue (1): 128-137 (На Арабском языке).
27. Абдурахман, Насрин Мохиеддин (2008). Производство биоусилителя для рыбы и его роль в росте молоди обыкновенного карпа *Cyprinus carpio* L. Докторская диссертация, Университет Сулеймании, факультет сельского хозяйства. Ирак. (На Арабском языке).
28. Аль Даббаж М.М. Исследование влияния пробиотического препарата *Bacillus amyloliquefaciens* на рост и развитие молоди красной тилапии / М.М. Аль Даббаж, А.А. Видищев // Тезисы докладов 66-й Международной студенческой научно-технической конференции (66-ой МСНТК) (г. Астрахань, 18-22 апреля 2016 г.). – режим доступа: <http://site.astu.org/Pages/Show/839>.

TO THE QUESTION OF THE EFFECTIVE USE OF PROBIOTICS IN AQUACULTURE

Hamad Haider Abbas, PhD student

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, e-mail: hayderagr@yahoo.com

Probiotics are considered a promising safe and environmentally friendly food additives in aquaculture. Currently, the use of probiotics is becoming a prerequisite for the use in feed for various types of fish and shellfish aquaculture products. Emerging novelties used for growing farm animals require research on input standards with the search for a positive effect on aquaculture facilities and a correct understanding of the directed impact on a living organism. Therefore, the compilation of research results and recommendations for the use of probiotic preparations in feed production is necessary both for aquaculture enterprises and for systematizing knowledge in this area. The authors of this article present their own studies on the introduction of the probiotic preparation OLIN at a concentration of 0.5 g/kg of compound feed into the formulations of thermophilic-aquaculture species.

СОСТОЯНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИИ *ARTHROSPIRA PLATENSIS* ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ В СОСТОЯНИИ АНАБИОЗА

¹Харчук Ирина Алексеевна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник

²Рылькова Ольга Александровна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник

^{1,2}Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия, e-mail: seaferm@yandex.ru

*Проведены исследования *Arthrospira (Spirulina) platensis (Nordstedt) Gomont* сохраняемой в состоянии ангидроброза (17 лет). Представлены данные о жизнеспособности клеток в обезвоженном состоянии длительное время. Изучен их биохимический состав. Установлено, что количество белков и суммарных углеводов в клетках цианобактерий соответствует полученным нами ранее при закладке этих же образцов на хранение. Содержание свободных нуклеотидов, липидов и пигментов было низким. Количество ДНК и РНК увеличилось в 1,5 и 6,9 раз соответственно.*

Введение

Цианобактерии сохраняют в альгологических и биотехнологических коллекциях с использованием широкого спектра методических подходов. Одним из способов является перевод организмов в состояние анабиоза, которое реализуется путём обезвоживания клеточной биомассы. Хранение культур в подобном состоянии обеспечивает долгосрочное сохранение клеток с поддержанием их высокой жизнеспособности, предупреждает мутационные изменения, т.е. поддерживает организмы в максимально близком к естественному состоянию [1, 2]. Известно, что при переводе в состояние ангидроброза свободная вода из клеток удаляется, остаётся только связанная вода, которая переходит в форму геля и таким образом защищает клеточные структуры. Данный процесс сопровождается физиолог-биохимическими перестройками в клетках. При низкой остаточной влажности происходит деструкция клеточных элементов, что приводит к гибели клеток, при высокой влажности могут начать развиваться гнилостные процессы [3]. Экспериментальным путём показано, что для сохранения жизнеспособности *A. platensis*, остаточная влажность должна составлять 7-11% [4].

Однако, остается невыясненным вопрос о максимальной длительности хранения цианобактерий в обезвоженном состоянии, в течение которой способность к восстановлению и делению клеток будет сохраняться. Целью данной работы стало исследование жизнеспособности и биохимического состава клеток *A. platensis* при длительном хранении в состоянии анабиоза

Материал и методы исследования

Объектом исследования служила культура *Arthrospira (Spirulina) platensis* (Nordstedt) Gomont 1892 (штамм IBBS-31) из коллекции отдела биотехнологии и фиторесурсов ФИЦ ИнБЮМ РАН. Цианопрокариоты выращивались в режиме накопительного культивирования при постоянном круглосуточном освещении и автоматическом перемешивании с использованием насоса для удаления избытка кислорода из среды и равномерного прогрева всего слоя питательного раствора культуры. Барботировали атмосферным воздухом с общей скоростью подачи $1.42 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$, что составляло $0.35 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{л}^{-1}$ культуры. Интенсивность света на поверхности раствора культуры составляла 10.7 кЛк, для измерения использовали прибор квантометр Li-250A ("Li-Cor", USA). Температура среды изменялась в диапазоне 20–25°C. В качестве питательной среды использовали среду Заррука [4]. Культивировали *A. platensis* в культиваторах плоскопараллельного типа стаканы объёмом 1 дм^3 , объём среды составлял 1 дм^3 при толщине слоя –2 см.

На стационарной стадии роста трихомы *A. platensis* концентрировали путем их фильтрации через мельничный газ 100–105 ПЭ. Сконцентрированную культуру *A. platensis* промывали дистиллированной водой в соотношении 1:3 для полного отмывания от солей и сохранения клеточных мембран и оболочек, сохранность клеток контролировали микроскопированием. Затем полученную пасту водорослей разделяли на несколько частей и высушивали до воздушно-сухого состояния в термостате в температурном диапазоне 30–70°C в течение 24 ч при остаточной влажности 8.5–9.5%. Обезвоженные клетки цианобактерий хранили в герметично закрытых полиэтиленовых упаковках, в темноте при температуре 15–20°C.

Для биохимического исследования *A. platensis* использовали высушенную биомассу *A. platensis*, которая ранее была исследована в нативном состоянии, после обезвоживания и через один год хранения [2]. Работы с этим же образцом *A. platensis* были продолжены через 4 и 17 лет хранения. Пробы обрабатывали по схеме комплексного химического анализа гидробионтов [8]. Содержание пигментов определяли спектрофотометрическими методами на приборе СФ–2000 (“ЛОМО”, Россия). Хлорофилл *a* (Хл *a*) из сухих клеток *A. platensis* экстрагировали 90% ацетоном; оптическую плотность полученных супернатантов регистрировали при 664 и 647 нм. Каротиноиды (КР) оценивали в суммарной вытяжке пигментов *A. platensis* по поглощению в области 480 нм [9]. Массовую долю белка в цианобактериях определяли по методике Лоури [10]. Количество свободных нуклеотидов (СН), РНК и ДНК определяли спектрофотометрическим методом [11]. Общее содержание липидов находили спектрофотометрическим методом с фосфованилиновым реактивом. Определение углеводов проводили с помощью L-триптофанового реактива [12]. С-фикоцианин экстрагировали дистиллированной водой, его содержание рассчитали по формуле, приведенной в работе [13]. Показатели биохимического состава выражали в процентах в пересчете на сухую массу (СМ). Остаточную влажность определяли стандартным методом доведения до постоянной массы.

Выявление живых и мертвых клеток цианобактерий осуществляли с помощью светового микроскопа Carl Zeiss (“Axiostar plus”, Германия) при увеличении от ×200 до ×630 методом дифференциального окрашивания клеток метиленовым синим [14]. Одновременно учитывали общее количество реактивируемых клеток и определяли долю клеток, сохранивших жизнеспособность (под жизнеспособностью подразумевали способность *A. platensis* эндогенно поглощать краситель). Результаты интерпретировали по методике Мейсель [15], адаптированной авторами для цианобактерий.

Статистический анализ проводился с использованием программы Microsoft Excel® 2010. Были определены среднее арифметическое (\bar{x}), стандартное отклонение (S), доверительный интервал (Δx). Для статистической оценки использовали t-критерий Стьюдента. Результаты в рисунках и тексте представлены как $\bar{x} \pm \Delta x$.

Основная часть

К реактивированным образцам цианобактерий *A. platensis* была адаптирована и применена классификация клеток по жизнеспособности предложенная Мейсель (1961). Ранее было обнаружено, что в пробах *A. platensis* после 1 года хранения в обезвоженном состоянии, доминировали неповрежденные или слегка поврежденные клетки способные к делению (I группа), составляя 76.6%. На необратимо поврежденные клетки, продолжающие осуществлять нарушенный обмен веществ, быстро восстанавливающие свои нативные размеры и переходившие к репарации поврежденных клеточных структур (III группа) приходилось 16%, такое восстановление было длительным (до 30 сут), однако к делению клетки не переходили и постепенно разрушались. На долю мертвых клеток (IV группа) приходилось 7.4% [1] (табл. 1). Через 4-года хранения произошло значительное перераспределение вкладов клеток различных групп: содержание I группы снизилось в 1.6 раза; появились клетки II группы сильно поврежденные, медленно восстанавливающие функции, но способные к делению; увеличился вклад клеток III группы в 1.5 раза и IV группы в 2 раза [1] (табл. 1). Через 5 лет хранения клетки I и II группы дифференцировать было трудно, но и их количество по сравнению с суммой клеток I и II группы за 4-й год хранения снизилось на 31%, при этом увеличилось количество клеток III и IV группы на 49,6% и 41% соответственно.

Содержание клеток различных групп в культуре *A. platensis* на различных сроках хранения в состоянии ангидробиоза:

№	Виды клеток по жизнеспособности	Доля реактивированных клеток, %				
		Время хранения, год				
		1	4	5	6	17
I	Полноценные, неповреждённые, слегка повреждённые, быстро восстанавливающие свои функции	76,6	48,6			
II	Сильно повреждённые, медленно восстанавливающиеся	-	11,4	41,5	40,3	-
III	Необратимо повреждённые, продолжающие осуществлять нарушенный обмен веществ	16	24,6	36,8	35,8	65,8
IV	Мёртвые	7,4	15,4	21,7	23,9	34,2

Через 6 лет хранения долевого соотношения клеток изменилось не значительно по сравнению с 5-ю годами пребывания в высушенном состоянии. Количество клеток I и II группы снизилось на 2,9%, III группы – на 2,7%, а IV группы увеличилось на 10%. Через 17 лет хранения *A. platensis* в обезвоженном состоянии преобладали необратимо поврежденные и мертвые клетки: 65.8% и 34.2%, соответственно (табл. 1).

С помощью биохимических исследований ранее установлено, что в нативной пробе *A. platensis* перед ее обезвоживанием и закладкой на хранение содержание основных биохимических показателей составляло: 58%; 14.8%; 17.3%, соответственно для белков, липидов и суммарных углеводов. Количество пигментов составляло 1.8% и 0.6% (для хлорофилла *a* и каротиноидов), свободных нуклеотидов – 4.7%, ДНК – 0.13% и РНК – 2.5%. Сразу после обезвоживания *A. platensis* количество белка, суммарных углеводов, пигментный состав и содержание ДНК практически не менялись, для липидов и свободных нуклеотидов обнаружено небольшое снижение, а для белка и РНК – увеличение содержания. Через 1 год хранения отмечено стабильное содержание белка и углеводов, незначительное снижение остальных показателей, за исключением содержания ДНК и РНК. Однако, все величины для этих периодов по сравнению с нативной пробой были статистически незначимы (парный t-тест, $p > 0.05$) [2] (рис. 1).

Через 4 года хранения образцов были выявлены значимые изменения биохимического состава цианобактерий. По сравнению с только что обезвоженной пробой на фоне стабильного содержания белка, РНК и углеводов, обнаружено снижение величин остальных показателей в 1.2–4.5 раза; для липидов, свободных нуклеотидов, ДНК и пигментов различия были достоверными (парный t-тест, $p < 0.05$) (рис. 1). Вероятно, этот период являлся переломным при хранении клеток в обезвоженном состоянии. Данный факт подтверждается снижением количества жизнеспособных клеток, который приходится на 4-5 год хранения. Далее потеря жизнеспособности клетками была не значительна (табл. 1)

После 17-ти лет хранения в ангидробиозном состоянии (по сравнению с обезвоженной пробой [2] нами зафиксированы стабильное содержание белка и суммарных углеводов; однако количество липидов снизилось на порядок, свободных нуклеотидов – в 1.4 раза; для хлорофилла и каротиноидов снижение составляло 3.8 и 18 раз, соответственно (парный t-тест, $p < 0.05$) (рис. 1). Количество ДНК возрастало в 3,7 раза по сравнению с 4-м годом хранения, а РНК достоверно увеличивалось в 6.9 раз (парный t-тест, $p < 0.05$) по сравнению с обезвоженной пробой перед закладкой на длительное хранение. Необходимо отметить, что данные по содержанию нуклеиновых кислот для клеток *A. platensis* немногочисленны, однако известно, что, количество РНК в 3–4 раза больше, чем ДНК [17]. Кроме того, отмечено снижение в 4–12 раз содержания С-фикоцианина, белка фотосинтетического аппарата, собирающего свет и связывающего пигменты [6]; аллофикоцианин разрушился практически полностью (парный t-тест, $p < 0.05$). Известно, что С-фикоцианин чувствителен к действию протеаз, света, кислорода, влаги и температуры, то есть легко разлагается в естественном состоянии [16]. Соотношение С-ФЦ/АФЦ определяет перенос энергии от фикобилисом к хлорофиллу *a* во время фотосинтеза [18]. Вероятно, полученные нами низкие величины содержания липидов и пигментов (хлорофилла *a*, каротиноидов, С-ФЦ, АФЦ) в клетках цианопрокариот (рис. 1) косвенно указывают на деструкцию пигментно-липидного комплекса.

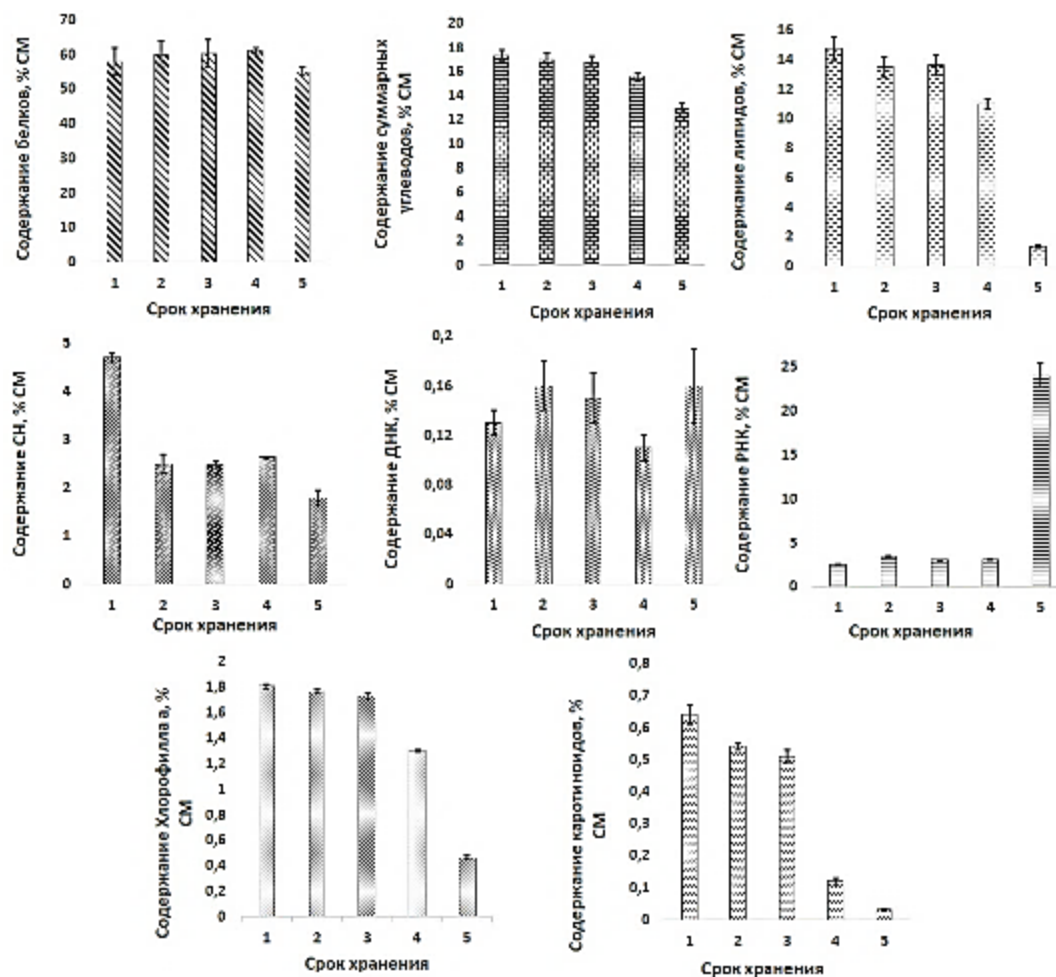


Рис. 2. Содержание биохимических компонентов в клетках *A. platensis* (% от сухой массы):
 1 - нативная культура, 2 – обезвоженная культура, 3 – культура через 1 год хранения,
 4 – культура через 4 года хранения, 5 – культура через 17 лет хранения.
 СН – свободные нуклеотиды ($P=0,95$).

Известно, что *A. platensis* обладает мощным потенциалом аминокислотного синтеза, поэтому уровень белка может достигать чрезвычайно высоких величин до 70–74% сухого вещества [18]. Белки составляют более половины сухого вещества цитоплазматической мембраны цианобактериот, входят в состав клеточной оболочки. Фикобилипротеины фотосинтетического аппарата (которые тоже входят в белковый пул) могут достигать 20% массы всех водорастворимых белков, выполняя при этом роль резервных веществ [9, 19]. Однако, как указывалось выше, при длительном хранении нами обнаружены крайне низкие величины С-ФЦ, АФЦ. Вероятно, относительно высокие показатели содержания белка (55.3–61.2%) в клетках цианобактерий при длительном хранении объясняются другими факторами.

Следует отметить, что после 4-х лет хранения *A. platensis* количество РНК практически не изменялось по сравнению с только что обезвоженной пробой [2], а через 17 лет наблюдалось достоверное увеличение содержания в 6.9 раз. Возможно, высокие показатели содержания белка в обезвоженной биомассе цианобактерий, а также увеличение содержания РНК (обнаруженное через 17 лет) можно объяснять вкладом ассоциированной микрофлоры, развившейся во время длительного хранения *A. platensis* в состоянии ангидробиоза.

Заключение

Микроскопические исследования показали, что с увеличением срока хранения снижается количество жизнеспособных клеток *A. platensis*. Период хранения 4-5 лет является периодом интенсивной потери жизнеспособных клеток, 16 и 18 % соответственно. Далее интенсивность гибели клеток сокращается. Однако, к 17 годам жизнеспособные клетки в образцах отсутствуют.

Результаты биохимического анализа *A. platensis*, сохраняемой в состоянии ангидробิโอ́за длительное время (4 года и 17 лет), показали, что количество белка (55.3–61.2%) и суммарных углеводов (13.0–15.6%) в целом соответствовало данным, полученным ранее при закладке этих же образцов на хранение. Содержание липидов (1.3–11.0%), свободных нуклеотидов (1.8–2.6%) и пигментов было низким (0.46–1.3% и 0.03–0.12%, соответственно для хлорофилла а и каротиноидов); отмечена деструкция С-фикоцианина до 1.4–2.0% и почти полное разрушение аллофикоцианина 0.03–0.05%, что является косвенным признаком разрушения фотосинтетической системы. Вероятно, стабильное содержание белка и возрастание количества нуклеиновых кислот (особенно РНК) происходило за счет активного развития сопутствующей микрофлоры, ассоциированной с *A. platensis*.

Финансирование работы

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (№ гос.регистрации 121030300149-0).

Соблюдение этических стандартов

Настоящая статья не содержит материалов каких-либо исследований с использованием животных в качестве объектов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харчук И.А. Влияние длительности хранения на жизнеспособность клеток *Spirulina platensis* (Nordst.) в состоянии ангидробии // Экология моря. - 2007. - В. 74. - С. 80 – 83.
2. Харчук И.А. Динамика компонентов биохимического состава *Spirulina platensis* Nordst при ангидробии // Экология моря. - 2008. - В. 76. - С. 67-71.
3. Анабиоз микроорганизмов / М.Е. Бекер, Б.Э. Дамберг, А.И. Рапопорт - Рига: Зинатне, 1981. - 252 с.
4. Способ длительного хранения микроводорослей: пат. RU 2 541 452 С1 от 2015.02.10 / И.А. Харчук - Заявка: 2014149881/93, 26.09.2014; Опубликовано: 10.02.2015; Бюл. № 4, Дата приоритета: 17.03.2008; Патент № 86908 (UA) с.8.
5. Falquet J., Hurni J.P. Spiruline Aspects Nutritionnels. //Antenna Technologies. - 2006. - 41 p.
6. Liu, Q., Huang, Y., Zhang, R., Cai, T., & Cai, Y. Medical application of *Spirulina platensis* derived C-phycoerythrin // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. - 2016. - V.2016. - 14 p. Article ID 7803846, <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7803846>.
7. Faucher O., Coupal B., Leduy A. Utilization of seawater – urea as a culture medium for *Spirulina maxima* // Can. J. Microbiol. - 1979. - V. 25. - P. 752.
8. Копытов Ю.П., Дивавин И.А., Цымбал И.М. Схема комплексного биохимического анализа гидробионтов. «Рациональное использование ресурсов моря – важный вклад в реализацию продовольственной программы» Материалы конф. // АН УССР. ИнБЮМ. Севастополь. 1985. - 4.2. - С. 227–231. Деп. В ВИНТИ 16.04.85, № 2556 – 85.
9. Rowan K.S. Photosynthetic Pigments of Algae // Cambridge : Cambridge Univ. Press. 1989. - 334 p.
10. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. P. Protein measurement with folin phenol reagent // Journ. Biol. Chem. 1951. - V. 193. - № 1. P. - 265–275.
11. Спири́н А.С. Спектрофотометрическое определение суммарного количества нуклеиновых кислот // Биохимия. 1958. - Т. 23. - № 5. - С. 656–662.

12. Агатова А. И. Руководство по современным биохимическим методам исследования водных экосистем, перспективных для промысла и марикультуры. М: Изд-во ВНИРО, 2004. - 123 с.
13. Гевориз Р.Г., Нехорошев М.В. Количественное определение массовой доли С-фикоцианина и аллофикоцианина в сухой биомассе *Spirulina (Arthrospira) platensis* North. Geitl. Холодная экстракция, Севастополь 2017 // Электронный ресурс <https://repository.marine-research.org/handle/299011/46> (дата обращения 19.08.2022)
14. Сиренко Л. А., Сакевич А. И., Осипович Л. Ф. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. - Киев: Наукова думка. 1975. - 247 с.
15. Мейсель М.Н., Медведева Г.А., Алексеева В.М. О выявлении живых, повреждённых и мертвых микроорганизмов // Микробиология. 1961. - Т. 30. - № 5. - С. 855–862.
16. Kannaujiya V.K., Sinha R.P. Thermokinetic stability of phycocyanin and phycoerythrin in food-grade preservatives // Journal of Applied Phycology. 2016. - V. 28. - № 2. - P. 1063–1070. doi: 10.1007/s10811-015-0638-x.
17. Ciferri O. Spirulina, the Edible Microorganism // Microbiol. Rev. 1983. - V. 47. - P. 551-578.
18. Vonshak A. *Spirulina platensis arthrospira*: physiology, cell-biology and biotechnology. CRC press. 1997. - 252 p.
19. Стадничук И.Н. Фикобилипротеины. Биологическая химия. - М.: Мир. 1990. - Т. 40. - 196 с.

STATE OF CYANOBACTERIA *ARTHROSPIRA PLATENSIS* IN THE STATE OF ANABIOSIS DURING LONG-TERM STORAGE

¹Kharchuk Irina Alexeevna, cand. of biol. Sciences

²Rylkova Olga Aleksandrovna, cand. of biol. Sciences

^{1,2}A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol,
Russian Federation, e-mail: seaferm@yandex.ru

The studies of Arthrospira (Spirulina) platensis (Nordstedt) Gomont preserved in the state of anhydrobiosis (17 years) were carried out. Data on the viability of cells in a dehydrated state for a long time were presented. Their biochemical composition has been studied. The amount of proteins and total carbohydrates in the cells of cyanobacteria corresponds to those obtained by us earlier when placing the same samples for storage has been established. The content of free nucleotides, lipids and pigments were low. The amount of DNA and RNA increased by 1.5 and 6.9 times, respectively.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА НЕРКИ (*ONCORHYNCHUS NERKA* W.) ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ

¹Христофорова Надежда Константиновна, д-р биол. наук, профессор

²Данилин Дмитрий Диамидович, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник

³Литвиненко Анна Владимировна, канд. биол. наук, доцент

⁴Катакинова Евгения Александровна, студентка

⁵Ржечицкая Ксения Евгеньевна, студентка

⁶Салимзянова Карина Радиковна, магистрант

⁷Коваль Галина Валерьевна, аспирант

^{1,4,5,7}ФГАОУ ВО «ДВФУ», Институт Мирового океана, Владивосток, Россия,

e-mail: more301040@gmail.com

¹ФГБНУ «ТИГ» ДВО РАН, Владивосток, Россия

²КФ ФГБНУ «ТИГ» ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия,

e-mail: ²danilinbiv@mail.ru

^{3,6}ФГБОУ ВО «СахГУ», Институт естественных наук и техносферной безопасности,

Южно-Сахалинск, Россия, e-mail: ³Litvinenko.av@bk.ru

Впервые получены данные о микроэлементном составе анадромной нерки из Авачинского и Камчатского заливов Камчатки. Проводили сравнение количества тяжелых металлов в органах и тканях нерки с аналогичными данными по горбуше, морской период жизни которой проходил в океане и в Японском море. Как оказалось, самыми минорными элементами в восточно-камчатской нерке были Ni и Pb, в то время как горбуша, которая нагуливалась в океане, отличалась высокой концентрацией Pb, а горбуша, нагуливавшаяся в Японском море, характеризовалась наибольшими количествами Zn и Cu, а также повышенными концентрациями Ni, по сравнению с лососями из разных мест.

Тихоокеанские лососи рода *Oncorhynchus* включают в себя 6 видов: горбушу, кету, нерку, кижуча, чавычу и симу. Горбуша, кета и нерка обеспечивают основной объем промысла лососёвых в российских водах Пацифики. Хотя нерка в этой промысловой тройке занимает третье место по объему вылова, она обладает очень высокими вкусовыми качествами, популярна у потребителей и наиболее ценна. Особенностью биологии и экологии нерки является ее длительное и неопределенное пребывание, как в пресных водах, так и в морских. В реках и озерах она может задержаться от одного до двух–трех лет, а нагуливаться на морских пастбищах – от одного иногда до 4 лет [1, 2], поэтому данный вид лососей наиболее труден для изучения и понимания источников, определяющих его микроэлементный состав.

В предыдущие годы в регионе Сахалина, Курильских островов и Приморья были наиболее детально исследованы горбуша и кета [3, 4, 5, 6, 7]. Выяснено, что большая часть рыб выходит на зимовку в океан через геохимически импактную зону, которую образуют Курильская гряда и Курило-Камчатский жёлоб. Курильские острова, благодаря наземному и подводному вулканизму, а также поствулканизму, поставляют в окружающую среду большой набор ионов металлов, а глубоководная впадина поддерживает высокую продуктивность за счет апвеллинга и подъема глубинных вод, содержащих биогенные и другие элементы таблицы Менделеева.

При изучении содержания тяжелых металлов в горбуше и кете установлено, что в высококормных водах геохимически импактной зоны лососи могут накапливать нежелательные токсичные элементы, такие как кадмий и особенно свинец. Поэтому важно следить за микроэлементным составом лососей, широко используемых в пищу. Оказалось, что часть популяций горбуши на зимовку в океан не выходит, а зимует в Японском море. И это можно выявить по микроэлементному составу рыбы. Маркером особей, нагуливавшихся в океане и проходивших через специфическую геохими-

ческую зону, является свинец, высокие концентрации которого в органах и тканях лососей свидетельствуют об особом характере среды. Японское море, являясь закрытой акваторией, испытывает немалую антропогенную нагрузку, о чём может говорить повышенное содержание в гидробионтах цинка и меди, повышенное же содержание никеля в среде и организмах свидетельствует о сжигании углеводородов (которым никель сопутствует) как судами, так и береговыми ТЭЦ и котельными. Данные о содержании тяжёлых металлов в нерке, идущей из открытых вод на нерест, отсутствуют, и наше исследование позволяет получить первое представление о минеральном составе этого важного промыслового вида лососей во время его анадромной миграции. Выловленная в июле 2021 г. в прибрежных водах Восточной Камчатки нерка (21 особь из Авачинского залива и 14 особей из Камчатского залива) обрабатывалась на базе Камчатского филиала Тихоокеанского института географии РАН. Доставленные во Владивосток пробы органов и тканей нерки анализировались на содержание металлов на атомно-абсорбционном спектрофотометре Shimadzu AA-7000 в ЦКП ЦЛЭД-ГИС ТИГ ДВО РАН. Расчет результатов производился на сырую массу навески с использованием программы MS Excel. Концентрацию металлов выражали в мкг/г сырой массы как среднее значение \pm стандартное отклонение.

В представленной ниже таблице для лучшего понимания влияния мест нагула на микроэлементный состав лососей проведено сравнение содержания ионов тяжелых металлов в камчатской нерке и в сахалинской горбуше из зал. Терпения (р. Фирсовка) и зал. Анива.

Таблица 1

Микроэлементы в органах и тканях лососей, мкг/г сырой массы ($m \pm \sigma$)

Органы и ткани	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb	Fe
НЕРКА, Авачинский залив, 2021; Средняя масса ♀ 1665±541 г; ♂ 1558±262 г						
Мышцы	5,33±0,63	0,62±0,13	0,43±0,09	0,010±0,007	0,10±0,08	7,91±3,35
Печень	47,18±5,51	260,71±95,31	0,39±0,19	1,310±0,560	0,22±0,09	250,29±73,17
Семенники	18,63±1,35	0,91±0,12	0,31±0,18	0,011±0,005	0,34±0,06	7,62±3,22
Яичники	46,35±4,26	59,16±6,27	0,61±0,27	0,034±0,020	0,08±0,04	33,63±7,16
НЕРКА, Камчатский залив, 2021; Средняя масса ♀ 2037±469 г; ♂ 2950±207 г						
Мышцы	6,20±2,28	0,99±0,37	0,31±0,15	0,006±0,003	0,16±0,06	6,85±4,42
Печень	41,4±9,38	173,57±88,93	0,33±0,12	0,820±0,650	0,21±0,08	171,52±55,71
Семенники	20,89±3,66	1,69±0,77	0,28±0,15	0,014±0,008	0,27±0,09	25,34±6,49
Яичники	40,70±11,03	60,84±12,47	0,32±0,15	0,010±0,006	0,21±0,06	23,37±6,42
ГОРБУША, Сахалин, р. Фирсовка, 2016 [4]						
Мышцы	1,74±0,06	0,20±0,04	0,09±0,01	0,080±0,000	0,59±0,05	Не опред.
Печень	2,86±0,06	0,28±0,01	0,13±0,01	0,190±0,020	0,92±0,4	Не опред.
Семенники	2,76±0,02	0,26±0,01	0,11±0,01	0,120±0,010	0,87±0,01	Не опред.
Яичники	2,51±0,06	0,25±0,02	0,12±0,01	0,110±0,020	0,82±0,04	Не опред.
ГОРБУША, Сахалин, залив Анива, 2019 [4]						
Мышцы	6,45±0,89	0,21±0,16	0,83±0,17	0,008±0,008	0,15±0,03	4,7±1,0
Печень	37,29±6,72	44,20±28,69	0,77±0,25	0,570±0,307	0,19±0,06	84,7±31,4
Семенники	16,57±1,32	0,29±0,13	0,71±0,24	0,016±0,001	0,24±0,05	9,8±2,8
Яичники	24,55±2,19	5,39±0,27	1,20±0,17	0,006±0,012	0,25±0,07	22,1±2,2

ПДК (мкг/г сырой массы) для морепродуктов: Pb – 1.0, Cd – 0.2 мкг/г [8].

Для нерки из Авачинского и Камчатского заливов характерны свои особенности в микроэлементном составе, связанные как с условиями роста молоди в пресноводный период жизни, так и с локациями морского нагула. Разные уровни концентраций ионов металлов в лососях отражают географические вариации в среде.

Как видно, в наибольших количествах металлы концентрируются в печени, что не является неожиданностью и, очевидно, связано с её функциональной ролью органа-аккумулятора и детоксикатора. В то же время, независимо от места вылова нерки, наименьшие концентрации микроэлементов наблюдаются в мышечных тканях.

Железо, медь и цинк – это те элементы, которые занимают первые ранговые места в минеральном составе рыбы. Первый из них свидетельствует о терригенном влиянии. Fe может поступать в больших количествах в организм рыб в пресноводных водоёмах. Как и железо, медь и цинк являются необходимыми биоэлементами, но, помимо природного происхождения, они могут поступать с различными стоками, а также в результате их применения, особенно в быту, отражая техногенное и антропогенное воздействие на биотопы.

Существенные различия в содержании элементов проявляются между особями разного пола. В икре содержится в несколько раз больше Zn и особенно Cu, чем в семенниках самцов, что, очевидно, обусловлено их необходимостью для роста и развития потомства – будущих мальков.

Как следует из данных таблицы, анадромная нерка из Авачинского и Камчатского заливов имеет более высокие концентрации железа, меди и цинка, чем сахалинская горбуша, особенно пришедшая в р. Фирсовку, что может свидетельствовать о более интенсивной антропогенной и терригенной нагрузке на места выроста и нагула нерки. В печени, как нерки, так и горбуши, преобладает железо, самый распространенный в среде и биоте микроэлемент. Самым минорным, особенно по уровню содержания в мышцах, является кадмий. Однако он заметно аккумулируется в печени обоих видов рыб, превышая ПДК для морепродуктов в несколько раз. Низкая концентрация свинца у нерки дает основание полагать, что лососи не проходили через импактную зону и не нагуливались в прикурильских водах, а уходили в открытые воды (скорее всего, Берингова моря) из своих заливов и в них же возвращались перед заходом в реки. Химический анализ проб горбуши, выловленной в Фирсовке, свидетельствуют о ее зимовке в океане. В горбуше же из зал. Анива, зимующей в Японском море, выявлено высокое содержание Zn, Cu, а также Ni, что говорит и об антропогенной нагрузке на акваторию этого замкнутого моря и о высоком трафике судов, работающих на углеводородном топливе [9]. Следовательно, на представителях нерки из двух восточнокамчатских заливов сказались антропогенное и терригенное, а также вулканогенное, влияние. Таким образом, выполненные ранее исследования по горбуше и первые данные по анадромной восточно-камчатской нерке позволяют предположить, что районы их нагула не совпадают и условия среды по-разному влияют на формирование минерального состава этих видов рыб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвиненко А. В., Христофорова Н.К. Отражение геохимических условий среды на микроэлементном составе тихоокеанских лососей // Сборник VIII Международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» в рамках Балтийского морского форума. 2020. Калининград. С. 139–147.
2. Литвиненко А. В., Христофорова Н.К., Цыганков В. Ю., Ковальчук М. В. Микроэлементный состав западносахалинской кеты // Сб. Междунар. науч. конф., посвящ. 150-летию Севастопольской биол. станции – Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий» «Изучение водных и наземных экосистем: история и современность». 2021. Севастополь. С. 403.
3. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Москва: Госкомсанэпиднадзор РФ, 2002. 156 с.
4. Христофорова Н. К., Литвиненко А. В., Цыганков В. Ю., Ковальчук М. В. Сравнение микроэлементного состава горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792 из Сахалино-Курильского региона и Японского моря // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: матер. Междунар. конф. (Петропавловск-Камчатский, 14–15 ноября 2018 г.). Петропавловск-Камчатский: изд-во «Камчатпресс», 2018. С. 386–390.
5. Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах: монография. - Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. - Т. 1. - 481 с.
6. Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах: монография. - Владивосток: ТИНРО-центр, 2011. - Т. 2. - 473 с.
7. Khristoforova N.K., Litvinenko A.V., Tsygankov V.Yu., Kovalchuk M.V., Erofeeva N.I. The trace-element content in the pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) from the Sakhalin-Kuril region // Russian Journal of Marine Biology. 2019. vol. 45. № 3. pp. 221-227.

8. N. K. Khristoforova, A.V. Litvinenko, V. Yu. Tsygankov, M. V. Kovalchuk, N.I. Erofeeva. Trace Elements Content in the Pink Salmon (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792) From Sakhalin-Kuril Region // Doc. dep. on the Second NPAFC-IYS Workshop on Salmon Ocean Ecology in a Changing Climate, Tech. Rep. 15 (May 18–20, 2019; Portland, Oregon, USA). P. 59–62.

9. A.V. Litvinenko, N. K. Khristoforova, V. Yu. Tsygankov, and M. V. Kovalchuk. Comparative characteristics of the trace elemental composition of Chum Salmon *Oncorhynchus keta* Walbaum, 1792 from the Sea of Japan and the sea of Okhotsk// Marine Biological Journal. 2021. vol.6. no.4. pp.92–104 <https://doi.org/10.21072/mbj.2021.06.4.08>

FEATURES OF THE MICROELEMENT COMPOSITION OF SOCKEYE SALMON (*ONCORHYNCHUS NERKA* W.) OF EASTERN KAMCHATKA

¹ Khristoforova N.K., Doctor of Biological Sciences

² Danilin D.D., PhD. Biol. Sciences, Senior Researcher

³ Litvinenko A.V., PhD. Biol. Sciences, Associate Professor

⁴ Katakina E.A., without a degree, student

⁵ Rzhchitskaya K.E., without a degree, student

⁶ Salimzyanova K.R., without a degree, graduate student

⁷ Koval G.V., without a degree, postgraduate

^{1,4,5,7} Federal State Autonomous Institution of Higher Education "Far Eastern Federal University", Institute of the World Ocean, Vladivostok, Russia, e-mail: more301040@gmail.com

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution "Pacific Institute of Geography" of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

² Kamchatka branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Pacific Institute of Geography" of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, e-mail: danilinbiv@mail.ru

^{3,6} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Sakhalin State University (SakhSU), Institute of Natural Sciences and Technosphere Safety, Department of Ecology, Biology and Natural Resources, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: ³Litvinenko.av@bk.ru

The first data on the microelement composition of sockeye salmon from the eastern bays of Kamchatka have been obtained. Ni and Pb are the most minor elements in these salmon, while in pink salmon feeding in the ocean, a high concentration of Pb was found, and in pink salmon feeding in the Sea of Japan, along with Zn and Cu, in the largest amounts, compared with salmon from different places, Ni is present.

СМЕРТНОСТЬ САМЦОВ И САМОК *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM. НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КРЫМА

¹Челядина Наталья Станиславовна, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник

²Попов Марк Александрович, канд. геогр. наук, ст. науч. сотрудник

^{1,2}Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия, e-mail: ¹chelydina2007@mail.ru

*В последние десятилетия в экосистеме Чёрного моря происходят изменения под влиянием природных и антропогенных факторов. Это приводит к сдвигу половой структуры у мидии *M. galloprovincialis* в сторону увеличения количества самцов. Изучается смертность мидий в зависимости от пола, как одна из причин, влияющая на сдвиг соотношения полов в поселениях *M. galloprovincialis*. Смертность мидий изучали в природном и лабораторном экспериментах. В результате исследований было отмечено, что смертность самок была значительно выше, чем у самцов. В природном эксперименте на 23 %, в лабораторном эксперименте – на 16 %.*

Введение

В Чёрном море мидия *M. galloprovincialis* является одним из доминантных видов моллюсков и активно культивируется [1; 2]. Показатель смертности – это один из важнейших популяционных параметров, который необходим для оценки состояния различных видов гидробионтов, так как он в значительной мере определяет особенности размерно-возрастной структуры популяции, продукционные свойства организмов, продолжительность жизни и выживаемость гидробионтов [3]. В последние десятилетия экосистема Чёрного моря претерпевает значительные изменения природного и антропогенного характера [4]. Это приводит к трансформации половой структуры в природных и искусственных поселениях мидии *M. galloprovincialis* в сторону увеличения количества самцов. В неблагоприятных условиях среды соотношение полов иногда достигает 1 : 7 (♀ : ♂) [5].

Взаимосвязь между соотношением полов в популяциях и выживаемостью особей разного пола – один из интереснейших, но пока недостаточно изученных вопросов. В данной работе рассматриваются возможные причины, влияющие на отклонения соотношения полов в поселениях черноморской мидии. Поэтому целью работы было: оценить смертность мидии *Mytilus galloprovincialis* в зависимости от пола в природных и лабораторных условиях.

Материал и методы исследования

Смертность мидии *M. galloprovincialis* изучали в природном (2017 г.) и лабораторном (2018 г.) экспериментах. Для исследований использовали мидии двух размерных групп с длиной раковины 55.7 ± 2.9 и 30 ± 1.6 , взятые на мидийно-устричной ферме расположенной на внешнем рейде г. Севастополя ($44^{\circ}37'13.4''N$; $33^{\circ}30'13.6''E$), с глубины 3-4 метра.

Природный эксперимент проходил в полузакрытой гавани ($44^{\circ}36'56,4''$ с.ш. ; $33^{\circ}30'10,6''$ в.д.). Эта акватория загрязнена бытовыми сточными водами, что приводит к повышению трофности воды, особенно летом. Показатели органического загрязнения превышены предельно допустимыми значениями в 9-10 раз; концентрация биогенных элементов была в 8 раз выше, чем в условно чистых прибрежных районах моря [1; 6].

Для экспериментов мидию отбирали в период весеннего массового нереста. Предварительно проводили стимуляцию нереста индивидуально для каждой мидии в лабораторных условиях для определения пола моллюсков [2]. Пол определяли после нереста по выметанным половым продуктам с помощью микроскопа Jenaval (Carl Zeiss Jena, Германия). Гермафродитов не учитывали [7].

Далее, каждую мидию маркировали в зависимости от пола ручным электрическим инструментом – электрогравером.

В природном эксперименте отобранных разноразмерных самок и самцов помещали в четыре отдельных садка *Ostriga-5* по 100 экз. в каждом (100 экз. 30 мм самок, 100 экз. 30 мм самцов, 100 экз. 50 мм самок и 100 экз. 50 мм самцов) и вывешивали в полужакрытой загрязнённой гавани. Через 6 месяцев вели подсчёт умерших мидий.

Изучение смертности мидий в лаборатории проводили в трех повторностях. Было выставлено шесть аквариумов (три аквариума с 30 мм мидиями, три аквариума с 50 мм мидиями). В каждом аквариуме было 15 самцов и 15 самок, помеченных в соответствии с их полом. Моллюсков помещали в отдельный 20-литровый аквариум с морской водой. Воду брали на мидийно-устричной ферме. Воду в аквариуме заменяли после смерти каждой особи, кормления и аэрации не было. Продолжительность экспериментов была ограничена гибелью 50% моллюсков в аквариуме и составляла от 1 до 6 месяцев. Аквариумы находились в полуподвальном, неотапливаемом лабораторном помещении. Эксперимент завершался после массовой гибели моллюсков. Смертность мидий оценивалась как доля погибших моллюсков в общей численности моллюсков. Измерение температуры воды в гавани и аквариумах проводили термометром ТМ-10. Статистический анализ проводился с использованием программы Microsoft Excel® 2010. Для мидий из природного эксперимента использовали метод случайных псевдовыборок [8]. Из каждого садка случайным образом отбирали трижды по 33 экз. моллюсков и анализировали каждую выборку отдельно. Были определены среднее арифметическое (\bar{x}), стандартное отклонение (S), доверительный интервал (Δx). Для статистической оценки использовали t-критерий Стьюдента. Результаты в рисунках и тексте представлены как $\bar{x} \pm \Delta x$. Всего было исследовано 580 образцов мидий.

Основная часть

В природном эксперименте после 6 мес. экспозиции садков с самками и самцами *M. galloprovincialis* отмечена высокая смертность моллюсков в обоих садках, не зависимо от размера моллюсков. Смертность самок в размерной группе 55 мм была на 23%, в размерной группе 30 мм на 18% выше по сравнению с самцами. Достоверных различий в смертности мидий в зависимости от размера в природном эксперименте не было получено (рис.1).

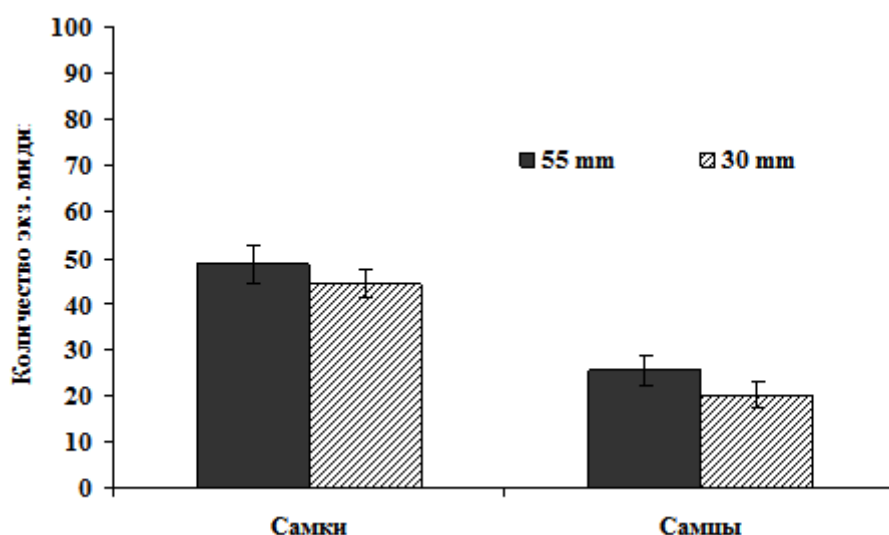


Рис. 1. Смертность *M. galloprovincialis* в зависимости от пола и размера в природном эксперименте, 2017

В лабораторном эксперименте смертность самок обеих размерных групп была на 16% выше ($p \leq 0,01$), чем у самцов. Достоверных различий в смертности мидий в зависимости от размера не выявлено (рис.2). Первыми в лабораторном эксперименте умирали самки.

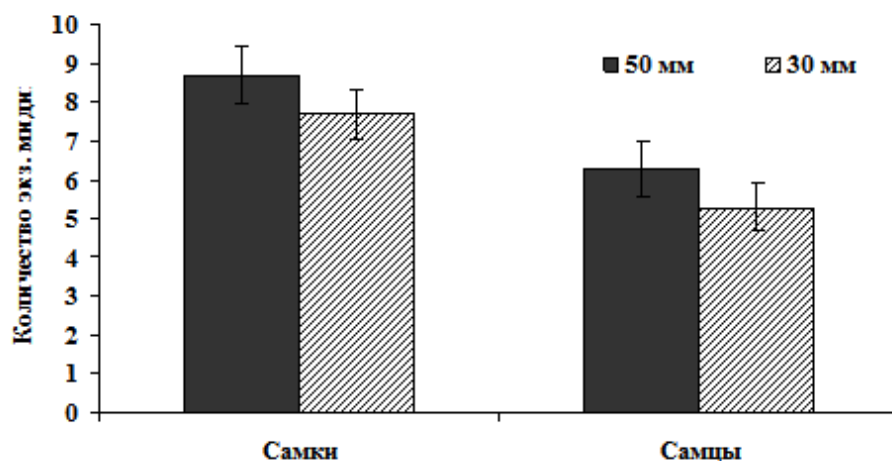


Рис. 2. Смертность *M. galloprovincialis* в лабораторном эксперименте в зависимости от пола и размера, 2018

Гибель моллюсков в аквариумах происходила с различной скоростью. Начало гибели моллюсков в лабораторном эксперименте зависело от жизнеспособности моллюсков и температуры воды. До начала гибели первой мидии в экстремальных лабораторных условиях моллюск мог жить достаточно долгое время, до 7 месяцев. Однако, если изначально в ёмкости оказывалась ослабленная мидия, которая в ближайшее время умирала, то через некоторое время (1-4 дня), происходило отравление воды продуктами распада тканей погибшей мидии и моллюски в экспериментальных аквариумах начинали постепенно гибнуть (в течение двух – трёх недель). Смертность мидий резко возрастала, если при этом температура воды в экспериментальных аквариумах превышала 22 °С.

На выживаемость моллюсков влияют такие факторы как возраст, размер, плотность в друзе, температура, солёность и загрязнённость воды [9; 10; 11].

В загрязненном районе гавани гибель мидий связана с влиянием сбросов сточных вод и низким водообменом в этом районе. Высокая смертность под воздействием неочищенных городских сточных вод была также отмечена у пресноводных мидий *Amblema plicata* (Say, 1817) и *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) из реки Колорадо, расположенной в восточном округе Трэвис в Техасе [11].

Известно, что с увеличением возраста (размера) моллюсков смертность особей растёт [9]. Такое явление описано в популяциях *Mytilus edulis* у берегов Канады [12]. Достоверных отличий в смертности у *M. galloprovincialis* в зависимости от размера не было ($p \geq 0.01$). В наших исследованиях достоверные отличия по смертности мидий получены в зависимости от пола. Смертность самок была выше. Неравномерность гибели разных полов, неодинаковая их выживаемость распространены среди животных. Как правило, более жизнеспособными являются самки. Одно из популярных объяснений различий продолжительности жизни между полами состоит в том, что гетерогаметный пол живет меньше гомогаметного, поскольку рецессивные X-сцепленные вредные мутации, негативно влияют на продолжительность жизни гетерогаметного пола [13]. Известно, что у мидий пол генетически не детерминирован [14]. Таким образом, различия в выживаемости самцов и самок можно связать с энергетическими затратами на формирование половых продуктов [10]. У активно размножающихся самок относительно большая часть энергии затрачивается на размножение и не может быть перераспределена на поддержание жизнеспособности особи [10]. Поэтому, высокая смертность самок мидий может быть связана с высокими энергетическими тратами на овогенез [10]. Установлено, что после нереста у мидии *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758), обитающих в южном заливе островов Magdalen, было низкое содержание гликогена после нереста, что ослабляло их жизнестойкость [15]. Так же отмечено, что самки мидий более чувствительны к неблагоприятным условиям среды. Показано, что при длительной аноксии придонных вод Чёрного моря смертность самок *M. galloprovincialis* из природных поселений была выше, чем у самцов [3]. Смещение половой структуры в сторону увеличения количества самцов отмечена и у *Macoma calcareo* (Gmelin, 1790) из Баренцева и Печорского морей, авторы это связывают с высокой смертностью самок [16].

Заключение

Проведённые исследования показали, что в природном и лабораторном экспериментах смертность самок была достоверно выше по сравнению с самцами. Отмечено, что самки начинали умирать первыми. Одной из причин увеличения количества самцов в прибрежных водах юго-западного Крыма в поселениях мидии *M. galloprovincialis* является высокая смертность самок мидий.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 121030300149-0)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марикультура мидий в Черном море. (Под ред. В.Н. Иванова). – Севастополь.: ЭКОСИ - Гидрофизика, 2007.– 314 с.
- 2 Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Чёрном море. – Воронеж.: Изд-во ООО «ИЗДАТ-ПРИНТ», 2017. – 508 с.
- 3 Шурова Н.М. Структурно-функциональная организация популяции мидий *Mytilus galloprovincialis* Чёрного моря. Киев.: – Наукова думка, 2013. – 208 с.
- 4 Черноморские моллюски: элементы сравнительной и экологической биохимии. (Под ред. Г. Е. Шульмана, А. А. Солдатов). – Севастополь.: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. – 323 с.
- 5 Анализ фенотипа, полового строения и стадий зрелости гонад мидии-собирателя *Mytilus galloprovincialis* / Н.С. Челябинина. // В кн . Международная научная конференция: 6 Актуальные проблемы аквакультуры в современный период. г. Ростов-на-Дону, 28 сентября - 2 октября 2015 г. – ФГБНУ АЗНИРХ, Ростов-на-Дону. – С.190-193.
- 6 Использование химических и биологических параметров для мониторинга морских территорий / Н.С. Кузьминова, Е.Н. Скуратовская, Т.Б. Вахтина, С.О. Омельченко // Системы экологического контроля. – 2004. – 7. – С. 263-269.
- 7 Пиркова А.В., Ладыгина Л.В., Щуров С.В. Формирование поселений мидий *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) на колхозниках в бухте Ласпи в зависимости от факторов среды // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – 5 (71). – С. 92-106.
- 8 Davison A.C., Hinkley D.V. Bootstrap methods and their application (10th ed.). – Cambridge.: Cambridge University Press Publ, 2008. – 558 p.
- 9 Герасимова А.В., Максимович Н.В. О закономерностях организации популяций двустворчатых моллюсков Белого моря // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2009. – 3 (3). – С. 82–97.
- 10 Левакин И.А. Влияние инвазии трематод *Bunocotyle progenetica* (Hemiuridae) и *Cryptocotyle cannavum* (Heterophyidae) на смертность прибрежных морских моллюсков *Hydrobia ulvae* (Gastropoda: prosobranchia) при замораживании // Паразитология. – 2005. – 39 (5). – С. 407-413.
- 11 Nobles T, Zhang Y. Survival, growth and condition of freshwater mussels: effects of municipal wastewater effluent // Electronic resource. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128488> (accessed June 4, 2015).
- 12 Freeman K.R, Dickie L.M. Growth and mortality of the Blue Mussel (*Mytilus edulis*) in relation to environmental indexing. // J Fish Res Board Can. – 1979. – 36(10). – С. 1238-1249.
- 13 The genetic sex-determination system predicts adult sex ratios in tetrapods / I. Pipoly, V. Bókony, M. Kirkpatrick, P.F. Donald, T. Székely, A. Liker // Nature. – 2015. – 527. – С. 91-94. <https://doi.org/10.1038/nature15380>
- 14 Thiriot-Quievreux C. Les caryotypes de quelques espèces de bivalves et de gastéropodes marins // Marine Biology. – 1982. – 70. – С. 165-172.
- 15 Myrand B., Guderley H., Himmelman J. Reproduction and summer mortality of blue mussels *Mytilus edulis* in the Magdalen // Mar. Ecol. Prog Ser. – 2000. – 197. – С. 193-207. <https://dx.doi.org/10.3354/meps197193>.

MORTALITY OF MALE AND FEMALE *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM. ON THE BLACK SEA COAST OF CRIMEA

¹Chelyadina Natalya Stanislavovna, cand. of biol. Sciences

²Popov Mark Aleksandrovich, cand. of geogr. sciences

^{1,2}A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation, e-mail: ¹chelyadina2007@mail.ru

*In recent decades, changes have been taking place in the Black Sea ecosystem under the influence of natural and anthropogenic factors. This leads to a shift in the sexual structure in the mussel *M. galloprovincialis* towards an increase in the number of males. Mortality of mussels depending on sex, as one of the reasons influencing the shift in the sex ratio in *M. galloprovincialis* populations, is studied in the paper. The mortality of mussels was studied in natural and laboratory experiments. As a result of the studies, the mortality of females was significantly higher than males, it was noted. In a natural experiment, the mortality of females was 23 % higher; in a laboratory experiment was 16 % higher than males.*

УДК 551.46.07: 629.783 (261.77+261.7+265.1)

МЕЗОМАСШТАБНАЯ ДИНАМИКА ВОД ЮЖНЫХ ЧАСТЕЙ ТИХОГО И АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНОВ В СВЯЗИ С ПРОМЫСЛОВЫМИ РЕСУРСАМИ СТАВРИДЫ (*TRACHURUS MURPHY*) И АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ (*EUPHAUSIA SUPERBA*)

¹Чернышков Павел Петрович, д-р геогр. наук, профессор по специальности «океанология», профессор кафедры биоресурсов и аквакультуры

²Федотов Максим Сергеевич, соискатель кафедры биоресурсов и аквакультуры

³Шустин Александр Яковлевич аспирант кафедры биоресурсов и аквакультуры

⁴Зуев Кирилл Юрьевич, магистрант 1-го курса по направлению «Экология и природопользование», биологический факультет

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Институт рыболовства и аквакультуры,

Калининград, Россия, e-mail: ¹pavel.chernyshkov@klgtu.ru

⁴Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Выполнен анализ мезомасштабной динамики вод по реконструированным спутниковым измерениям высоты уровня поверхности океана в южных частях Тихого и Атлантического океанов. Результаты анализа сопоставлены с особенностями развитием промысла и с параметрами промысловых биоресурсов ставриды в южной части Тихого океана и криля в антарктической части Атлантики в 1981–91гг. из промысловых атласов.

Установлена сопряженность пространственно-временных изменений промысловых биоресурсов ставриды и криля и параметров мезомасштабной динамики вод.

Полученные результаты могут быть использованы в научном обеспечении возобновления российского рыболовства в этих районах.

Введение

В последние годы законодательными и исполнительными органами Российской Федерации предприняты важные меры по интенсивному развитию рыбохозяйственного комплекса страны. Законом РФ «О рыболовстве», принятом в июле 2016 г., предусмотрено выделение добывающим организациям дополнительные квоты на вылов водных биоресурсов, средства от которых будут направляться на строительство новых добывающих судов.

«Стратегией развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации до 2030 г.», утвержденной Распоряжением Правительством РФ от 26 ноября 2019 г. №2708, предусматривается увеличение годового российского вылова массовых пелагических рыб - на 1 млн.т. и антарктического криля – на 470 тыс. т. Для этого в течение ближайших 7-10 лет должно быть введено в эксплуатацию около 20 современных траулеров – процессоров [1]. Для обеспечения этих траулеров сырьевой базой и увеличения российского вылова в океанических районах промысла за пределами исключительной экономической зоны РФ необходимо соответствующее научное обоснование [2].

Мировой вылов традиционных объектов промысла в начале XX века достиг своего потолка на уровне 95 млн.т в год. Дальнейшее увеличение вылова возможно только за счет повышения точности определения величин общего допустимого вылова или за счет вовлечения в промысел недоиспользуемых в настоящее время биоресурсов. В настоящее время реально недоиспользуемые промысловые биоресурсы имеются в Антарктической части Атлантики (АЧА, антарктический криль) и южной части Тихого океана (ЮТО, ставрида).

Промысловые биоресурсы этих районов были открыты и изучены отечественными учеными. На протяжении более 13 лет траулеры бывшего СССР/России вели в них широкомасштабный круглогодичный промысел. В период с 1981 по 1991 г. средний годовой вылов антарктического криля составил около 400 тыс. т. ставриды в ЮТО – около 1 млн. т. [3].

Одновременно с промыслом выполнялись углубленные научные исследования, по результатам которых были установлены основные закономерности распределения промысловых скоплений, в также межгодовых изменений состояния биоресурсов криля и ставриды в связи с океанологическими условиями. Кроме того, были созданы уникальные базы ретроспективных данных по биологии и распределению этих объектов в связи гидрометеорологическими и океанологическими условиями, а также были установлены фундаментальные научные проблемы, решение которых должно лежать в основе рационального использования промысловых биоресурсов. [4-6].

В АЧА – это ежегодное определение ожидаемых биомасс криля в традиционных промысловых районах на шельфах Южных Оркнейских и Южных Шетландских островов и острова Южная Георгия, а также в открытой части моря Скотия. Это связано с тем, что промысловое изъятие криля должно обеспечивать достаточный остаток для обеспечения пищевой рыб, птиц и млекопитающих, обитающих в районах промысла.

В южной части Тихого океана - это определение структуры метарпопуляции ставриды, ареал которой располагается в широтной зоне 25-45° ю.ш. от Южной Америки до Новой Зеландии и выявление причин межгодовых изменений биомассы ставриды в каждой единице запаса.

В настоящее время эти районы находятся под юрисдикцией региональных организаций по управлению рыболовством: SPRFMO – Организация по управлению рыболовством в Южно-Тихоокеанском регионе и АНТКОМ – Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики.

В настоящее время управление рыболовством в Южно-Тихоокеанском регионе (ЮТО) свелось к ежегодной оценке Научным Комитетом SPRFMO величины общего уравниваемого улова (MSY) и определение квоты для каждой их стран, изъявивших вести там промысел. При этом используются натурные биостатистические данные, которые не соответствуют требованиям, сформулированным по результатам семинара ИКЕС [7]. В результате получают оценки, не соответствующие реальному состоянию популяции ставриды. Другие же подходы к управлению запасом ставриды, опубликованные и представленные Научному комитету SPRFMO [8 -10] просто игнорируются.

Деятельность Научного Комитета АНТКОМ по управлению промыслом криля в море Скотия сводится к ежегодному разделению величины так называемого триггерного вылова в 620 тыс.

т, по достижению которого вылов стран, участвующих в промысле, будут заморожены. Параллельно ведется активнейшая работа, направленная на полный запрет промысла криля в море Скотия по причине «недостаточной изученности пелагической экосистемы этого района».

В складывающейся ситуации для защиты интересов Российской Федерации в сфере международного рыболовства необходима срочная выработка альтернативных подходов к управлению промыслом ставриды в ЮТО и криля в море Скотия. Одним из таких подходов может быть исследование масштабов и механизмов межгодовых изменений промысловыми ресурсами криля и ставриды под влиянием условий среды обитания и промысла для создания методологии управления запасами, соответствующей особенностям этими уникальных объектов промысла.

Цель настоящей статьи – представить предварительные результаты использования современной океанологической информации для исследования состояния промысловых биоресурсов в АЧА и ЮТО на основе альтиметрических измерений и не имеющих аналогов в мире баз данных и баз знаний, имеющихся в настоящее время в распоряжении российских ученых.

Представленные в ней результаты следует рассматривать как первый этап исследований, соответствующих или даже превосходящих по информационно-методическому уровню существующие в настоящее время в АНТКОМе и SPRFMO.

Главная цель таких исследований должна состоять в создании научного обоснования для увеличения общего, а также российского вылова ставриды и антарктического криля.

Материалы и методы

В работе использованы результаты работы крупнотоннажных траулеров бывшего СССР на промысле криля в АЧА и ставриды в ЮТО. Эти материалы являются наиболее точными и надежными, поскольку после получения их непосредственно из районов промысла они проходили тщательную проверку на информативность и достоверность и после этого оперативно использовались для разработки промысловых прогнозов и рекомендаций добывающему флоту. На следующем этапе полученные результаты обобщались и представлялись в виде месячных обзоров развития промысла с учетом наблюдавшихся океанологических и гидрометеорологических процессов, влияющих на распределение и поведение объектов промысла.

В конце каждого года составлялись Промысловые атласы, в которых для каждого месяца была представлена характеристика развития промысла в связи с особенностями океанологических и гидрометеорологических процессов. В настоящей работе использованы материалы промысловых атласов по районам южной части Тихого океана и по району Антарктической части Атлантики [11-12].

Анализ распределения промысловых скоплений ставриды и криля процессами в обширных по площади районах, которыми являются южная часть Тихого океана и море Скотия, показывает, что наиболее плотные скопления этих объектов промысла связаны с мезомасштабными процессами в верхнем слое океана. Характерными пространственно-временными масштабами этих процессов были 100-300 км по пространству и 15-35 суток по времени. Поэтому результаты спутниковых альтиметрических измерений представляются наиболее информативными натурными данными, для исследования механизмов формирования промысловых скопления.

Альтиметрические измерения выполняются в рамках международного научного проекта AVISO (Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data), в результате обработки всех данных, получаемых с искусственных спутников Земли, работающих по программе TOPEX/POSEIDON (рисунок 1).

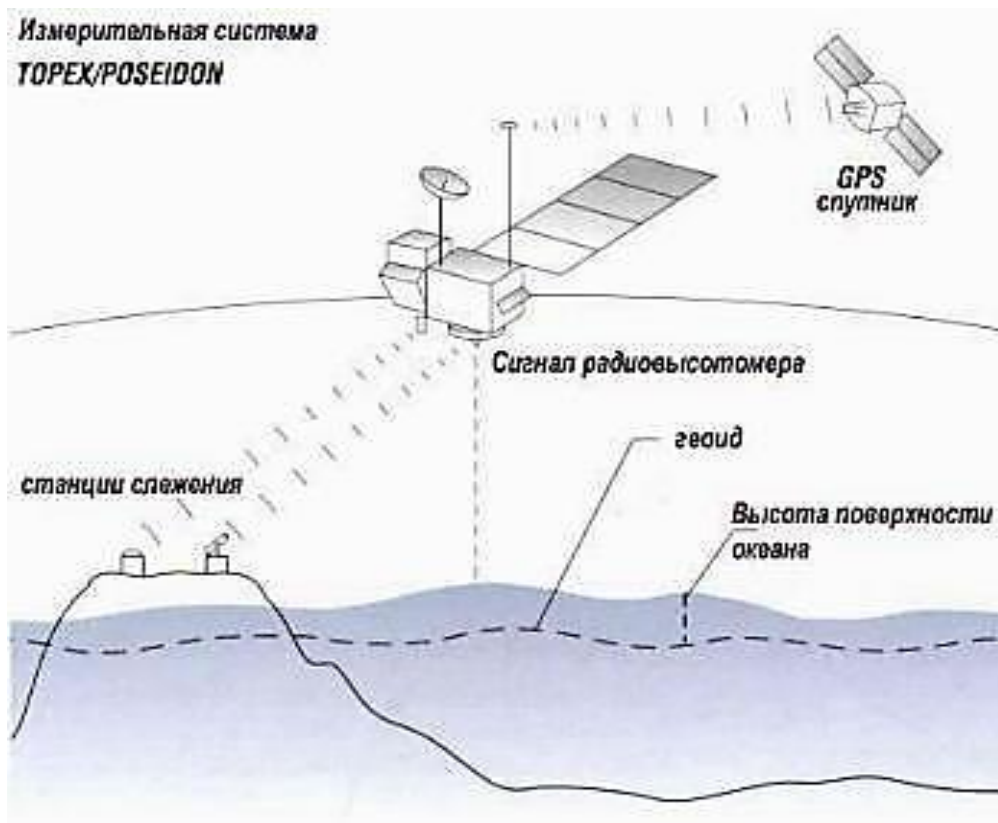


Рис. 1. Схема спутниковых альтиметрических измерений – определение высоты уровневой поверхности океана с точностью ± 2 см и получение с недельной дискретностью полей уровневой поверхности для всей акватории Мирового океана. Поскольку альтиметрия стала доступна лишь начиная с 1993 года, в то время, как промысел уже был прекращен, в расчетах была использована реконструированная альтиметрия.

Реконструкция была выполнена путем комбинации альтиметрических данных высокого разрешения с длинными временными рядами мареографов. В работе был применен подход с использованием циклостационарных ортогональных функций (ЦОФ), который представляет собой модернизацию классического метода главных компонент (ГК).

Циклостационарным процессом называется процесс, у которого статистические параметры (дисперсия и автокорреляция) демонстрируют периодичность, то есть циклически изменяются во времени. Это позволяют учесть периодичности в изменчивости анализируемых данных, тем самым получить требуемые результаты.

Таким образом, ЦГК дают возможность определить, как меняется взаимосвязь каждой ГК с исходными рядами во времени. Переход от обычных ГК к ЦГК позволяет оценить внутреннюю структуру изменчивости исходных рядов (аналогия: Фурье-анализ и Вейвлет анализ). Более подробные сведения о методе ЦГК приведены в работах [13-14].

Первичные данные размещены в свободном доступе в сеим ИНТЕРНЕТ на сайте <https://podaac.jpl.nasa.gov> в формате NetCDF.

Анализ полученных в ходе реконструкции значений и нагрузок ЦГК показал их хорошую согласованность как с исходными данными альтиметрии, так и с данными климатических индексов (рисунок 2).

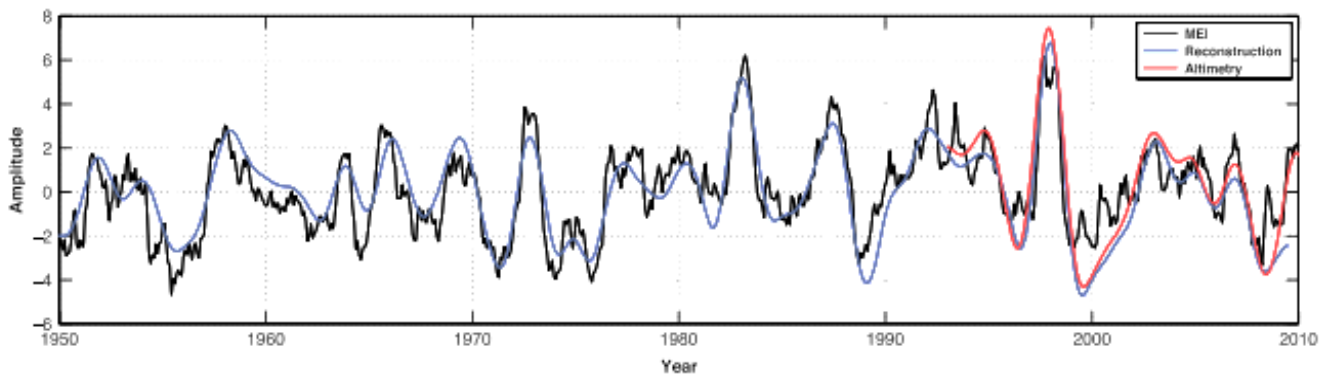


Рис.2. Сравнение временной изменчивости индекса MEI (Multivariate ENSO Index) – черная линия) с изменчивостью временных рядов 2-х ЦГК, рассчитанных по исходным альтиметрическим данным (красная линия), полученным в ходе работы ретроспективным данным (синяя) [13].

В результате для последующего анализа был сформирован массив аномалий среднемесячных величин высоты уровенной поверхности океана в 5 точках южной части Атлантического и Тихого океанов (рисунок 3).

Выбор параллели 55 град ю.ш. обусловлен необходимостью отслеживать преобладающую изменчивость в верхних слоях океана, происходящих в этой полосе широт при перемещении возмущений с запада на восток.

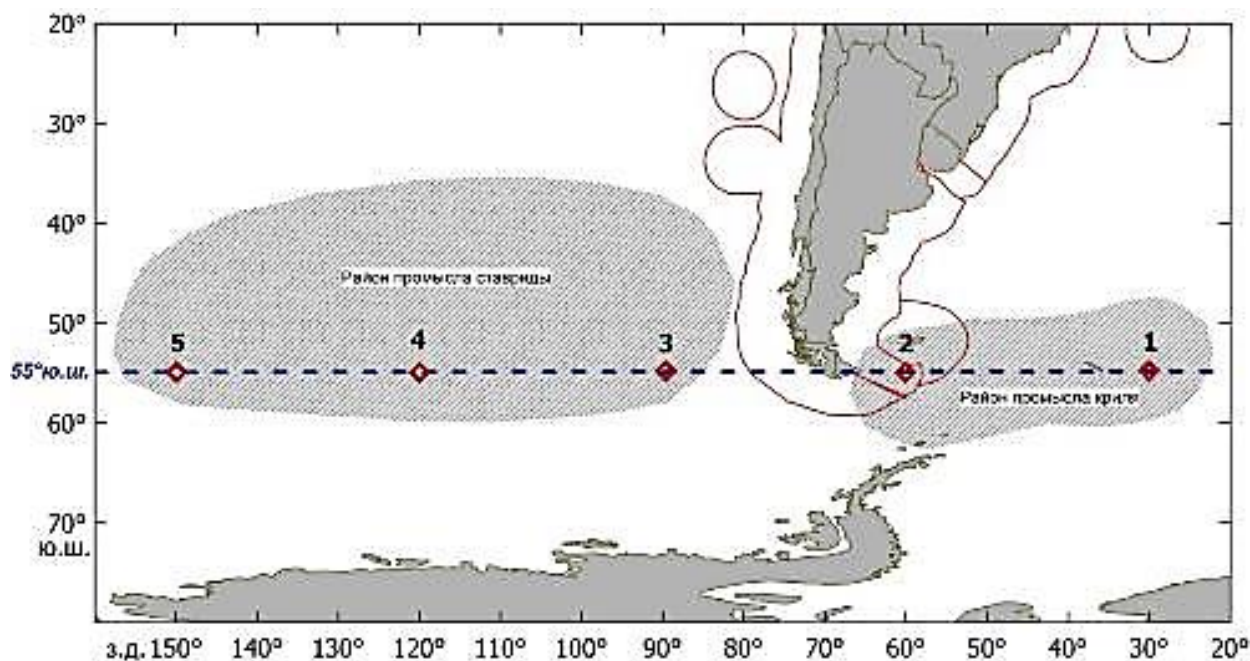
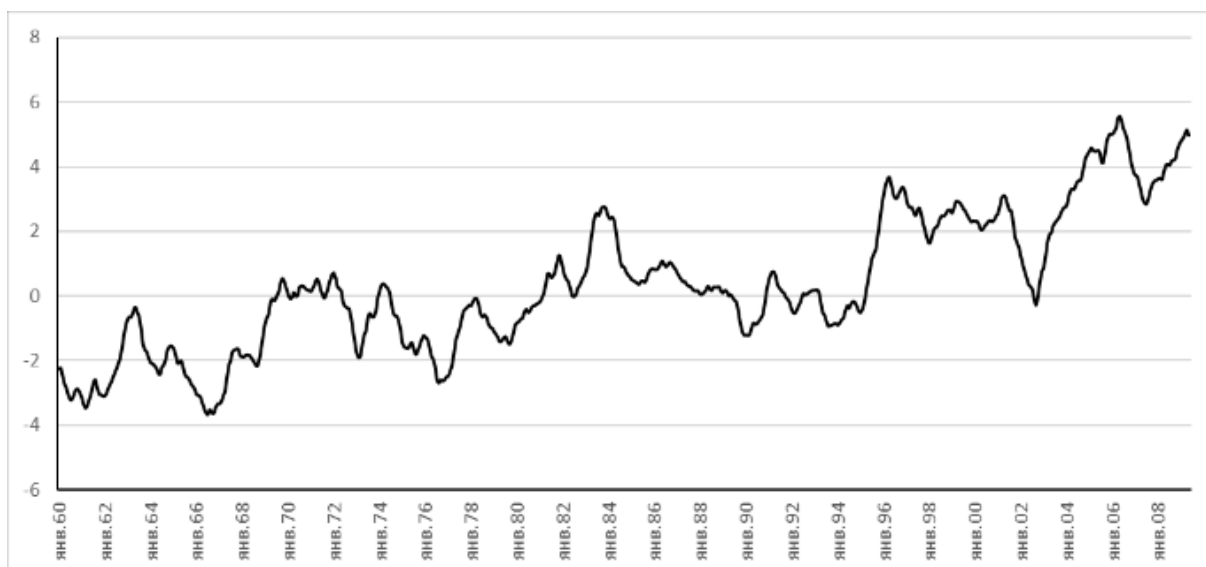


Рис. 3. Географическое положение точек в южных частях Тихого и Атлантического океанов для определения среднемесячных значений аномалий высоты уровенной поверхности Мирового океана с использованием спутниковых альтиметрических измерений

Полученные результаты

Анализ реконструированных данных альтиметрических измерений высоты уровенной поверхности океана (рисунки 4-8) показал, что они адекватно отражают динамику вод в поверхностных слоях океана. Установлена сопряженность в изменениях мезомасштабной динамики вод и состояния промысловых биоресурсов периодичности, что является основой для суждений о будущем состоянии промысловых биоресурсов ставриды и криля, а также для продолжения исследований в этом направлении.

А



Б

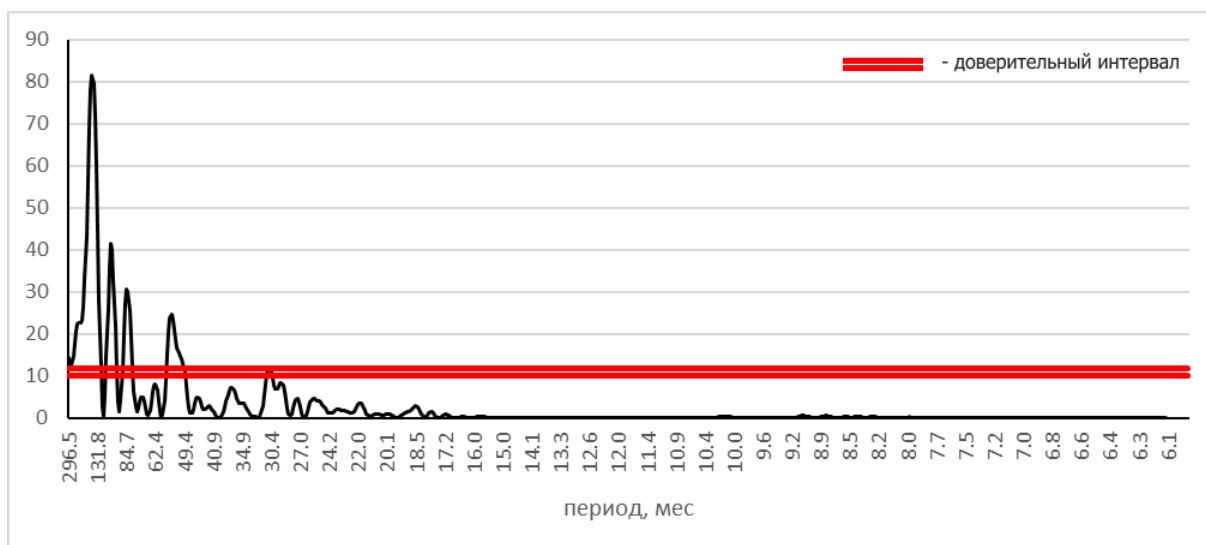
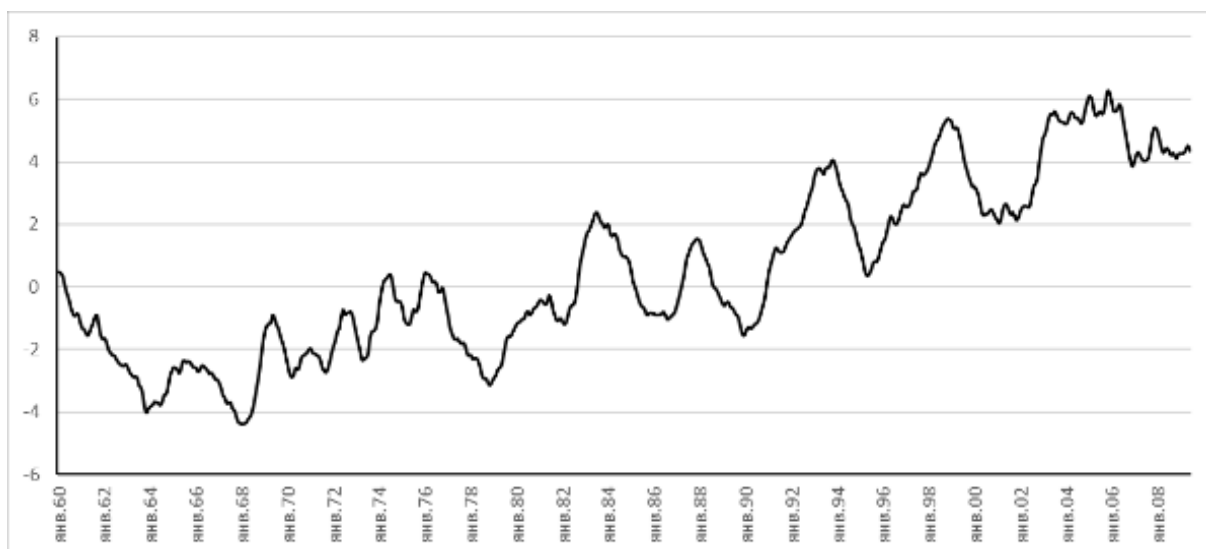


Рис. 4. Сглаженные скользящим средним по 13 точкам среднемесячные значения аномалий высоты уровня поверхности океана (см) в точке №1 (55 ю.ш., 30 з.д.) с января 1960 г. по июнь 2009 г. (А) и периодограмма этих изменений (Б)

А



Б

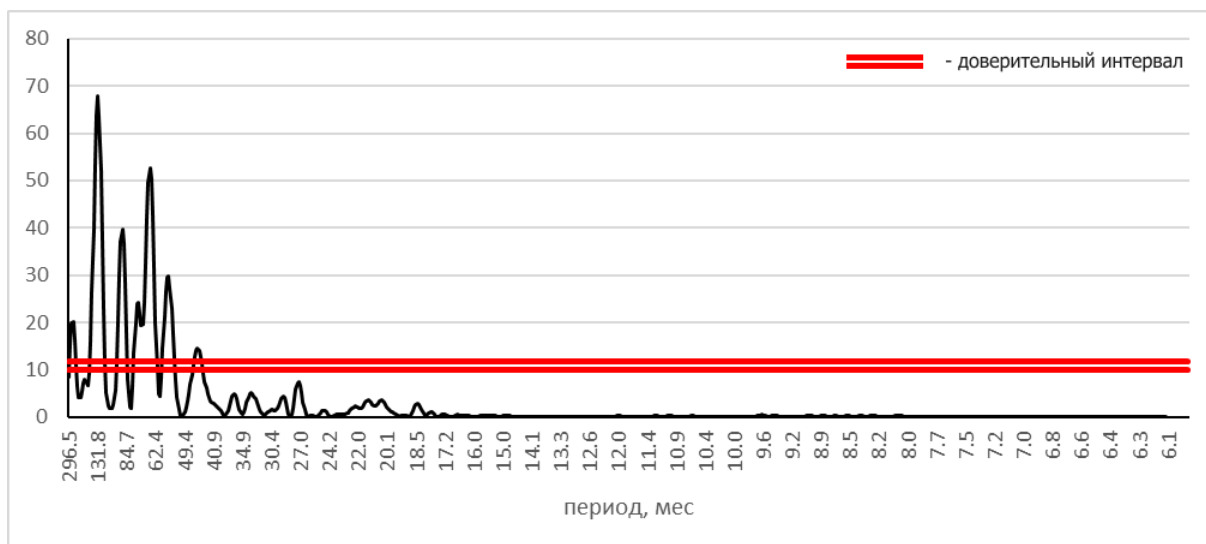
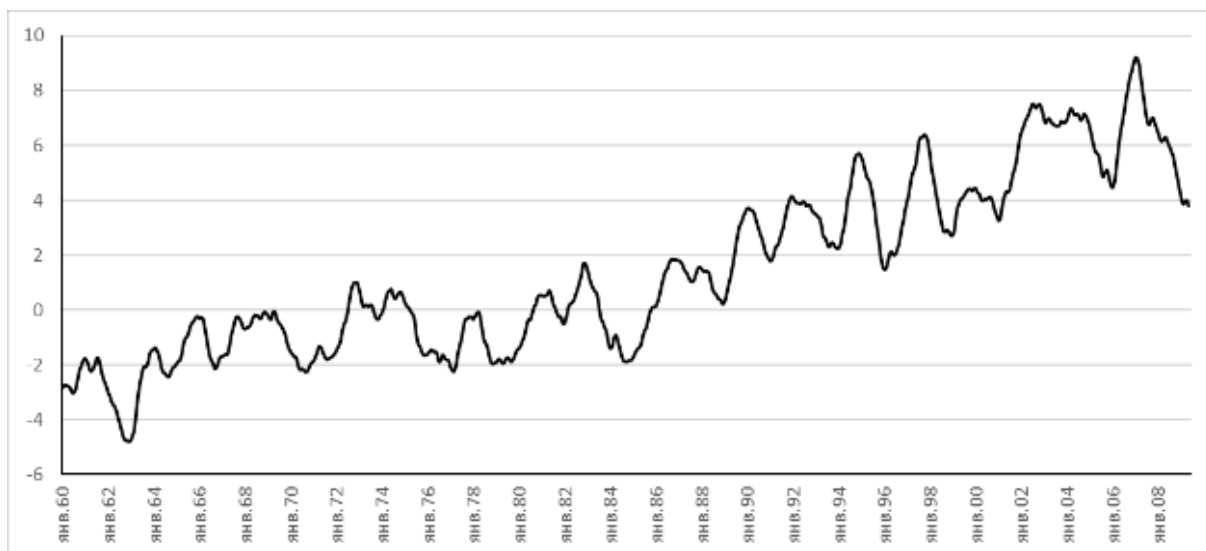


Рис. 5. Сглаженные скользящим средним по 13 точкам среднемесячные значения аномалий высоты уровня поверхности океана (см) в точке №2 (55 ю.ш., 60 з.д.) с января 1960 г. по июнь 2009 г. - (А) и периодограмма этих изменений - (Б)

А



Б

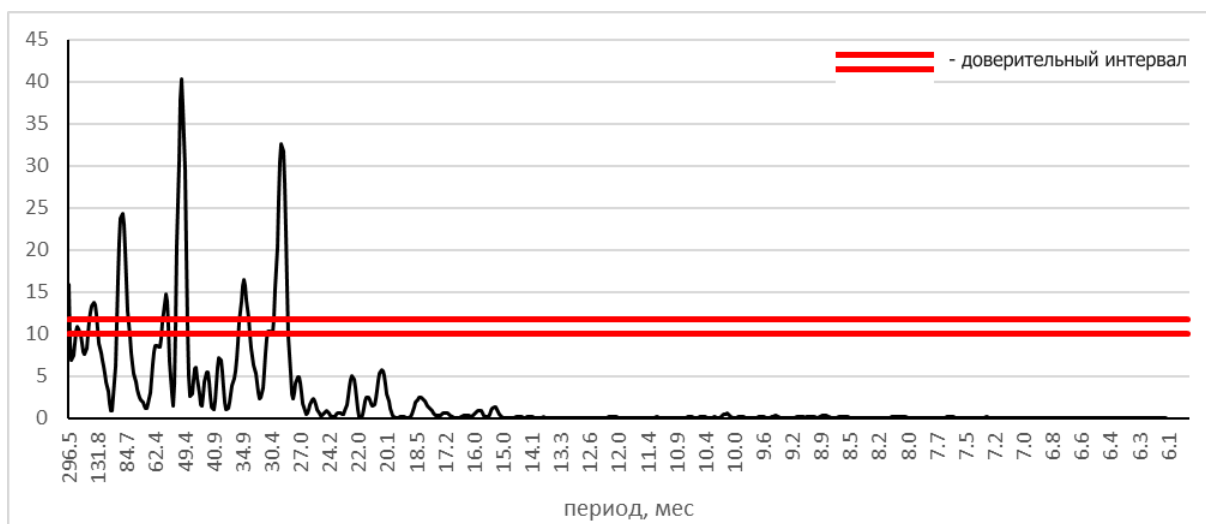
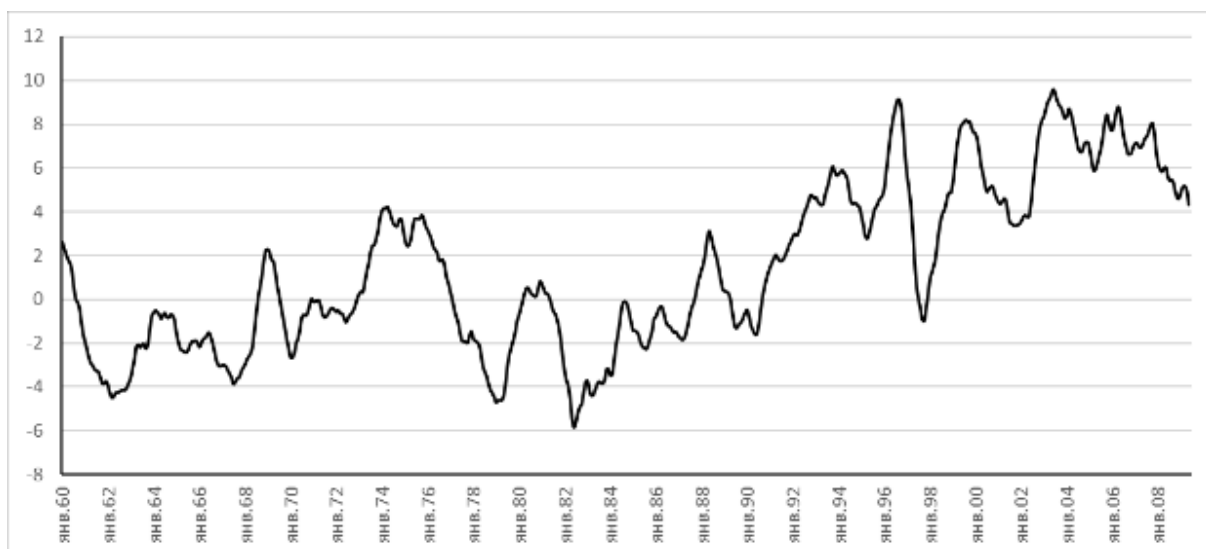


Рис. 6. Сглаженные скользящим средним по 13 точкам среднемесячные значения аномалий высоты уровня поверхности океана (см) в точке №1 (55 ю.ш., 30 з.д.) с января 1960 г. по июнь 2009 г.- (А) и периодограмма этих изменений - (Б)

А



Б

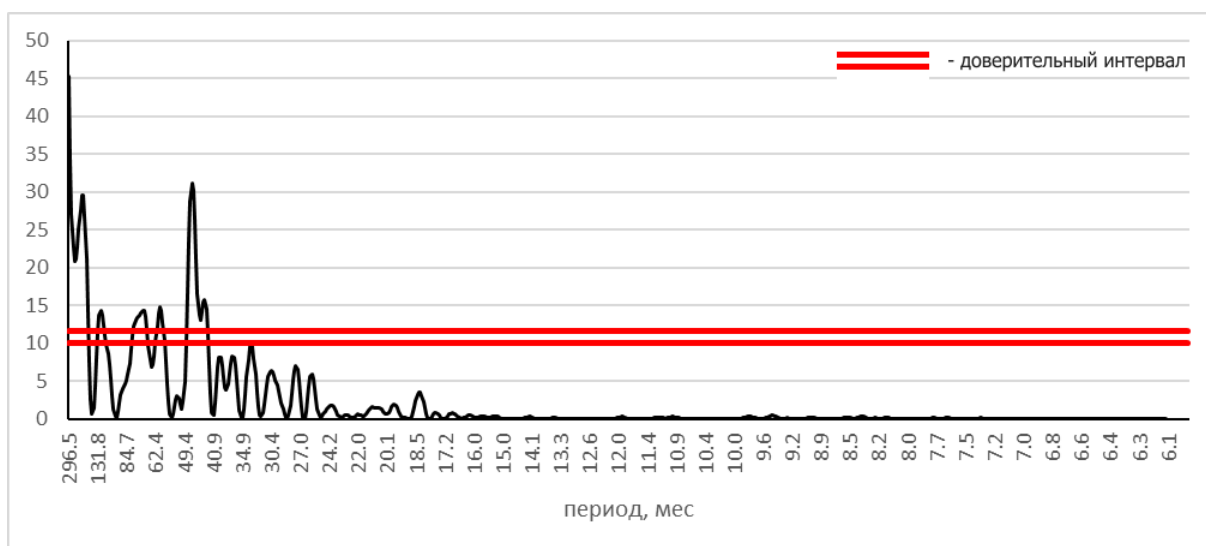
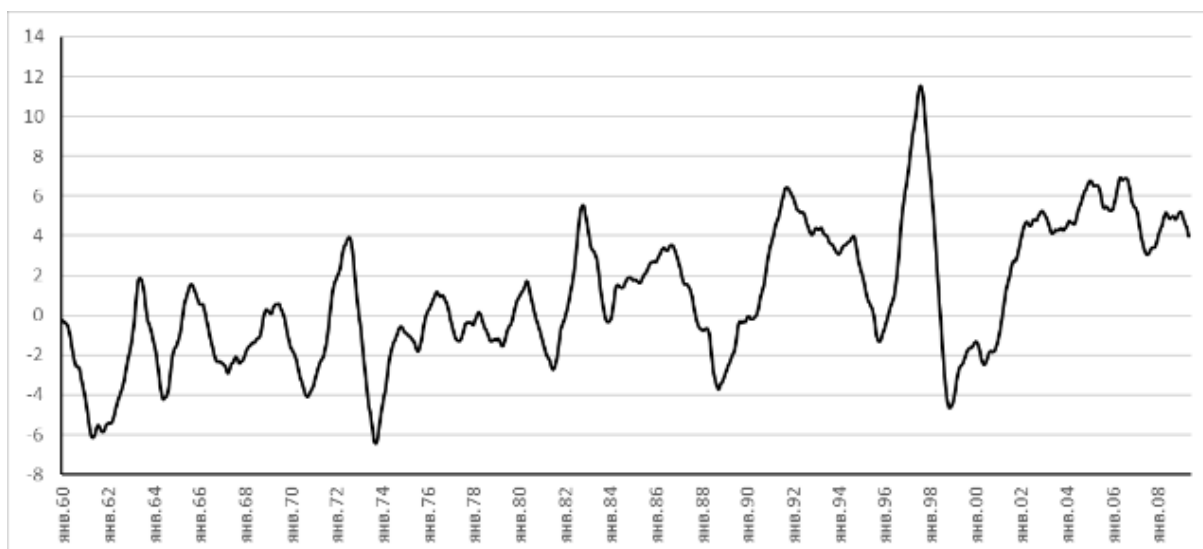


Рис. 7. Сглаженные скользящим средним по 13 точкам среднемесячные значения аномалий высоты уровенной поверхности океана (см) в точке №1 (55 ю.ш., 120 з.д.) с января 1960 г. по июнь 2009 г. - (А) и периодограмма этих изменений - (Б)

А



Б

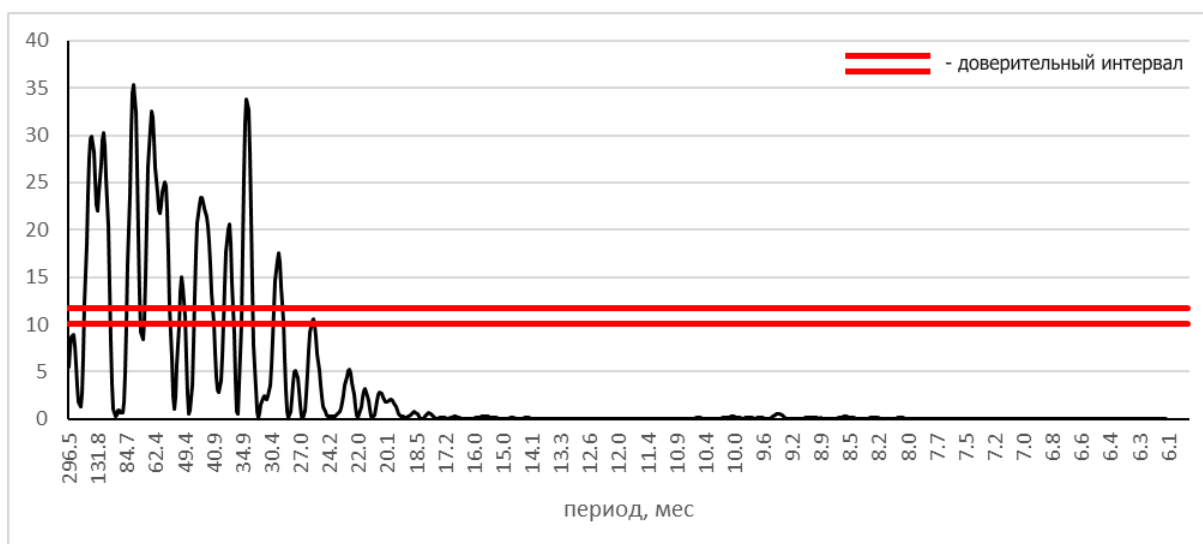


Рис. 8. Сглаженные скользящим средним по 13 точкам среднемесячные значения аномалий высоты уровня поверхности океана (см) в точке №5 (55 ю.ш., 150 з.д.) с января 1960 г. по июнь 2009 г.- (А) и периодограмма этих изменений- (Б)

Заключение

Полученные в настоящей работе результаты следует рассматривать предварительные и будут служить основой для дальнейших исследований. Однако уже на этом этапе их можно использовать для оценки ожидаемых изменений в состоянии промысловых биоресурсов результаты.

Следует также отметить, что реализованный в работе подход к изучению масштабов и механизмов влияния условий среды обитания на состояние эксплуатируемой экосистем океана находится в русле результатов, опубликованных зарубежными учеными в самые последние годы.. Это работы [15], в которой на современной информационно-методической основе обозначен приоритет продолжения исследований мезомасштабной динамики вод в верхнем слое океана.

Кроме того, в работе [16] обоснована необходимость использования в современных условиях, прежде всего- в условиях климатических изменений - адаптивного подхода в управлении водными и биоресурсами Мирового океана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года// Режим доступа URL: http://www.fish.gov.ru/files/documents...strategiya_2030.pdf (дата обращения 29.08.2022)
2. Проблемы и перспективы освоения биоресурсов Мирового океана в интересах Российской Федерации (по итогам заседания Научно-экспертного совета при Председателе Совета Федерации, 27 ноября 2019 года). Аналитический вестник Совета Федерации Федерального собрания Российской Федерации №26 (740)
3. Чернышков П.П., Краснобородько О.Ю., Чуринов Д.А., Шустин А.Я. 2022 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//ж. «Рыбное хозяйство» №1, с. 4-12
4. Федотов М. С., Чернышков П. П. 2019 Распределение промысловых скоплений ставриды в южной части Тихого океана в связи с океанологическими условиями// Научный журнал «Известия КГТУ», № 55, с. 122-134
5. Промысловое описание продуктивных районов Атлантического океана (к югу от параллели 50 град. с.ш.) и юго-восточной части Тихого океана/ К.Г. Кухоренко [и др.]; ФГУП «АтлантНИРО», – Калининград: Капрос, 2013. – 415 с., илл.
6. Промыслово-океанологические исследования АтлантНИРО.: монография в 2-х томах/ под редакцией В.Н. Яковлева – Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2002. – 526 с.
7. ICES World Conference on Stock Assessment Methods (WCSAM), 15-19 July 2013, Boston, USA. ICES CM 2013/ ACOM/SCICOM:02., – 87 p.
8. Hydrography and Jack mackerel stock in the South Pacific – Final report Studies for European Commission Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries/ Niels T. Hintzen, Ad Corten, François Gerlotto et al. // IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem. 2014. – 68 p.
9. The concept of “Pelagic metapopulation” as exemplified by the case of Jack mackerel *Trachurus murphyi* in the South Pacific Ocean // SPRFMO, Meeting of Scientific Comitee, 2016.
10. Modelling South Pacific jack mackerel spatial population dynamics and fisheries./ A.-C. Dragon, I. Senina, N.T. Hintzen, P. Lehodey// Fisheries Oceanography. – 2018. – V. 27. – pp. 97-113doi:10.1111/fog.12234
11. Промысловые атласы юго-восточной части Тихого океана за 1981-1991 гг. – Калининград: Управление «Запрыбпромразведка», 1982-1992.
12. Промысловые атласы Юго-Западной и Антарктической части Атлантики за 1981-1991 гг. – Калининград: Управление «Запрыбпромразведка», 1982-1992.
13. Kim K-Y, Hamlington B, Na. H. Theoretical foundation of cyclostationary EOF analysis for geophysical and climatic variables: Concepts and examples. Earth-Science Reviews, 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.06.03>.
14. B. D. Hamlington, R. R. Leben, M. W. Strassburg and K.-Y. Kim Cyclostationary empirical orthogonal function sea-level reconstruction. Geoscience Data Journal, 2014, pp.13-19.
15. Raquel S. Progress to Date and Future Perspective of Ocean Research. 2018; 7(3): 555712 Oceanogr. Fish Open Access J.. DOI: 10.19080/OFOAJ.2018.07.5557
16. Bahri, T., Vasconcellos, M., Welch, D.J., Johnson, J., Perry, R.I., Ma, X. & Sharma, R., eds. 2021. Adaptive management of fisheries in response to climate change. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No.667. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb3095en>

MESOSCAL DYNAMICS OF THE WATER OF THE SOUTH PACIFIC AND ATLANTIC OCEANS IN RELATION TO THE COMMERCIAL RESOURCES OF SCADURIS (*TRACHURUS MURPHY*) AND ANTARCTIC KRILL (*EUPHAUSIA SUPERBA*)

¹Chernyshkov Pavel Petrovich, doctor of geographical sciences, professor; professor of department of water bioresources and aquaculture, institute of Fisheries and Aquaculture,

²Fedotov Maksim Sergeevich, competitor of the Department of Bioresources and Aquaculture, Institute of Fisheries and Aquaculture,

³Shustin Alexander Yakovlevich, PhD student of department of water bioresources and aquaculture, institute of Fisheries and Aquaculture,

⁴ Zuev Kirill Yurievich, 1st year master's student in "Ecology and nature management", Faculty of Biology

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

e-mail: ¹pavel.chernyshkov@klgtu.ru

⁴Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

An analysis of the mesoscale water dynamics based on reconstructed satellite measurements of the ocean level height in the southern parts of the Pacific and Atlantic oceans has been carried out. The results of the analysis are compared with the characteristics of the development of the fishery and with the parameters of the commercial bioresources of horse mackerel in the South Pacific Ocean and krill in the Antarctic part of the Atlantic in 1981-91. from trade atlases.

The conjugation of spatio-temporal changes in the commercial bio-resources of horse mackerel and krill and the parameters of mesoscale water dynamics has been established.

The results obtained can be used in scientific support for the resumption of Russian fishing in these areas.

УДК 639.3.03

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ЭКСТРУДИРОВАННОГО КОРМА ПРИ ПОДРАЩИВАНИИ МОЛОДИ КЕТЫ В УСЛОВИЯХ ДВУХ ЦЕХОВ ЛОСОСЕВОГО РЫБОВОДНОГО КОМПЛЕКСА «НАЙБА»

¹Шевцов Владимир Александрович, магистрант

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

³Гринберг Екатерина Владимировна, старший преподаватель

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», Южно-Сахалинск, Россия,

e-mail: ¹voldemor_84@mail.ru

Рассмотрены особенности и приведены результаты подращивания молоди кеты отечественным экструдированным кормом на двух лососевых рыболовных заводах с различным термическим режимом в период кормления. В течение трёх рыболовных циклов подтверждена эффективность применения кормов отечественного производства в период подращивания молоди тихоокеанских лососей.

На протяжении последних десяти лет для рыбной отрасли Сахалинской области характерны положительные тенденции роста натуральных и финансовых показателей по основным видам экономической деятельности: рыболовство, рыбоводство, переработка и консервирование. В области действует более 70 лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ), обеспечивающих около 14% от выпуска молоди лососевых всеми государствами Северной части Тихого океана [1].

Выбор кормов в рыбоводстве имеет решающее значение, потому что затраты на них составляют от 40 до 50% от себестоимости продукции [2]. Большие резервы увеличения производства продуктов рыбоводства заключаются в повышении коэффициента полезного действия потребляемых животными кормов [3].

Для полноценного развития и роста рыб необходим определенный и строго сбалансированный набор питательных веществ. При составлении пищевых рационов учитывают потребности конкретного вида рыб и возрастные физиологические особенности [4]. При разведении тихоокеанских лососей на ЛРЗ Сахалинской области в течение последних 30 лет использовали зарубежные комбинированные сбалансированные гранулированные и экструдированные корма, в основном, производства Японии и Дании. Эти корма, несмотря на их значительную стоимость, очень хорошо себя зарекомендовали: молодь их охотно потребляла, быстро переходила на внешнее питание, отлично росла (линейный и весовой рост). Затраты корма сократились, поскольку коэффициент оплаты корма был лучше заявленного производителем на 0,1-0,2 единицы; качество выпускаемой молоди значительно улучшилось, а доля промыслового возврата возросла.

В последние несколько лет, на десяти ЛРЗ Сахалинского филиала «Главрыбвода», при подращивании молоди тихоокеанских лососей, стали использовать российские аналоги комбикормов, не уступающие по своим характеристикам зарубежным.

Исследование проводили в условиях двух ЛРЗ: Березняковского и Соколовского цехов, входящих в состав лососевого рыбоводного комплекса «Найба» (ЛРК «Найба») в течение трех рыбоводных циклов (2018-2019, 2019-2020 и 2020-2021 гг.). Подращенную до плановой массы молодь кеты из этих цехов выпускают в базовые водотоки - притоки реки Найба, одной из крупнейших рек Сахалина, впадающей в залив Терпения Охотского моря (Юго-Восточное побережье). Термический режим воды в начальный период подращивания молоди на рыбоводных предприятиях отличается: Березняковский цех считается «тепловодным», а Соколовский – «холодноводным». Границей холодно- или тепловодности в период раскармливания молоди считается 3-4°C.

Цель данного исследования - выяснить и сравнить эффективность кормления молоди кеты кормом отечественного производства «ЭСКТЛ» в различных температурных условиях.

До 2018 г. на ЛРК «Найба» молодь подращивали, используя зарубежный корм датской компании Aller Aqua. Начиная с рыбоводного цикла 2018-2019 гг. на ЛРК «Найба» стали применять корм и от компании «Аграрные технологии» Новосибирской области - «ЭСКТЛ 64/10» (62/10). Этот корм состоит из: низкотемпературной рыбной муки, специальной низкотемпературной рыбной муки (содержащей низкомолекулярные, водорастворимые, легкоусвояемые протеины), пшеницы, пшеничного глютена, крилевой муки, рыбьего жира, витаминно-минерального премикса, антиоксиданта Окси-Нил RX плюс (сухой) [5]. Корм ЭСКТЛ используют совместно с иммуностимулятором. В рыбоводном цикле 2018-2019 гг. отечественный корм использовали совместно с датским кормом, а в последующие два цикла полностью перешли на отечественный (Новосибирский) корм.

На Березняковском и Соколовском цехах ЛРК «Найба» молодь кеты поднимали на плав (переводили на внешнее питание) с первой по третью декады апреля. Продолжительность кормления была в среднем 60-67 дней. В условиях Березняковского цеха молодь начинали кормить при температуре не менее 5,6°C постепенно увеличивая температуру до 6,4-6,5°C в период активного питания молоди. На Соколовском заводе кормление молоди кеты начинали при меньшей температуре. В период начала подкормки молоди термический режим воды был на уровне 1,9-3,3°C, далее постепенно увеличивался до 4,5-6,6°C. Термический режим несомненно влиял на режим кормления, суточные приросты и общие результаты кормления.

Данные по суточному приросту молоди кеты в период кормления на Березняковском цехе ЛРК «Найба» представлены на рис. 1.

В начале периода подращивания прирост молоди кеты был 4,8-7,7 мг/сут при суточном рационе 0,8-1,1%. В конце периода кормления показатели прироста возросли до 20,2 мг/сут, а суточный рацион кормления до 1,9% от массы.

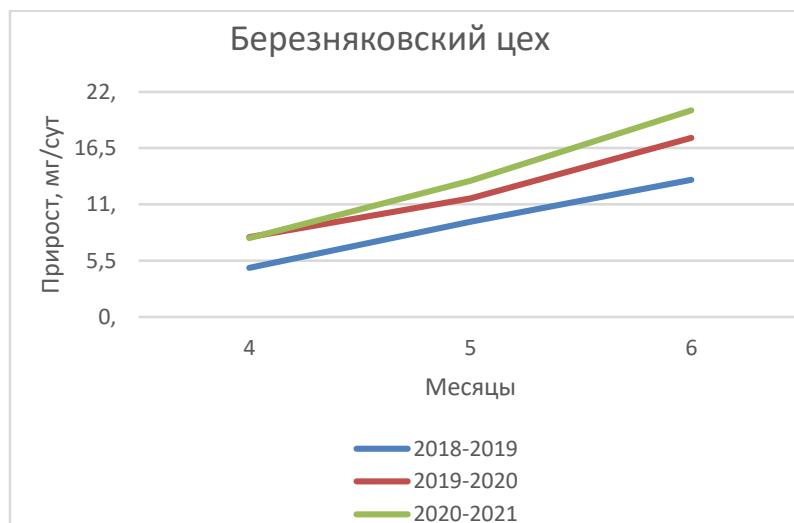


Рис. 1. Суточный прирост молоди кеты в период кормления, мг (Березняковский цех 2018-2021 гг.) [6, 7, 8]

Прирост молоди кеты в Соколовском цехе в начале кормления составлял 4,4-6,6 мг/сут при суточном рационе от 0,5% до 1,2%. К концу этапа кормления прирост был около 11,9 мг/сут, суточный рацион при этом увеличивали до 1,7% (рис. 2).

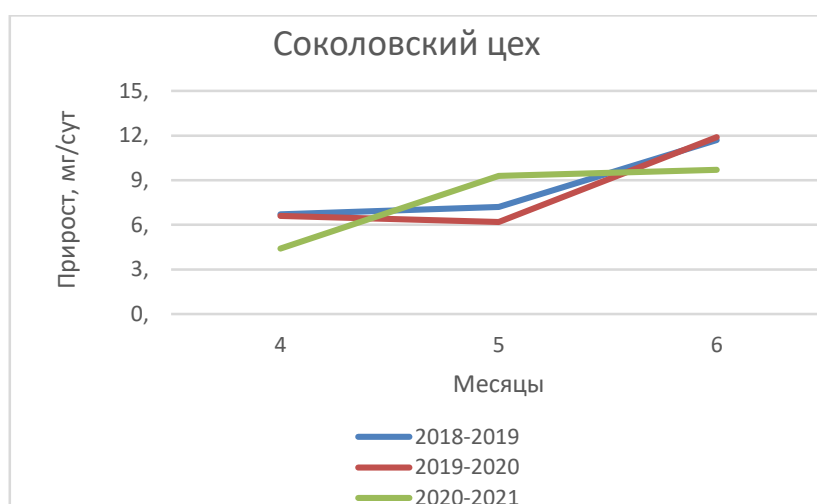


Рис. 2. Суточный прирост молоди кеты в период кормления, мг (Соколовский цех 2018-2021 гг.) [9, 10, 11]

В целом, показатели суточного прироста молоди, подращиваемой в условиях Соколовского цеха несколько ниже, чем в Березняковском, что связано с отличиями абиотических условий (прежде всего, температуры) в период инкубирования икры, выдерживания предличинок и подращивания молоди.

Темп суточного прироста сказывался на общем приросте молоди. В начале кормления средняя масса молоди была от 279 мг до 324 мг. Перед выпуском средняя масса мальков достигала более 1000 мг. Максимальный прирост массы за месяц наблюдали в рыбноводном цикле 2020-2021 гг. - с апреля по май он составил более 600 мг. При этом, на начальных этапах кормления молоди кормовой коэффициент был около 0,4, в среднем же, кормовой коэффициент был на уровне 0,8.

Для оценки влияния биотехники кормления, а также абиотических условий в период подращивания на морфометрические показатели молоди, такие как масса, были построены графики с частотами распределения массы особей перед выпуском (рис. 3).



Рис. 3. Частота распределения значений массы молоди кеты перед выпуском, старшие партии (Березняковский цех, 2018 -2021 гг.) [6, 7, 8]

В распределении молоди, выпущенной с Березняковского цеха ЛРК «Найба», наблюдали значительные отклонения от нормального распределения. Тем не менее, распределение массы особей перед выпуском 2021 г. более близко к нормальному, чем в предыдущие годы - основная часть особей (30%) была с массой 1000-1050 мг.

На Соколовском цехе ЛРК «Найба», исходя из данных по частоте распределения массы молоди кеты перед выпуском, кривые в рыбоводных циклах 2018-2019 г. и 2019-2020 гг. наиболее близки к нормальному распределению. Основная часть особей перед выпуском была с массой 850-900 мг (14,4%) в 2019 г. и 21,7% в 2020 г. (рис. 4).

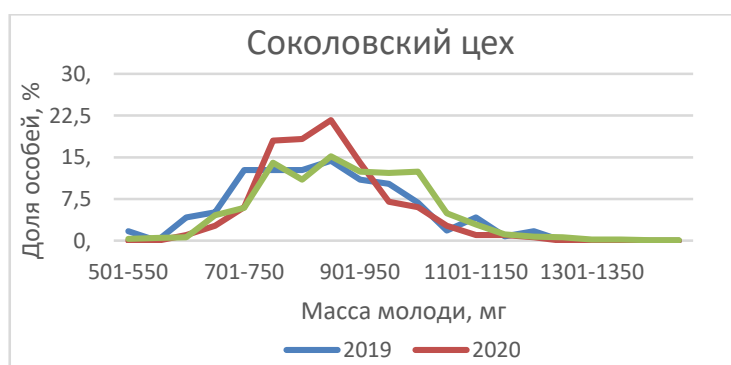


Рис. 4. Частота распределения значений массы молоди кеты перед выпуском, старшие партии (Соколовский цех, 2018 -2021 гг.) [9, 10, 11]

Наиболее эффективной биотехника искусственного разведения, в том числе и на этапе подращивания была в рыбоводном цикле 2019-2020 гг., поскольку в эти годы наблюдали наименьшую степень варьирования признака.

Заключение

Кормление молоди кеты кормом отечественного производства «ЭСКТЛ» в условиях рыбоводных предприятий с различным термическим режимом, на протяжении трёх рыбоводных циклов, в целом, доказало свою эффективность. Однако стоит отметить, что резкие перепады температуры воды и недостаточное количество воды на этапе подращивания, ухудшают эффективность кормления, негативно влияя на морфометрические параметры выпускаемой молоди.

Показано, что Новосибирский корм «ЭСКТЛ» не менее эффективен при пониженных температурах воды в начале подращивания (около 3-4°C), характерных для Соколовского цеха, однако в этом случае его необходимо применять со специальной иммуностимулирующей добавкой, разработанной фирмой «Агротех».

Использование кормов «ЭСКТЛ» позволило на двух рыбоводных предприятиях ЛРК «Найба», в течение трех рыбоводных циклов, полностью заменить зарубежные корма на отечественные. Гибель молоди за период подращивания с применением отечественного корма составила не более 0,6% при допустимых 3%. Суточный и общий приросты за все время кормления были на достаточно высоком уровне, что позволило выпускать молодь с массой более 800 мг. Стоимость отечественного корма на 20–40 руб./кг меньше, чем у зарубежных аналогов - это позволит снизить себестоимость рыбоводной продукции на ЛРЗ Сахалинской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сахалино-Курильское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству. Официальный сайт [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://sktufar.ru> (Дата обращения: 20.01.22).
2. Пономарев, С.В. Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры юга России / С.В. Пономарев, Е.А. Гамыгин, С.И. Никоноров. – Астрахань: «Новаплюс», 2002. - 264 с.
3. Аринжанов А.Е., Кирясова Ю.А. Использование ферментных препаратов в кормлении рыб/ А.Е. Аринжанов, Ю.А. Кирясова // ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». – Оренбург, 2017. С. 1482 – 1488.
4. Кормление рыб: краткий курс лекций для студентов III курса направления подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура / Сост.: И.В. Поддубная // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 56 с.
5. ООО НПК «Агротех» каталог кормов для аквакультуры, 2020 – Официальный сайт [Электронный ресурс] – Режим доступа: prkagroteh.ru (Дата обращения: 20.02.22).
6. Отчет о производственной деятельности ЛРК «Найба» (Березняковский цех) за 1-ое полугодие 2019 г.: с. Березняки: ФГБУ Сахалинрыбвод, 2019 г. - 7 с.
7. Отчет о производственной деятельности ЛРК «Найба» (Березняковский цех) за 1-ое полугодие 2020 г.: с. Березняки: ФГБУ Сахалинрыбвод, 2020 г. - 7 с.
8. Отчет о производственной деятельности ЛРК «Найба» (Березняковский цех) за 1-ое полугодие 2021 г.: с. Березняки: ФГБУ Сахалинрыбвод, 2021 г. - 7 с.
9. Отчет о производственной деятельности ЛРК «Найба» (Соколовский цех) за 1-ое полугодие 2019 г.: с.Сокол: ФГБУ Сахалинрыбвод, 2019 г. - 7 с.
10. Отчет о производственной деятельности ЛРК «Найба» (Соколовский цех) за 1-ое полугодие 2020 г.: с.Сокол: ФГБУ Сахалинрыбвод, 2020 г. - 7 с.
11. Отчет о производственной деятельности ЛРК «Найба» (Соколовский цех) за 1-ое полугодие 2021 г.: с.Сокол: ФГБУ Сахалинрыбвод, 2021 г. - 7 с.

EXPERIENCE OF APPLICATION OF DOMESTIC EXTRUDED FEED WHEN GROWING YOUNG CHUM SALMON IN TWO SHOPS OF NAIBA SALMON FISH BREEDING COMPLEX

¹Shevtsov Vladimir Aleksandrovich, undergraduate

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

³Grinberg Ekaterina Vladimirovna, without a degree, senior lecturer

^{1,2,3}Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Sakhalin State University (SakhSU), Institute of Natural Sciences and Technosphere Safety, Department of Ecology, Biology and Natural Resources, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, e-mail: ¹voldemor_84@mail.ru

The article discusses the features and results of rearing chum salmon fry with domestic extruded feed at two salmon hatcheries with different thermal conditions during the feeding period. During three fish-breeding cycles, the effectiveness of the use of domestically produced feeds during the growing period of juvenile Pacific salmon was confirmed.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА (*CHERAX QADRICARINATUS*, VON MARTENS 1868) В АКВАПОННОЙ УСТАНОВКЕ

¹Юшко Любовь Владимировна, аспирант, специалист по УМР

²Шибяев Сергей Вадимович, д-р биол. наук, профессор

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹lyubov.yushko@klgtu.ru; ²shibaev@klgtu.ru

*Рассматриваются результаты экспериментов по культивированию красноклешневого австралийского рака *Cherax quadricarinatus*, Von Martens, 1868 в аквапонной установке. В качестве растительного объекта в системе применялась микрозелень посевного гороха *Pisum sativum* L., 1753. Установлено что содержание раков в одной системе с растениями способствует увеличению выживаемости молоди в экспериментальных аквапонных установках (83,3–90 %) в сравнении с контрольной группой (60 %), выращиваемой без растений. Также было описано влияние гидропонного модуля на динамику некоторых органических веществ в воде.*

Введение

Аквапоника – направление ведения сельского хозяйства, основанное на совместном выращивании гидробионтов и растительных культур. Аквапонные системы характеризуются значительным экономическим потенциалом в связи с рядом преимуществ перед классическими рыбоводством и растениеводством, среди которых экономия ресурсов (водных и земельных), получения рыбной и растительной продукции в рамках одного предприятия, создание дополнительных рабочих мест, сокращение рисков, сопутствующих созданию предприятия – сроков окупаемости за счет получения и реализации дополнительной растительной продукции.

На данный момент аквапоника все еще находится в начале развития и не имеет разработанных методик применения технологии к различным формам аквакультуры, однако возрастающее количество новых публикаций ученых в России и за рубежом указывают на высокий интерес научного сообщества к данной теме.

Целью данной работы является проведение экспериментов по установлению возможности культивирования красноклешневого австралийского рака *Cherax quadricarinatus*, Von Martens, 1868 в аквапонной установке.

Материал и методика

Материалом для данной работы послужили данные о динамике гидрохимических показателей, росте раков и микрозелени, полученные в результате проведения экспериментальных исследований в лаборатории аквакультуры кафедры Водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ».

С целью постановки эксперимента была разработана аквапонная система с замкнутым циклом водоснабжения (рис. 1).

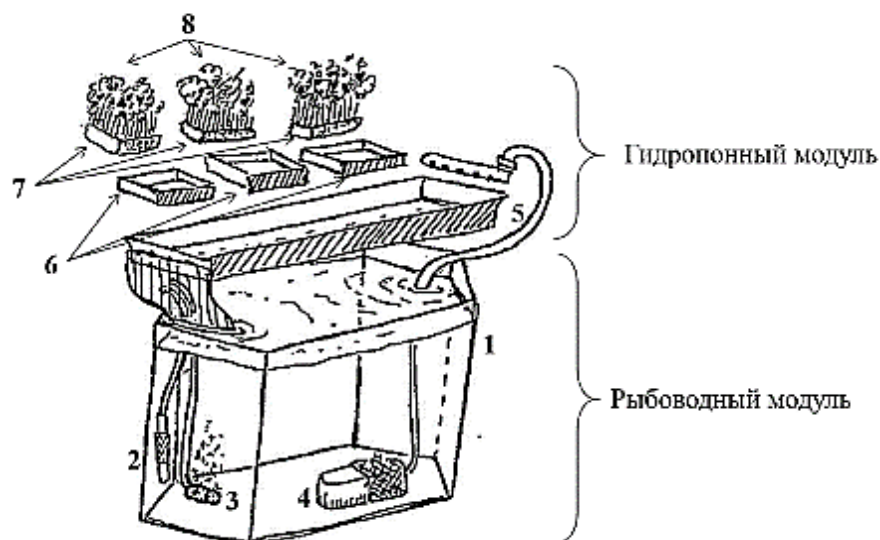


Рис.1. Схема аквапонных установок, разработанных в рамках проведенного исследования
[составлено автором]

1 – аквариум, 2 – терморегулятор, 3 – распылитель аэратора, 4 – насос, 5 – гидропонный лоток, 6 – индивидуальные лотки микрозелени, 7 – субстрат, 8 – микрозелень посевного гороха

В качестве живых объектов аквапонной установки использовалась молодь красноклещевого австралийского рака в возрасте 4 месяца, средней массой 6,9 г, которая была получена от маточного стада, содержащегося в лаборатории аквакультуры. Австралийский красноклещевый рак *Cherax quadricarinatus*, Von Martens, 1868 (рис. 2.3) был выбран в качестве животного объекта в системе так как данный вид характеризуется высокой экономической эффективностью – оптимальным соотношением между количеством съедобной части (30% мяса в теле против 20% у других видов раков) и высокими темпами роста (могут достигать товарной массы в 50-100 г за полгода-год выращивания). Растительными объектами выращивания в экспериментальных установках стали горох посевной *P. sativum* (рис. 2.1). Данная культура была выбрана ввиду высокой скорости роста до фазы микрозелени, высоком спросе и стоимости микрозелени на рынке, а также простоте в выращивании. Растения выращивались в лотках для рассады с габаритами 51*30 см, сами семена высаживались в индивидуальные лотки (15*10 см), в качестве субстрата применялся нетканый материал, выложенный в два слоя. Гидропонный модуль устанавливался поверх аквариума с раками, водообмен обеспечивался аквариумной помпой (рис. 2.2).



Рис. 2. Аквапонная установка и объекты выращивания [фото автора]

1 – микрозелень гороха посевного; 2 – общий вид аквапонной системы; 3 – молодь *C. quadricarinatus*

Эксперимент приходил с 4 апреля по 5 мая 2022 года, было задействовано 4 системы – три экспериментальных аквапонных и по одной контрольной системе – гидропонной с микрозеленью гороха и аквариум с красноклешневыми раками без растений. Полив контрольной группы микрозелени осуществлялся дистиллированной водой. Схема высадки растений в контрольных и экспериментальных группах представлена в таблице 1.

Таблица 1

Схема высадки растений в эксперименте

№ аквариума	ПП растений кг/м ²	Общее кол-во семян в системе, г
Контроль	2,3	102
2	1,1	51
4	2,3	102
6	3,4	153

В эксперименте применялась общепринятая методика получения микрозелени гороха. Товарной микрозеленью считаются молодые побеги растений, в стадии первых листьев. Качество полученной микрозелени оценивалось по показателям, отмеченным для микрозелени гороха [1], а также согласно ГОСТ 32883-2014 [2]. Также производились замеры морфологических показателей раков, их массы. При анализе продукции микрозелени гороха рассматривалась их урожайность, отношение массы высаженных семян к массе полученной продукции. В процессе эксперимента регистрировались изменения гидрохимического состава воды применялись общеизвестные методики [3] [4] [5]. Проводилось ежедневное измерения кислорода в воде по методу Винклера и с помощью оксиметра, регистрировалась температура воздуха и воды, pH.

Результаты исследований и обсуждение

Рост раков. Одной из главных целей работы являлся анализ роста раков и сравнение его в экспериментальной и контрольной емкостях. При полном совпадении условий содержания и максимальной однородности выборки посадочного материала, конечные данные различались, для удобства, кратность посадки растений в аквапонные системы (таблица 2).

Таблица 2

Рост раков в аквапонной установке

Показатели	Плотность посадки растений, кг/м ²			
	0	1,1	2,3	3,4
Порядковый номер системы	3	2	4	6
Исходная плотность посадки раков, шт. м ²	44	44	44	44
Общее кол-во раков, шт.	15	15	15	15
Выживаемость				
шт.	9	14	12	12
%	60,0	93,3	80,0	80,0
Средняя масса, г:				
исходная	7	6,9	7,9	7,3
конечная	10,8	9,5	10,2	10,9
Абсолютный прирост массы, г	3,8	2,6	2,3	3,6
Абсолютный среднесуточный прирост, г	0,127	0,087	0,077	0,120
Абсолютный прирост длины, см	1,1	1,2	1,0	1,1
Коэффициент вариации по массе конечный, %	36,2	42,9	33,4	38,4
Общая биомасса, г				
исходная	122,4	124,1	127,3	122,3
конечная	97,1	127,3	122,9	130,9
Абсолютный прирост биомассы, г	-25,3	3,2	-4,4	8,6
Продукция, г/м ² в месяц	289,0	378,9	365,8	389,6

Первое и наиболее интересное различие состоит в разности выживаемости раков в контрольной и экспериментальных группах. Для контрольного аквариума без аквапоники этот показатель составил 60%, нижний порог нормы для раков ввиду характерного им каннибализма. Во всех экспериментальных емкостях выживаемость была более 80%, а максимальная – 93% отмечена в аквариуме №2. Предполагаем, что это эффект фитонцидов – веществ, вырабатываемых растениями в виде раствора и газа выполняющих защитную функцию. Вероятно, общий эффект фитонцидов убивающий и подавляющий рост простейших, бактерий и грибов положительно повлиял на выживаемость раков. Соответственно, с выживаемостью в системе связан как индивидуальный рост особей. Наибольший абсолютный прирост массы отмечен в контрольном аквариуме №3 – 3,8 г. Это связано с уже известными для разведения раков в искусственных условиях закономерностями [6]. Для экспериментальных систем наибольший этот показатель можно отметить для аквариума №6 – 8,6 г/м². Оценивая прирост биомассы выращиваемых раков за месяц следует отметить, что наибольшее значение было также зафиксировано в аквариуме №6.

1. Динамика гидрохимических показателей

Динамика гидрохимических показателей. На этапе планирования эксперимента изначально было выдвинуто предположение о том, что использование гидропонного модуля при выращивании раков в промышленных условиях окажет положительное влияние на содержание в воде органических соединений, в первую очередь это должно отразиться на сокращении содержания нитратов и фосфатов.

После окончания эксперимента были проанализированы данные динамики азот и фосфорсодержащих соединений в воде аквапонных систем и в контрольном аквариуме, и на их основе построены графики динамики данных веществ во всех исследуемых системах (рис. 3)

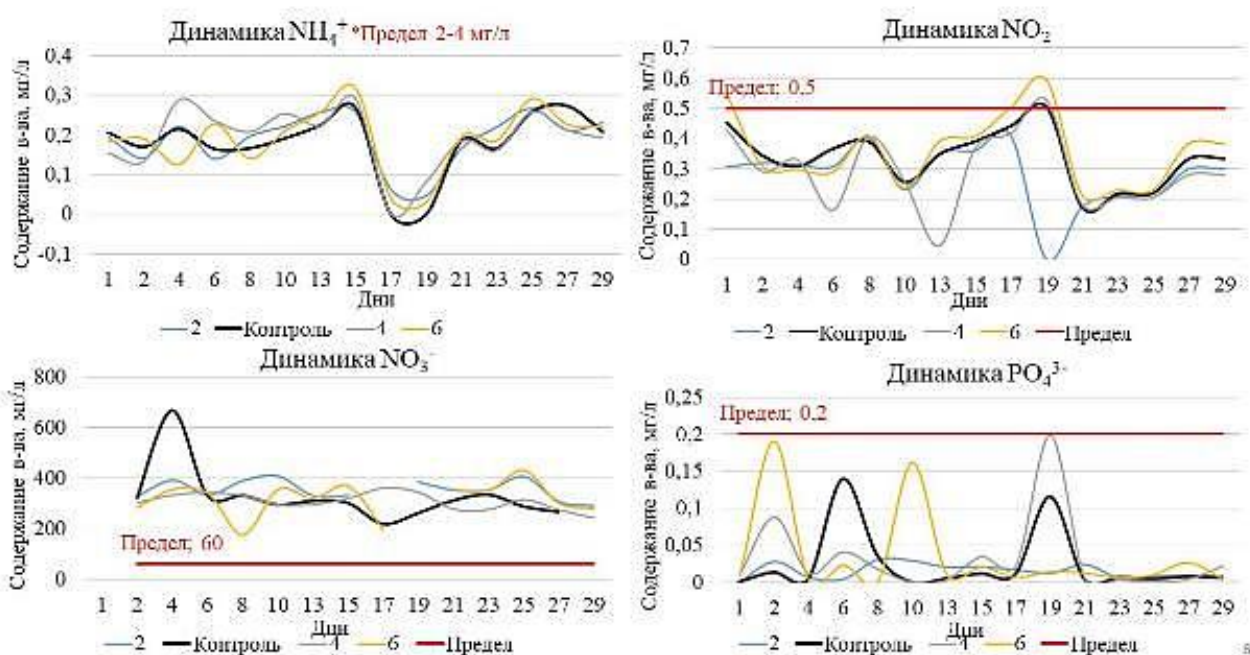


Рис.3. Динамика содержания некоторых органических веществ

Исходя из представленных графиков можно сделать общий вывод о незначительном вкладе гидропонного модуля с заданной по плану эксперимента плотностью посадки растений в очищение оборотной воды от органических загрязнений. Вероятно, это связано с тем, что согласно литературным источникам [7] на ранних этапах развития, к которым можно отнести и микрорезель, молодое растение потребляет на рост большей степенью энергию семечки, и в меньшей вещества корневой системой.

Значительных различий в динамике аммонийного азота между графиками контрольной и экспериментальных аквариумах нет. Это говорит о том, что аммонийный азот не является потребляемой микрозеленью гороха группой веществ. Однако, в то же время содержание NH_4^+ в воде системы даже не приближалось к заданным Жигиным [8, 9] технологическим нормативам.

Нитриты являются токсичным для гидробионтов веществом, колебание содержания которого сложно поддается объяснению, так как в рыбоводных системах гетеротрофными бактериями производится процесс нитрификации (превращения NO_2^- в NO_3^-). Согласно представленному графику наилучшее качество воды по нитритам характерно для экспериментального аквариума №2 – при исследованиях в нем не отмечено приближение к предельным значениям. Для остальных аквариумов характерны скачки значений, хотя явных изменений в системах не наблюдалось (изменения температуры, содержание O_2 , отход).

Анализ содержания нитратов оказался несколько более затрудненным чем ожидалось в связи с их исходным высоким содержанием, превосходящим даже кратковременно допустимые значения в несколько раз, а также трудоемкой методике измерения концентрации химическим методом. Исходя из полученных в ходе эксперимента данных можно сделать вывод что по мере увеличения количества выращиваемых в рамках системы растений количество нитратов сокращается, об этом говорит то что график аквариума №2 (с плотностью посадки микрозелени $1,1 \text{ кг/м}^2$) большую часть времени располагается выше графиков №4 и №6 (с плотностью посадки $2,3$ и $3,4 \text{ кг/м}^2$). В это время низкие концентрации нитратов в воде контрольного аквариума №3 могут объясняться большим отходом в сравнении с экспериментальными аквариумами, соответственно меньшей численностью раков и меньшей экскрецией.

График динамики фосфатов показал наиболее эффективную утилизацию данной группы веществ растениями из системы №2 и №4 (кратность посадки $1,1$ и $3,4 \text{ г/м}^2$ соответственно). Это можно связать с тем, что наиболее активный вегетативный рост микрозелени наблюдался именно при плотности $1,1 \text{ г/м}^2$ – горох в системе №2 достигал товарного размера на 1-2 дня раньше других групп, а растения в других системах (№4 и №6) за заданный период не успевали полностью продемонстрировать свой ростовой потенциал. Однако все же можно отметить, что при увеличении количества растений в системе количество фосфатов в воде снижается.

По итогам эксперимента можно отметить, что все показатели качества воды колебались в диапазоне технологической нормы для выращивания десятиногих ракообразных, кроме нитратов, по которым замечено значительное превышение. Предполагается, что это связано с изначально высоким содержанием этого вещества в воде системы. Решить данную проблему можно двумя способами – более активной заменой воды в системе или выращиванием большего количества растений на более взрослых стадиях развития – что обеспечит утилизацию нитратов из системы.

Выводы

Результаты эксперимента показывают, что выращивание раков в аквапонных системах возможно. Во всех экспериментальных системах отмечен более высокая (>80%) выживаемость, чем в контрольной (60%). Достоверного улучшения качество воды в аквапонных системах в сравнении с контрольной отмечено не было, что указывает на необходимость проведения дальнейших исследований для уточнения потенциала гидропонного модуля в очистке оборотной воды от органических загрязнений. Целесообразно продолжить эксперименты также и с целью оценки экономических показателей культивирования ракообразных с разными растительными культурами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микрозелень проростков гороха овощного и стандарт организации / Л.М. Шило., О.В. Ушакова., В.А. Ушаков., Л.В. Павлов., А.В. Молчанова // Картофель и овощи. 2019. №8. С. 21-22.
2. Аквапоника – технология сельского хозяйства будущего» // сб. материалов // под отв. Ю. Щербинина, А.А. Антоненко. Белгород: ОГАУ «ИКЦ АПК». 2015. 45 с.
3. ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115428> (дата обращения: 11.01.2022).

4. ГОСТ 18309-2014 Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115799> (дата обращения: 11.01.2022).
5. ГОСТ 58797-2020 Вода питьевая, расфасованная в емкости. Определение массовой концентрации растворенного кислорода. [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170807> (дата обращения: 11.01.2022).
6. Арыстангалиева В.А. Разработка технологии выращивания посадочного материала австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*) в установке с замкнутым водоиспользованием: дис. канд. биол. наук. М.: 2017. 132 с.
7. Смирнов П.М., Муравин Э.А. Агрехимия. 2-е издание, перераб. И доп. М.: Колос, 1984. 304 с.
8. Жигин А.В. Особенности циркуляционных установок для выращивания креветок и других ракообразных // междунар. Науч.-практ. конф., посв. 60-летию Московской рыбководно-мелиоративной опытной станции и 25-летию ее реорганизации в ГНУ ВНИИР: сб. науч.тр. ГНУ ВНИИР и РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Т.3. М.: ГНУ ВНИИ ирригационного рыбководства. 2005. С. 155-160.
9. Жигин А.В. Установка с замкнутым циклом водоиспользования для выращивания гигантских пресноводных креветок и других ракообразных / А.В. Жигин, Н.П. Ковачева, А.В. Калинин, Р.О. Лебедев // Прибрежное рыболовство и аквакультура: Аналит. и реферативн. информ. / ВНИ-ЭРХ. Вып. 1. 2006. С. 23-25.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE CULTURATION OF THE AUSTRALIAN RED CLAW Crayfish (*CHERAX QADRICARINATUS*, VON MARTENS 1868) IN AQUAPON INSTALLATION

¹Yushko Lyubov Vladimirovna, post-graduate student, specialist in methodological work

²Shibaev Sergej Vadimovich, PhD in Biology, professor

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹lyubov.yushko@klgtu.ru; ²shibaev@klgtu.ru

*The aim of the work is to study the cultivation of the red-clawed Australian crayfish *Cherax quadricarinatus*, Von Martens, 1868 in an aquaponic system. Microgreens of sown peas *Pisum sativum* L., 1753 were used as a plant object in the system. The novelty of the work is that growing crayfish in the aquaponic system together with peas has not been practiced before, despite the fact that growing valuable food objects in a single system will significantly increase the profit of the enterprise. Besides the economic effect, the higher survival rate of crayfish in the experimental aquaponic systems was noted during the experiment in comparison with the control group grown without plants.*

УДК 628.35

МЕХАНИЗМЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

Барсуков Андрей Сергеевич, аспирант направления 03.02.10 Гидробиология

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

Изложен анализ интенсификации седиментации активного ила, наращивания активного ила повышенными дозами и анализ грануляции активного ила.

1. Седиментация активного ила. Борьба с выносом активного ила путем интенсификации седиментации активного ила

В общем активный ил (далее АИ) представляется как единая суспензия. На самом деле АИ состоит из макрохлопков и микрохлопков, что важно для решения проблемы выноса из вторичного отстойника. Выделяются стадии процесса снижения границы раздела фаз осаждения активного ила на кривой кинетики (Рис.1)

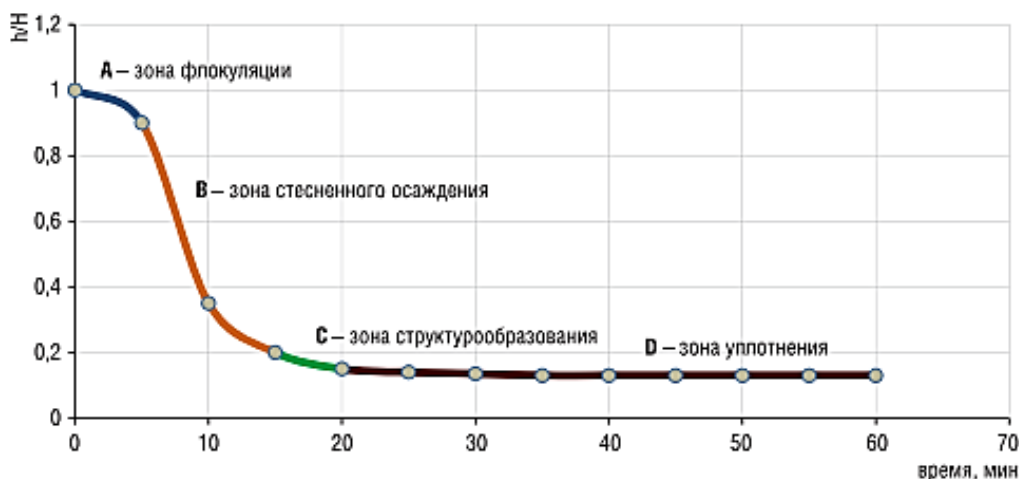


Рис. 1. Типичная кривая осаждения активного ила: А – флокуляция хлопков ила с образованием хлопьев и видимой границы; В – зонное осаждение хлопьев с постоянной скоростью; С – переходная стадия от зонного осаждения к уплотнению осевшего ила; D – уплотнение осевшего ила за счёт сжатия под тяжестью лежащих выше слоёв

Макрохлопки оседают в течении 5–20 минут, далее осаждение происходит по законам уплотнения. В процессе стесненного осаждения макрохлопков из АИ вымываются микрохлопки, которые после оседают по законам свободного осаждения. Итак, во вторичном отстойнике осуществляются два вида осаждения:

- быстрое осаждение макрохлопков, включая их агломерацию из микрохлопков, по законам стесненного осаждения и уплотнения;
- медленное осаждение микрохлопков.

Определена кинетика седиментации АИ при дозе 0,6-6,2 г/л. Определена зависимость седиментации АИ в зависимости от продолжительности времени (Рис.2) [0].

Высота столба АИ после 180 минут эксперимента варьируется в широком диапазоне от 20 до 130 мм, при этом при дозе 0,6 г/л АИ флокулируется быстрее всего [0].

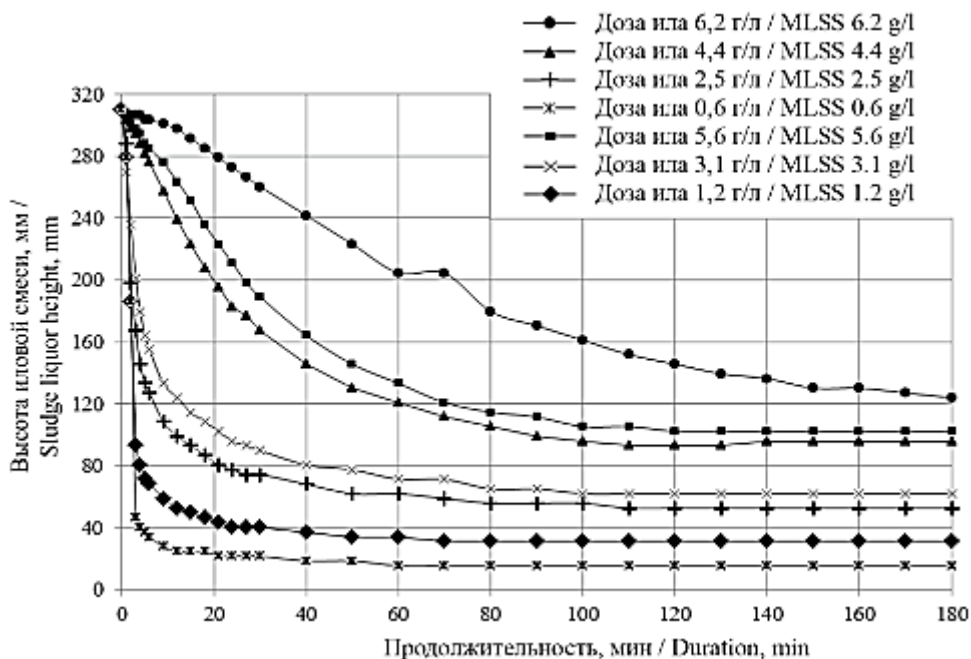


Рис. 2. Кривые кинетики снижения границы раздела «ил-вода».

В ходе эксперимента скорость седиментации в большем количестве проб АИ значительно уменьшается. Самая большая скорость была выявлена в первые 10 мин седиментации, в особенности для АИ с низкими дозами. Для АИ с дозой 0,6-1,2 г/л уменьшение границы фаз останавливается уже к 60 минуте. Для илов с большими дозами осаждение более равномерное в течение эксперимента [2].

Зафиксировано то, что при дозе АИ сверх 4 г/л вероятность выноса ила увеличивается, и поэтому нужны дополнительные способы интенсификации седиментации [2].

Ухудшение нормальной седиментации активного ила во вторичных отстойниках часто распространено вследствие «нитчатого вспухания» АИ [1]. Также плохое оседание АИ может быть в результате денитрификации в толще ила во вторичных отстойниках.

Устойчивость функционирования сооружений биологической очистки оценивается по таким критериям:

- гидравлический критерий – дисперсионное число (D), являющееся численным выражением степени перемешивания культурной смеси в аэротенке;
- технологический критерий – градиент концентрации субстрата по химической потребности в кислороде (ХПК) в селекторе;
- респираторный критерий – концентрация растворенного кислорода;
- критерий аккумулирующей способности бактериальных клеток - доля субстрата, усвоенного в течение регенерации до деления клеток.

Из гидробиологических исследований следует, что иловый индекс (I) непосредственно зависит от количества нитчатых микроорганизмов, поэтому степень смешения (дисперсионное число D) влияет на I.

В основе селекции лежат два типа факторов:

- кинетические факторы- усвоение субстрата, метаболизм и рост клеток.
- акинетические факторы - микробиальные взаимодействия (хищничество, антагонизм).

Скорость роста микроорганизмов зависит в основном от состава и концентрации субстрата по уравнению Моно:

$$\mu = \mu_{max} \frac{S}{k_s + S} \quad (1)$$

где μ – видовая скорость роста, 1/ч, μ_{max} – максимальная скорость роста, 1/ч, k_s – константа скорости, мг/л, S – концентрация субстрата, лимитирующего рост, мг/л.

«Математический анализ уравнения Моно показывает, что при высоких концентрациях субстрата, когда $S \gg k_s$, на скорость роста вида влияет в основном μ_{max} . В противном случае ($S \ll k_s$), она будет зависеть главным образом от k_s . Так как величины μ_{max} и k_s различны для разных видов субстратов, можно ожидать, что концентрация субстрата и его состав – это два разнородных фактора, контролирующих динамику популяций в смешанной культуре» [4].

Из вышесказанного можно сделать вывод, что в хорошо перемешанной иловой смеси с небольшой концентрацией субстрата нитчатые микроорганизмы будут превалировать на зооглейными (Рис.3) [4].

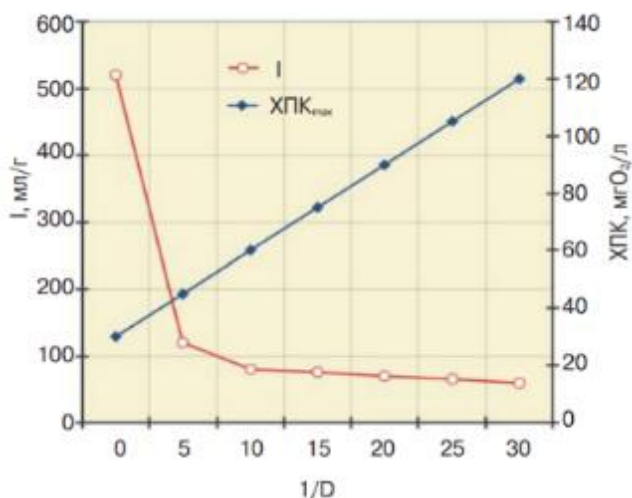


Рис. 3. Зависимость I и ХПК от 1/D.

Отмечено, что граница раздела между нормальным и вспухшим АИ соответствует I=100 мг/г [0]. Эта величина согласовывается с удельной длиной нитчатых микроорганизмов (Рис.) [0].

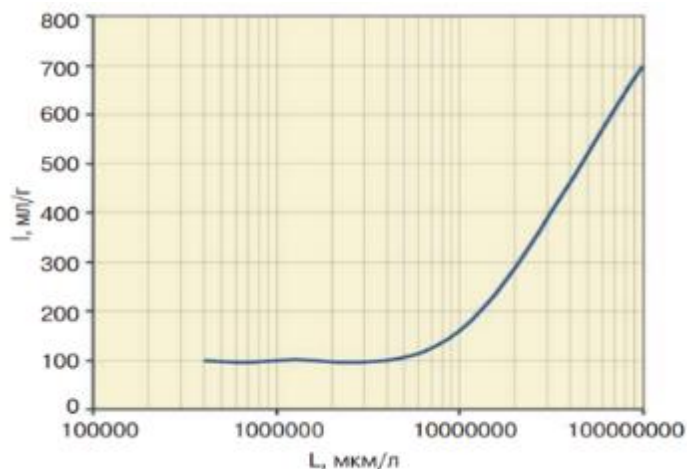


Рис. 4. Взаимосвязь илового индекса и удельной длины нитчатых.

Для подавления нитчатого вспухания перед аэротенками используют селекторы, устроенные по принципу вытеснителей [4] (Рис.5). В селекторе биологический процесс характеризуется маленькой величиной D и адекватным градиентом концентрации субстрата.

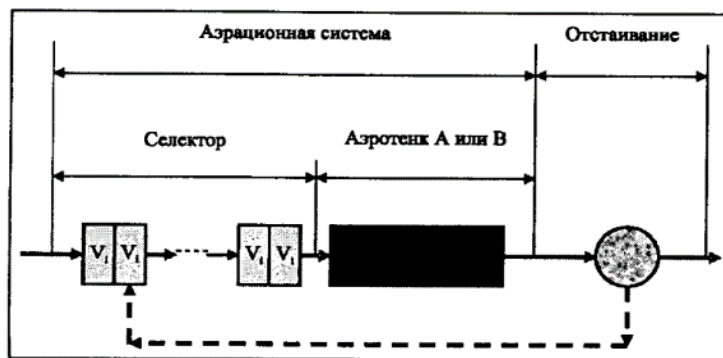


Рис. 5. Схема аэрационной селекторной системы: V_i -секции селектора; А-поток полного смешения; В-поршневой поток.

В аэротенках-смесителях есть преобладание нитчатых микроорганизмов (содержание нитчатых 70-90 %), что обеспечивает интенсивное потребление органики, но способствует увеличению вероятности нитчатого вспухания [1].

В аэротенках-вытеснителях (с малым D , количество нитчатых 15-30 %) качество очистки по сравнению с аэротенком-смесителем снижается, а вероятность вспухания уменьшается.

В источнике [3] был сделан вывод, что большая концентрация кислорода (5–7 мг/дм³) нужна только на первых этапах процесса подавления вспухания. Дальнейшее поддержание данной концентрации O_2 задерживает восстановление качества АИ.

Для подавления вспухания в лабораторном эксперименте из источника [3] найдено оптимальное соотношение активного ила и сточной воды - 2:1 с последующей подкормкой соответствующим объемом сточных вод 1 раз в сутки.

Исследования из источника [10] показывают, что нитчатые серобактерии вытесняются нитчатыми зелеными, диатомовыми водорослями и другими организмами, и разнообразие гидробионтов может увеличиваться с 4–7 видов до 15–20 видов гидробионтов за 25 суток.

2. Нарращивание активного ила повышенными дозами

В источнике [7] говорится о способе увеличения дозы активного ила посредством длительных периодов эксплуатации. Такой активный ил в больших дозах имеет низкий иловый индекс (80–100 см³/г) и при этом значительно увеличивается окислительная мощность аэротенков.

На Рис. показано повышение дозы АИ до 6,5-7,5 г/л в течение 74 суток благодаря увеличению нагрузки по органике и снижению расхода избыточного ила. При данном наращивании ила колебалась концентрация взвешенных веществ [7].

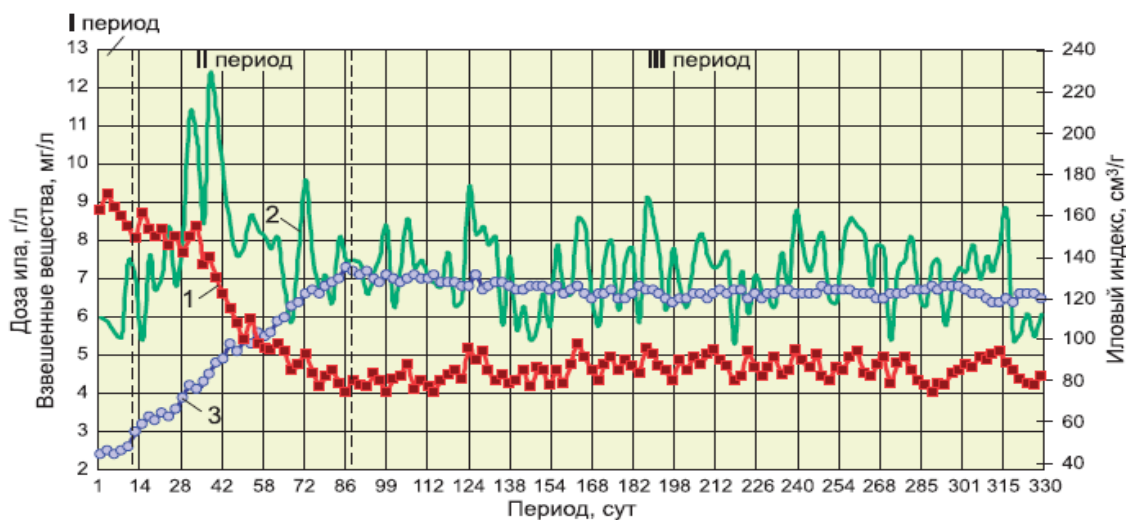


Рис. 6. Изменение дозы активного ила, значений илового индекса и концентрации взвешенных веществ в очищенной сточной воде в период проведения исследований:

1 – иловый индекс; 2 – взвешенные вещества; 3 – доза ила в аэробных реакторах

Во втором периоде из Рис.6 удалась медленно оседающая часть активного ила, и значение илового индекса понизилось (80–90 см³/г), и в результате сформировался ил компактной и округлой формы с низким количеством количество нитчатых микроорганизмов.

На Рис. 7 показана зависимость илового индекса АИ от его дозы в период наращивания с повышенной скоростью седиментации.

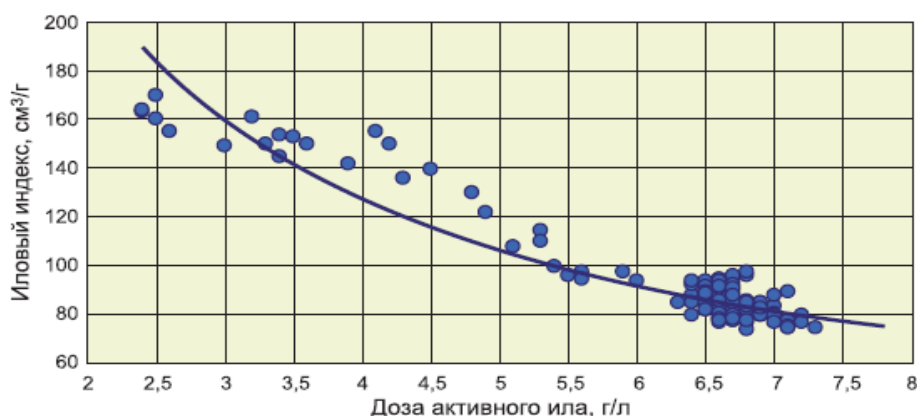


Рис. 7. Зависимость илового индекса от дозы активного ила в период его наращивания с повышенной скоростью осаждения (работа пилотной установки по технологии очистки сточных вод от азота и фосфора с дозой ила 6,4–6,7 г/л)

Полученную зависимость можно описать следующим уравнением:

$$I = (I_0 + 200)a_i^{-0,78}, \quad (2)$$

где I_0 — значение ИИ до проведения направленной селекции, см³/г; a_i — доза АИ, г/л.

3. Грануляция активного ила.

«Гранулированный АИ от флокулированного различается плотностью, размерами частиц и скоростью оседания. Применение гранулированного АИ приводит к минимальному образованию избыточного АИ, к повышению устойчивости биологической очистки по нагрузке органическими веществами и по нагрузке токсикантами; к возможности использования более высоких нагрузок на единицу объема сооружения; к улучшению седиментационных свойств АИ; к уменьшению вспухания и пенообразования в аэротенке» [16].

«Факторы образования гранул АИ в аэробных условиях имеют различный характер: биологический — одновременное присутствие в биоценозе АИ нитчатых микроорганизмов и флокулообразующих микроорганизмов; физико-химический — гидродинамические условия (интенсивность аэрации), состав стоков (ХПК до 7000 мг/дм³, рН 7,0–8,5), короткое время осаждения, строгое голодание после нагрузки» [16].

«Интенсивная аэрация способствует гранулированию хлопьев АИ, так как активно продуцируются внеклеточные полимеры, которые важны в гранулировании» [16].

«Рассматривая гранулу как динамическую систему, в которой происходят микроэволюционные изменения, функционирующую в рамках диффузионных ограничений, связанных со способностью транспорта субстратов внутрь и вывода метаболитов из гранулы; ограничений, накладываемых в рамках трофических связей и пределов выживаемости отдельных микроорганизмов и биоценоза в целом, можно предложить стресс, как фактор отбора, позволяющий выявить структурные элементы гранулы, за счет которых поддерживается ее устойчивость. Моделируя стрессовые воздействия, роль которых в поддержании стабильности гранулы предполагается из данных литературы, можно отследить изменения видового разнообразия на этапах «жизни» гранулы, выявить необходимые и достаточные элементы ее формирования, особенности при функционировании «на грани жизни и смерти»» [6].

«Зафиксированы изменения в численном и видовом составе биоценоза АИ при гранулообразовании, так, например, существенно сократились численности раковинных амеб, свободноплавающих инфузорий, исчезли малощетинковые черви; количество кругоресничных инфузорий увеличилось до 34% при инкубировании АИ на городских стоках и до 61% – на стоках молочного производства» [16].

«Установлено влияние нагрузки по загрязняющим веществам на гранулообразование. При снижении нагрузки ниже критического значения вследствие эндогенного окисления резко снижается доза (и объем) АИ. Высокая концентрация субстрата способствует приросту АИ, но не гранулообразованию. Подобран оптимальный режим подпитки: 1 раз в 4 сут для городских сточных вод и 1 раз в 10 сут для сточных вод молочного производства» [16].

Также при разных значениях температуры выявлено различие седиментационных характеристик ила: при возрастании температуры возрастает скорость осаждения АИ [16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.И. Баженов, С.Е. Кичигина. Прогноз функционирования сооружений аэробной биологической очистки // Экология и промышленность России. – 2007. – С 30-32.

2. Исследование седиментационных свойств иловой смеси городских канализационных очистных сооружений // А.А. Кулаков, Н.А. Макиша, А.Ф. Шафигуллина, Р. Хардер // Вестник МГСУ – Т. 13. – № 5. – С. 643-650.

3. Л.Н. Усачева, К.В. Усачева. Подавление нитчатого вспухания активного ила в условиях эксперимента // Экологический вестник. - 2009. - № 2(8). – С 104-113.

4. С.Е. Кичигина, В.И. Баженов. Кинетическая теория видовой селекции смешанной культуры и подавление нитчатого вспухания активного ила // Достижения науки и техники АПК. – 2007. - №9. – С 42-44.

5. О. В. Нестер, Р. М. Маркевич. Формирование гранул активного ила в аэробных условиях // Труды БГТУ. – 2016. – № 4 – С. 220-224.

6. Исследование грануляции активного ила при воздействии агентов стресса в отъемно-доливном процессе аэробной биологической очистки // Н.С. Хохлачев, С.В. Калёнов, О.С. Занина, А.Е. Кузнецов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2012. - Т 14. - №5(3). – С. 853-856.

7. Харьковина. О.В. Исследование работы аэротенков нитри-денитрификации с повышенными дозами активного ила // Водоснабжение и санитарная техника. –2010.–№10.Ч.1.– С.42 –47.

MECHANISMS OF INTENSIFICATION OF BIOLOGICAL PURIFICATION

Barsukov Andrey Sergeevich, post-graduate student of direction 03.02.10 Hydrobiology

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

“Kaliningrad State Technical University”, Kaliningrad, Russia, e-mail: barsickand@mail.ru

The article presents an analysis of the intensification of activated sludge sedimentation, the buildup of activated sludge with increased doses and the analysis of activated sludge granulation.

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОЛЕННОСТИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

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

²Краснобородько Олег Юрьевич, заведующий лабораторией промышленной океанологии

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,

Москва, Россия, e-mail: v_dubravин@mail.ru

²Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО»),

Калининград, Россия, e-mail: sea@atlantniro.ru

По данным WORLD OCEAN ATLAS 2018 (WOA18) выполнена оценка внутригодовой изменчивости температуры и солёности на поверхности Атлантического океана, осреднённых для пятиградусных трапеций за период 1955–2017 гг. [1; 2]. Для каждого параметра, используя методики гармонического, корреляционного и статистического анализа [3], получены гармоники их сезонного хода (СезХ) и выявлена связь между поверхностными полями температуры и солёности.

Введение

Одной из наиболее широкомасштабных программ международного сотрудничества в области изучения атмосферы и океана является Всемирная программа исследований климата, ВПИК (World Climate Research Programme, WCRP) [4]. В рамках этой программы важное место занимает фундаментальная проблема океанологии, касающаяся роли океана в короткопериодных колебаниях климата. Последние во многом обусловлены крупномасштабными аномалиями тепло- и влагооборота в системе «океан-атмосфера», температура и солёность океана и их изменчивость являются значимыми звеньями этой цепи. Анализ поверхности термohалинных элементов Атлантического океана, базирующихся на многолетних гидрологических отечественных [5, 6] и зарубежных [7-12] массивах, посвящено значительное количество исследований, достаточно подробную сводку которых можно найти в [13, 14]. Появление новых гидрологических данных в WOA18 [1, 2] позволяет в настоящей работе рассмотреть основные особенности крупномасштабной (сезонной) пространственно-временной изменчивости термohалинных характеристик поверхностных вод Атлантического океана за последние шесть десятилетий.

Целью настоящей работы является получение количественных оценок сезонной изменчивости полей температуры (ТПО) и солёности (СПО) на поверхности Атлантического океана на базе многолетнего гидрологического массива данных наблюдений World Ocean Atlas 2018 за 1955-2017 гг. [1, 2]. Авторы выражают благодарность А.В. Смирнову за помощь в обработке данных.

Материалы и методы, результаты

Исследование выполнено на однородном материале многолетнего гидрологического массива данных наблюдений World Ocean Atlas 2018 [1, 2], усреднённого по среднемесячным значениям ТПО и СПО на регулярной сетке 5 x 5 за десятилетия: 1955-1964, 1965-1974, 1975-1984, 1985-1994, 1995-2004, за исключением последнего тринадцатилетнего интервала – 2005-2017 гг. и за весь период 1955-2017 гг., кроме того значения ТПО и СПО в пятиградусных трапециях пересчитаны нами для пятиградусных полос, при этом использовались методики гармонического, корреляционного и статистического анализа [3].

Рассмотрим распределение среднегодовых величин и среднеквадратических отклонений ТПО на акватории всего Атлантического океана по данным [1]. Как известно [15], распределение ТПО подчиняется квазизональному закону в соответствии с астрономическим поступлением тепла,

что наглядно подтверждается ее среднегодовым зональным распределением (рис. 1а). Максимальные среднегодовые величины ТПО ($27,4 \div 28,0$ °С) наблюдаются в экваториальной зоне между $0-8^\circ$ с.ш. в районе термического экватора (штриховая линия на рис. 2а). К северу и к югу от него ТПО понижается до $18 \div 22$ °С на $30-35^\circ$ ю.ш. и $35-40^\circ$ с.ш., минимальные значения опускаются до 1 °С в Девисовом проливе и до минус 1 °С и менее у берегов Антарктиды, где постоянно присутствуют многолетние льды. Строго говоря, зональное распределение ТПО в Атлантическом океане наблюдается только в сороковых северных и к югу от тридцатых южных широт, что связано с циркуляцией океана и атмосферы – влияние Северо- и Южно-Атлантических и Антарктического циркумполярного течений соответственно. На большей части Атлантики зональный ход ТПО нарушается, что также связано с циркуляцией вод. Особенно это заметно на восточной периферии макрокруговоротов: холодные воды опускаются к экватору в антициклональных круговоротах (с Канарским и Бенгельским течениями), а теплые поднимаются к полюсам в циклонических (с Северо-Атлантическим и меридиональными ветвями Антарктического течений). Поэтому в экваториальных и тропических широтах Восточная Атлантика значительно холоднее, чем Западная: отрицательные аномалии у побережья Западной Африки, где действие течений усиливается мощным апвеллингом, превышают $3-5$ °С; положительные аномалии на западе этих широт не превышают $2-3$ °С.

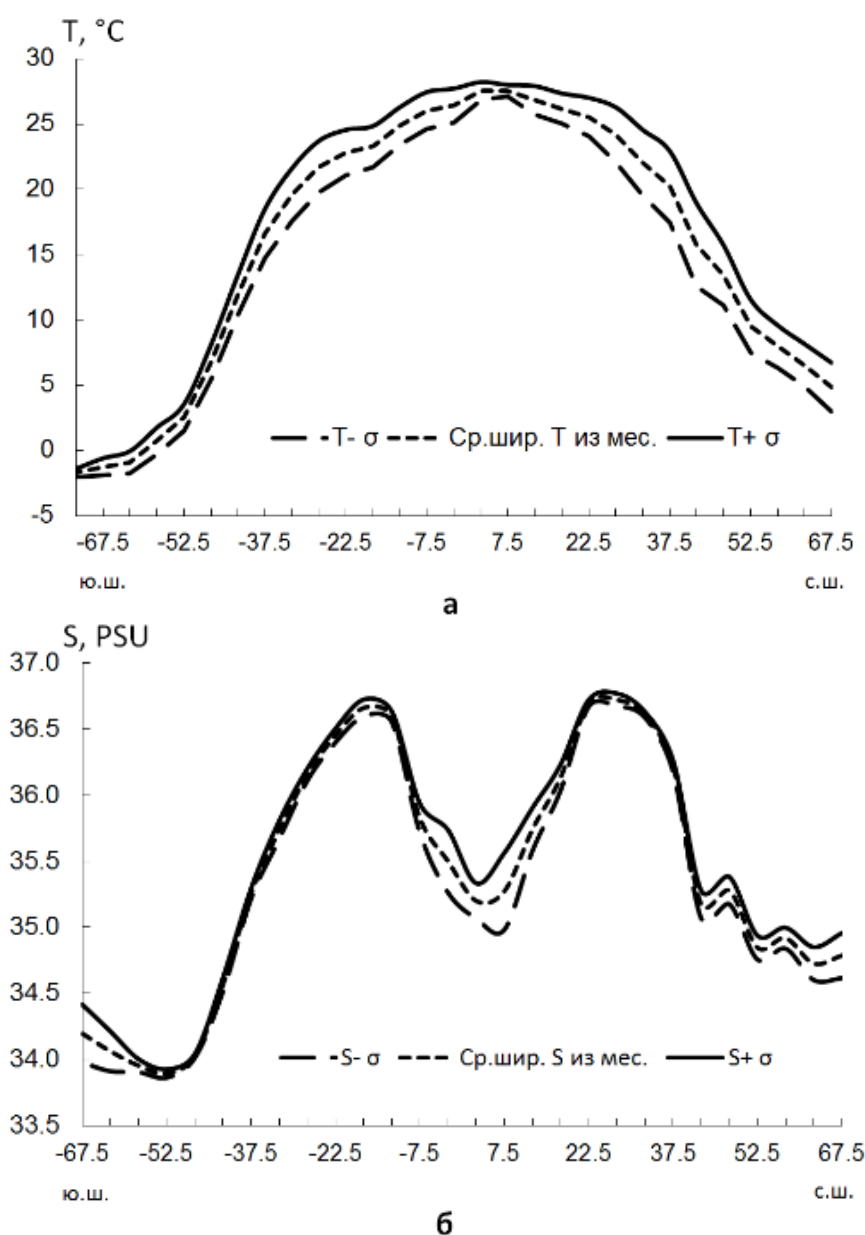


Рис. 1. Среднегодовые зональные величины ТПО (°С) – а и СПО (PSU) – б (пятиградусное осреднение), с учетом их среднеквадратических отклонений $\sigma_{сез}$, характеризующих сезонную изменчивость в Атлантическом океане по данным WOA18 (1955-2017) [1, 2]

Резкая азональность в распределении ТПО наблюдается также и в северных умеренных широтах, где у побережья Лабрадора и о-ва Ньюфаундленд отрицательные аномалии превышают 5-6 °С, а положительные – у о-вов Ирландия и Великобритания – выше 2-3 °С. Северная Атлантика (к северу от 5° с.ш.), в целом теплее, чем Южная (к югу от 5° с.ш.) – 21,1 и 16,0 °С, соответственно, при средней ТПО для всего Атлантического океана – 18,2 °С¹. Причин здесь несколько: неравномерное распределение суши и воды на Земле, их различная теплоемкость и теплопроводность, большая "континентальность" северного полушария; существование Антарктического полюса холода на Антарктическом континенте с его сплошным ледяным покровом, откуда холодные воды и плавучие льды свободно поступают в южные умеренные широты; лето в северном полушарии на 6 дней продолжительнее, чем в южном [14, 16, 17].

Вернемся к рис. 1а, на котором кроме среднеширотных величин ТПО показаны и их среднеквадратические отклонения, характеризующие только сезонную изменчивость $\sigma^T_{\text{СезХ}}$. Из него следует, что среднеквадратические отклонения $\sigma^T_{\text{СезХ}} \geq 1,6$ °С отмечаются к северу от 25 северной параллели (с максимумом $\sigma^T_{\text{СезХ}} = 3,2$ °С на 40-45° с.ш.); от тропических к субэкваториальным северным широтам $\sigma^T_{\text{СезХ}}$ снижается до 0,4-0,7 °С на 10-0° с.ш.; далее рост до $\sigma^T_{\text{СезХ}} = 2,0$ °С на 25-35° ю.ш. а затем снижение – с начала медленное (до $\sigma^T_{\text{СезХ}} = 0,9$ °С на 60-65° ю.ш.), а затем резкое до $\sigma^T_{\text{СезХ}} = 0,3$ °С на 70-75° ю.ш..

Перейдем к распределению среднегодовых величин и среднеквадратических отклонений СПО Атлантики по данным [2] (рис. 1б). Как известно [16-18], распределение поверхностной солености определяется рядом физико-географических процессов, связанных с водным балансом и циркуляцией атмосферы и океана. Что касается влияния поступления солнечного тепла на СПО, то, в чистом виде, оно проявляется в субтропических барических максимумах – Азорском и о-ва Св. Елены, среднемноголетнее положение центров которых за 1950-1995 гг. по данным из [8] составило 33° с.ш. и 29° з.д.; 19° ю.ш. и 11° з.д., соответственно.

Ссылаясь на Свердруп [18], отметим, что еще Вюст (1936) обратил внимание на соответствие зональных величин эффективного испарения (Е-Р) и поверхностной солености S для всех океанов. Позднее в 1954 г. Вюстом [16] были проведены численные оценки этой связи в среднем для Мирового океана:

$$\begin{aligned} S \text{ ‰} &= 34,47 + 0,0150(E - P) \text{ между } 70 \text{ и } 10^\circ \text{ с. ш.}, \\ S \text{ ‰} &= 34,92 + 0,0125(E - P) \text{ между } 10^\circ \text{ с. ш. и } 60^\circ \text{ ю. ш.}, \end{aligned} \quad (1)$$

где E, P даны в см/год.

В [20] с учетом версии массива солености S [9] и данных Атласа пресноводного баланса Атлантического океана [19] были уточнены уравнения регрессии для среднего года:

$$\begin{aligned} S \text{ ‰} &= 34,760 + 0,0124(E - P) \text{ см/год между } 70 \text{ и } 10^\circ \text{ с. ш.}, \\ S \text{ ‰} &= 35,328 + 0,0100(E - P) \text{ см/год между } 10^\circ \text{ с. ш. и } 60^\circ \text{ ю. ш.} \end{aligned} \quad (2)$$

Максимальные среднегодовые величины СПО $\geq 37,1$ – так называемые субтропические максимумы – наблюдаются на 20-30° с.ш. и 15-25° ю.ш. (рис. 2б), при среднеширотных величинах – 36,7 и 36,5÷36,7, соответственно. Здесь среднегодовая величина испарения E по оценкам в [19] за счет высоких температур, малой облачности, устойчивых пассатных ветров превышает значения 150÷200 см, а количество осадков P, напротив, не велико – менее 50÷100 см*год⁻¹ (рис. 3).

В сторону экватора и полюсов от субтропических максимумов величина СПО уменьшается. Так, в экваториальной зоне соленость понижена (до $\leq 35,5 \div 35,8$ в открытом океане и до $\leq 33,0$ – вблизи устьев крупных рек). К северу от северного максимума понижение СПО наблюдается до 35-40° с.ш. (до 35,0÷36,5), а к югу от южного максимума медленное снижение СПО отмечается до 50-55° ю.ш. (до 33,8÷34,1). К высоким южным широтам соленость повышается.

¹ По данным массива WOA05 [11, 12] среднегодовая температура поверхности Северной Атлантики T_{СА} равна 20,4 °С, Южной Атлантики T_{ЮА} – 15,6 °С, собственно Атлантического океана T_{АО} – 17,7 °С [14].

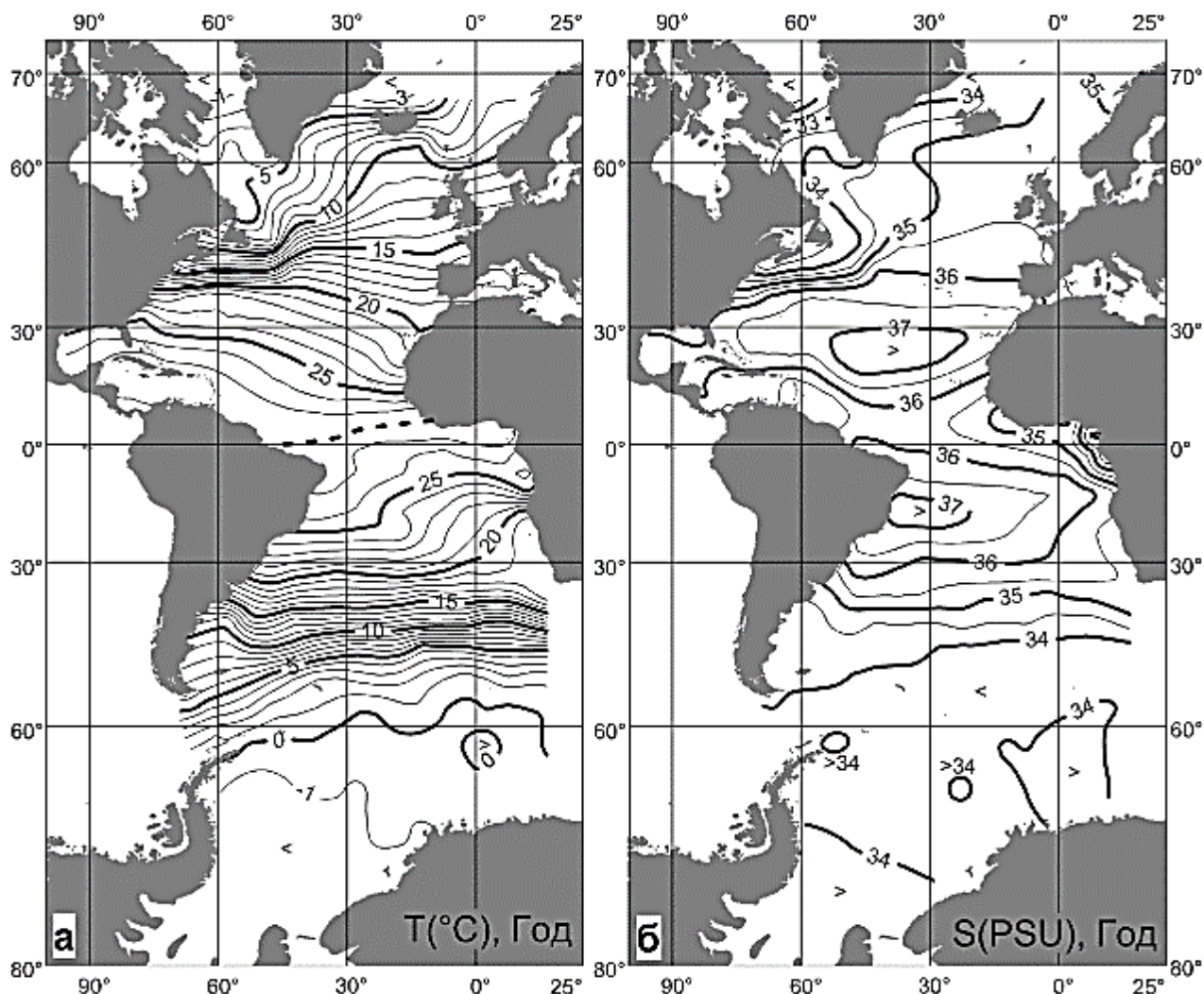


Рис. 2. Среднегодовые величины ТПО (°С) – а и СПО (PSU) – б (пятиградусное осреднение) в Атлантическом океане по данным WOA18 (1955-2017) [1, 2]

Строго говоря, зональное распределение СПО, так же, как и ТПО, Атлантического океана, наблюдается только между 30-40° с.ш. и к югу от тридцатых южных широт, что связано с влиянием Северо- и Южно-Атлантических и Антарктического циркумполярного течений соответственно. На большей части Атлантики зональный ход солёности нарушается, что также связано с циркуляцией вод. Особенно это заметно на периферии макрокруговоротов: малосолёные воды опускаются к экватору с Лабрадорским, Фолклендским и Бенгельским течениями, а солёные поднимаются к полюсам с Северо-Атлантическим и Бразильским течениями. Кроме того, мощные отрицательные аномалии (ΔS) приурочены к устьям крупных рек (Св. Лаврентия $\leq -1,9$, Нигера $\leq -2,3$, Параны $\leq -0,5$)²; положительные аномалии не превышают $\Delta S \leq 0,6 \pm 0,8$ ³ и приурочены к открытому океану в субэкваториальных и северных умеренных и южных субтропических широтах. Северная Атлантика (к северу от 5° с.ш.), в целом солонее, чем Южная (к югу от 5° с.ш.) – 35,92 и 35,21, соответственно, при средней СПО для всего Атлантического океана – 35,52⁴. Причин несколько: неравномерное распределение суши и воды на Земле, их различная теплоёмкость и теплопроводность, "континентальность" северного полушария приводят к тому, что величина пресноводного баланса для северного метеорологического полушария (к северу от метеорологического экватора) отрицательная ($V = -14,2$ тыс. км³), а для южного – положительная ($V = 15,9$ тыс. км³) [19].

² Ввиду отсутствия наблюдений за СПО в прибрежной зоне величины отрицательных аномалий ΔS – занижены.

³ Отсутствие наблюдений за СПО в прибрежной зоне ведет к завышению среднеширотных значений, а значит к занижению величины положительных аномалий ΔS .

⁴ По данным массива WOA05 [11, 12] среднегодовая солёность поверхности Северной Атлантики S_{CA} равна 35,77, Южной Атлантики $S_{ЮА}$ – 35,20, собственно Атлантического океана $S_{АО}$ – 35,45 [14].

Что касается среднеквадратических отклонений СПО, то их максимальные значения отмечаются на 70-65° с.ш. ($\sigma^S_{\text{СезX}} = 0,17$), на 10-5° с.ш. ($\sigma^S_{\text{СезX}} = 0,29$), на 0-5° ю.ш. ($\sigma^S_{\text{СезX}} = 0,24$) и на 65-70° ю.ш. ($\sigma^S_{\text{СезX}} = 0,22$); минимальные – на 40-20° с.ш. ($\sigma^S_{\text{СезX}} = 0,02 \div 0,05$) и на 10-60° ю.ш., где $\sigma^S_{\text{СезX}} = 0,01 \div 0,07$; между 60 и 40° с.ш. – промежуточные величины $\sigma^S_{\text{СезX}} = 0,08 \div 0,11$ (рис. 1б).

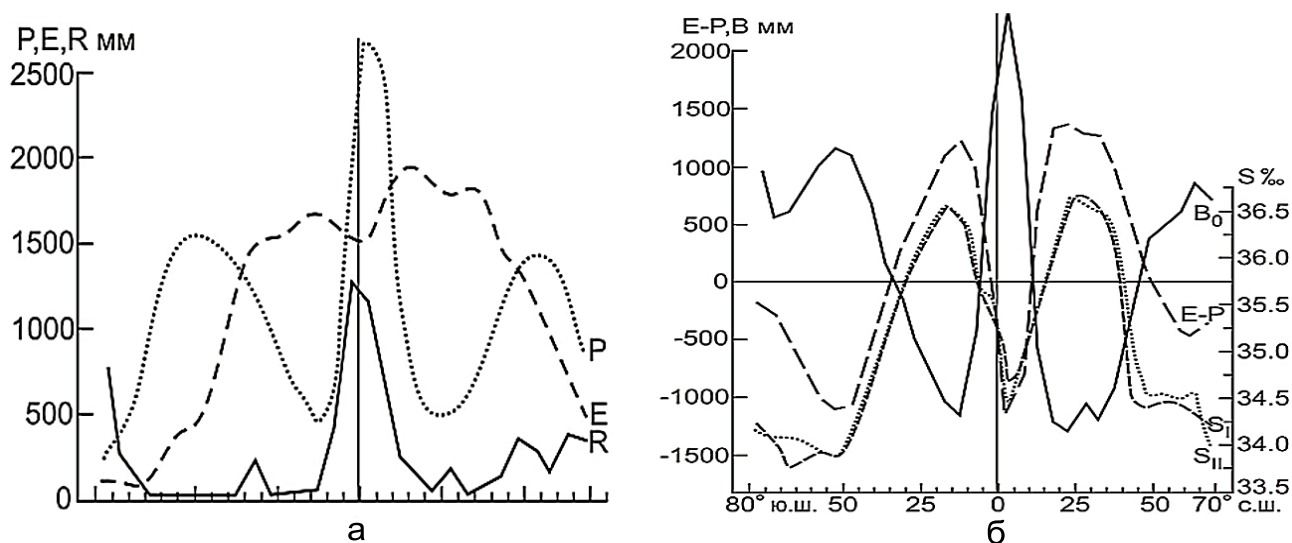


Рис. 3. Среднегодовое зональное распределение составляющих пресноводного баланса (B_0): осадков (P), испарения (E) и материкового стока (R) [19] – а, эффективного испарения ($E-P$); солености S_I ‰ [7], S_{II} [9] – б в поверхностном слое Атлантического океана [20]

Сезонная изменчивость. Перейдем к рассмотрению сезонного хода ТПО и СПО Атлантического океана по данным WOA18 (1955-2017 гг.) [1, 2]. Достаточно наглядной характеристикой сезонной изменчивости ТПО может служить пространственно-временное распределение разности между среднемесячными и годовым значениями (рис. 4), т. е. распределение величин $[T_i] - [T_g]$ или $[S_i] - [S_g]$, где квадратные скобки означают зональное осреднение температуры (солености) T_i (S_i) – текущего месяца и T_g (S_g) – среднего года. Как видно из рис. 4а, сезонная изменчивость ТПО на большей части океана характеризуется годовой волной с одним максимумом и минимумом, причем сезонный ход в умеренно-тропических северных и южных широтах находится в противофазе: максимум в августе-сентябре и минимум в феврале-марте в Северной Атлантике и наоборот – в Южной. В субэкваториальных и экваториальных широтах происходит перестройка хода экстремумов от северного полушария к южному: смещение максимума с сентября-октября на февраль-март и минимума с февраля-марта на август-сентябрь. Пространственно-временное распределение разности между среднемесячными и годовым значениями ТПО, показанное на рис. 4а, подтверждается и результатами гармонического анализа (рис. 5), но более наглядно. Так, в Северной Атлантике между 70° и 10° с.ш. СезХ ТПО характеризуется годовой гармоникой, квота⁵ которой $q_I \geq 0,90$ (рис. 5а), с максимумом, наступающим в августе-начале сентября ($T_{\text{maxI}}^T = 220-245$ дней от начала года) (рис. 5в). Между 10° и 5° с.ш. квота годовой волны снижается до $q_I = 0,65$, а квота полугодовой гармоникой, наоборот, растет до $q_{II} = 0,34$. Между 5° с.ш. и 65° ю.ш. – $q_I = 0,83 \div 0,99$, с максимумом, наступающим в феврале-начале марта ($T_{\text{maxI}}^T = 38-67$ дней от начала года), к югу от 65° ю.ш. вклад годовой волны вновь снижается – $q_I = 0,78 \div 0,53$, наступление годового максимума перемещается на январь ($T_{\text{maxI}}^T = 9-26$ дней от начала года), с ростом полугодовой – $q_{II} = 0,18 \div 0,28$. Что касается амплитуды годовой волны, то ее максимумы отмечаются на 40-45° с.ш. – $A_I^T = 4,4$ °C и на 25-35° ю.ш. – $A_I^T = 2,8$ °C, а минимумы – на 55-65° с.ш. ($A_I^T = 2,2$ °C), на 5-10° с.ш. ($A_I^T = 0,5$ °C) и на 70-75° ю.ш. ($A_I^T = 0,3$ °C) (рис. 5б). Таким образом, и по данным массива WOA18, зона ТПО к югу от 5° с.ш. находится под влиянием южного гидрометеорологического полушария. Причиной этого, по мнению в [13, 21], является смещение термического (метеорологического) экватора к северу от географического (рис. 2а).

⁵ Квота – вклад соответствующей гармоники в общую дисперсию сезонной изменчивости.

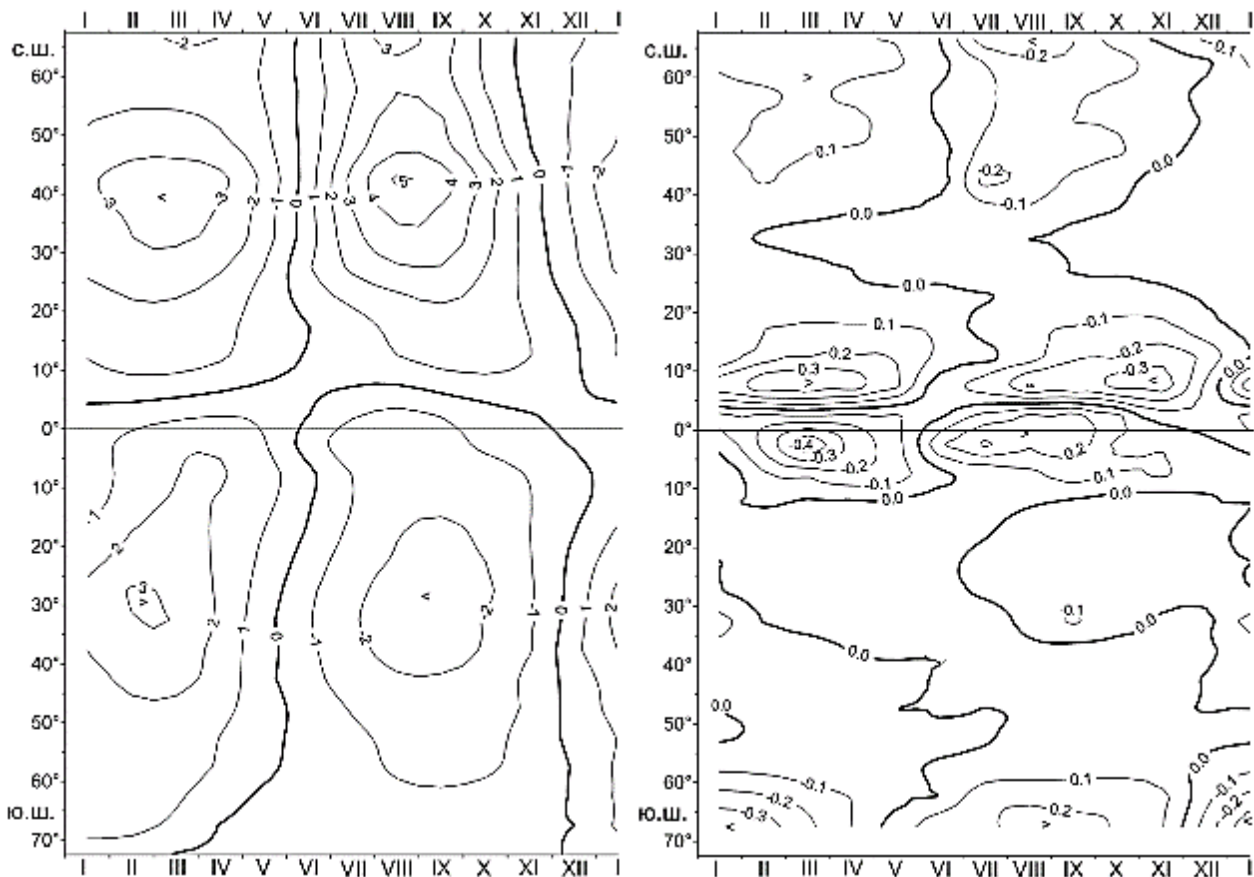


Рис. 4. Пространственно-временное распределение разности ТПО (°С) – а и СПО (PSU) – б (пятиградусное осреднение) между среднемесячными и среднегодовыми значениями в Атлантическом океане по данным WOA18 (1955-2017) [1, 2]

Сравнение рис. 4а и 4б позволяет говорить, что хотя сезонная изменчивость ТПО и СПО и характеризуется преобладанием годовой волны (с одним максимумом и одним минимумом), однако их сезонный ход протекает в противофазе: для ТПО максимум наступает в теплое время года своего полушария, а для СПО – в холодное. Это подтверждается и результатами гармонического анализа. Между 70° с.ш. и 75° ю.ш. квота годовой волны, в основном, значительна – $q_1^S = 0,76 \div 0,99$ (рис. 5а), на 40-45° с.ш. и 35-40° ю.ш. снижается до $q_1^S = 0,64 \div 0,65$ и только на 30-35° ю.ш. вклад годовой волны минимален – $q_1^S = 0,32$ (преобладающей становится четырехмесячная волна – $q_{III}^S = 0,34$). В Северной Атлантике на 70-5° с.ш. максимум наступает между началом апреля и серединой октября предыдущего года ($T_{maxI}^S = (-76) \div 97$ дней от начала года); в субэкваториальной зоне между 5° с.ш. и 10° ю.ш. максимум смещается на середину августа-начало октября ($T_{maxI}^S = 229 \div 275$ дней от начала года); на 10-35° ю.ш. максимум располагается между серединой марта-началом мая ($T_{maxI}^S = 74 \div 126$ дней от начала года), т.е. синхронно с северным полушарием; а на 35-70° ю.ш. – возвращается на август-начало октября ($T_{maxI}^S = 212 \div 280$ дней от начала года), т.е. опять в противофазе с Северной Атлантикой (рис. 5б). Что касается амплитуды годовой волны СПО, то ее максимумы отмечаются на 70-60° с.ш. – $A_1^S = 0,17 \div 0,22$, между 15° с.ш. и 10° ю.ш. – $A_1^S = 0,15 \div 0,40$ и на 60-70° ю.ш. – $A_1^S = 0,20 \div 0,30$, а минимумы – на 20-40° с.ш. ($A_1^S = 0,03 \div 0,06$) и на 40-60° ю.ш. ($A_1^S = 0,02 \div 0,07$) (рис. 5в). Северный и южный максимумы A_1^S приурочены к районам выноса материкового льда, а центральный – к устьям крупных рек экваториальной зоны.

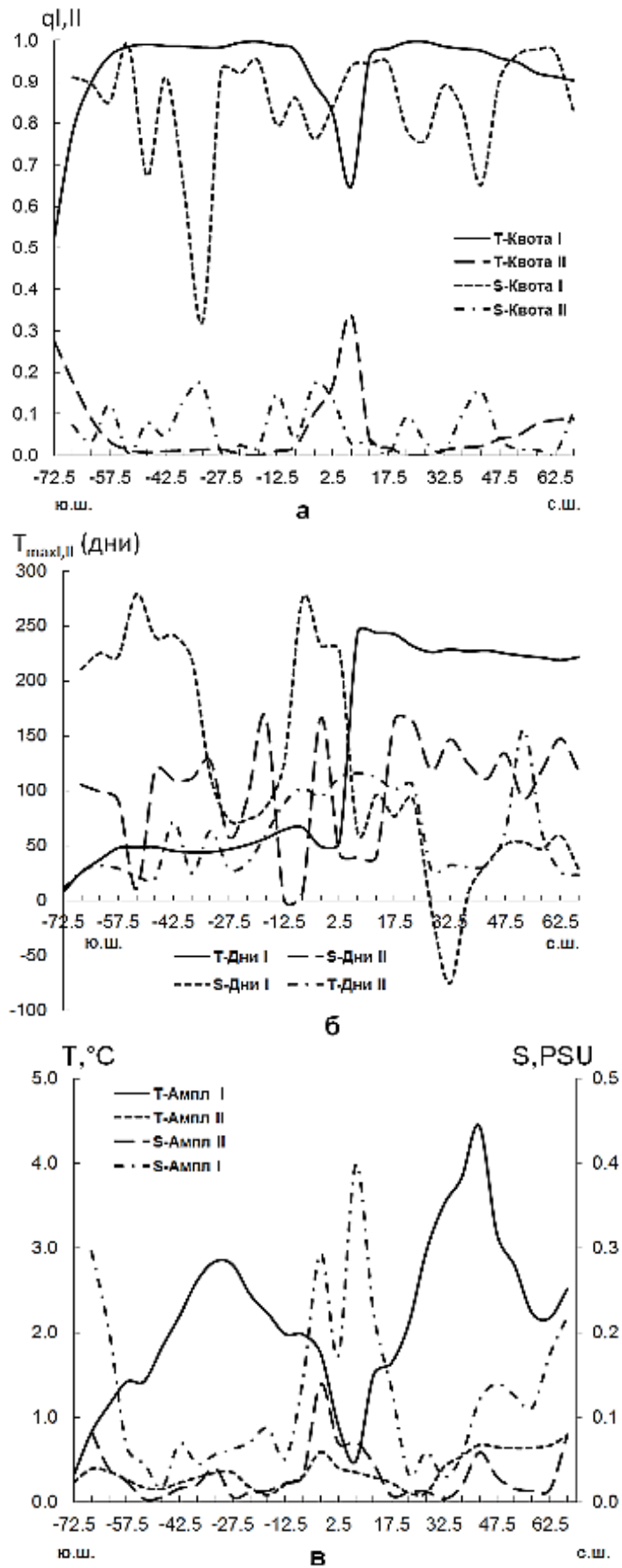


Рис. 5. Зональное распределение параметров годовой (I) и полугодовой (II) гармоник ТПО и СПО Атлантического океана, рассчитанных по данным WOA18 (1955-2017) [1, 2]: а) квоты; б) даты наступления максимума (число дней от начала года); в) амплитуды

Таким образом, и по данным массива WOA18, зона СПО, так же, как и ТПО, к югу от 5° с.ш. находится под влиянием южного гидрометеорологического полушария. Причиной этого, по мнению в [14], является смещение метеорологического экватора к северу от географического.

Кроме того, опираясь на рис. 4 и 5, показывающие наступление внутритроповых экстремумов ТПО и СПО на большей части Атлантического океана в августе-сентябре и феврале-марте по данным массива WOA18 [1, 2], можно установить временные границы климатических сезонов: зима (северного полушария) – февраль-апрель; весна – май-июль; лето – август-октябрь и осень – ноябрь-январь. Таким образом и данные массива WOA18 [1, 2], говорят в пользу выбора сезонов со сдвигом на два месяца относительно календарных (тогда месяцы солнцестояний и равноденствий являются центральными месяцами сезонов), полученных нами при анализе баз данных [5, 7-12] (сводка показана в [14]).

Взаимосвязь ТПО и СПО. О существовании связи между поверхностными полями температуры и солёности Атлантического океана известно давно. Так, в работе Е.Г. Агафоновой и А.С. Мониной [22], по всей вероятности впервые, получена статистическая диаграмма распределения температуры и солёности – двумерной плотности вероятности $p(T,S)$ на поверхности для всего Атлантического океана, на базе гидрологического массива ИО АН за 1925–1965 гг., позволившая авторам получить численные оценки связи между температурой и солёностью – коэффициент корреляции и линейные регрессии "прямые" $S(T)$ и "обратные" $T(S)$:

$$\begin{aligned} r &= 0,66, \\ S(T) &= 0,094T + 33,49, \\ T(S) &= 4,55S - 140,56. \end{aligned} \quad (3)$$

Подобные расчеты выполнены также и нами в [14] для Северной, Южной Атлантики и собственно Атлантического океана⁶, в том числе и по массиву WOA05 [11, 12]:

Для Северной Атлантики:

$$\begin{aligned} r &= 0,51, \\ S(T) &= 0,091T + 33,81, \\ T(S) &= 3,40S - 100,59. \end{aligned} \quad (4)$$

Для Южной Атлантики:

$$\begin{aligned} r &= 0,56, \\ S(T) &= 0,078T + 33,90, \\ T(S) &= 6,55S - 214,34. \end{aligned} \quad (5)$$

Для всего Атлантического океана:

$$\begin{aligned} r &= 0,62, \\ S(T) &= 0,084T + 33,87, \\ T(S) &= 5,20S - 166,12. \end{aligned} \quad (6)$$

Численные оценки связи по WOA18 [1, 2] таковы:

Для Северной Атлантики:

$$\begin{aligned} r &= 0,71, \\ S(T) &= 0,084T + 34,14, \\ T(S) &= 4,75S - 149,53. \end{aligned} \quad (7)$$

⁶ В [14] показано, что корректное использование двумерной плотности вероятности $p(T,S)$ на поверхности Атлантики для получения численных оценок связи между ТПО и СПО возможно для северного и южного гидрометеорологических (к северу и к югу от метеорологического, а не географического экватора) полушарий Атлантики, поскольку северная граница южноатлантической тропической водной массы в среднем за год располагается в северном полушарии.

Для Южной Атлантики:

$$\begin{aligned} r &= 0,86, \\ S(T) &= 0,088T + 33,80, \\ T(S) &= 7,89S - 261,99. \end{aligned} \quad (8)$$

Для всего Атлантического океана:

$$\begin{aligned} r &= 0,82, \\ S(T) &= 0,091T + 33,86, \\ T(S) &= 6,79S - 223,07. \end{aligned} \quad (9)$$

И так, теснота связи между среднегодовыми значениями ТПО и СПО в пятиградусных трапециях по данным WOA18 [1, 2] для гидрометеорологических полушарий Северной, Южной Атлантики и собственно Атлантического океана такова: $r = 0,71$, $r = 0,86$ и $r = 0,82$, соответственно. Для годовых среднеширотных величин теснота связи возрастет до $r = 0,82$, $r = 0,89$ и $r = 0,87$.

Перейдем к оценкам тесноты связи между сезонной изменчивостью ТПО и СПО. Расчеты проводились по трем вариантам: 1) – между среднеширотным СезХ ТПО и СПО; 2) – между среднеширотным СезХ ТПО и СПО с нарастанием в пределах гидрометеорологических полушарий и Атлантического океана в целом и 3) между СезХ ТПО и СПО, осредненном для гидрометеорологических полушарий Северной, Южной Атлантики и собственно Атлантического океана.

Результаты расчетов по первым двум вариантам показаны на рис. 6. Как видим из этого рисунка (кривая 1) большая часть Атлантического океана характеризуется высокой отрицательной теснотой связи между сезонной изменчивостью ТПО и СПО ($r \geq (-0,8)$) и только на 30-35° с.ш. и 10-35° ю.ш. теснота связи становится положительной – $r = 0,47$ и $r = 0,13 \div 0,87$, соответственно. При переходе расчета тесноты связи сезонной изменчивости между среднеширотным СезХ ТПО и СПО с нарастанием для Атлантического океана (кривая 2) – картина иная: между 70-ой и 20-ой северными параллелями высокая отрицательная теснота связи меняется на высокую положительную (от $r = (-0,95)$ до $r = 0,89$); далее к экватору теснота связи снижается до $r = 0,63$; между экватором и 40° ю.ш. теснота связи стабилизируется ($r = 0,60 \div 0,61$), после чего начинается рост – до $r = 0,80$ на южной границе Атлантики. Для Южной Атлантики (кривая 3) наблюдается снижение отрицательной тесноты связи сначала медленное – от $r = (-0,94)$ до $r = (-0,62)$ между 5° с.ш. и 30° ю.ш., затем резкое до – 50° ю.ш., где теснота связи становится положительной – $r = 0,69$ и опять медленный рост положительной тесноты связи до $r = 0,85$ на ее южной границе.

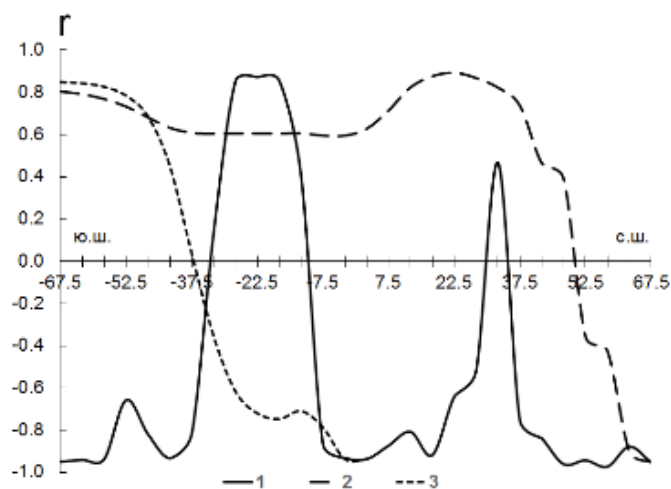


Рис. 6. Зональное распределение коэф. корреляции между сезонной изменчивостью ТПО и СПО Атлантического океана – 1 и между сезонной изменчивостью с нарастанием ТПО и СПО для Атлантического океана – 2 и для Южной Атлантики – 3, рассчитанных по данным WOA18 (1955-2017) [1, 2]

Для третьего варианта, когда СезХ температуры и солёности, усреднялся для гидрометеорологических полушарий Северной, Южной Атлантики и собственно Атлантического океана, теснота связи между сезонной изменчивостью ТПО и СПО становится отрицательной – $r = (-0,97)$, $r = (-0,97)$ и $r = (-0,50)$, соответственно.

Выводы

1. Северная Атлантика (к северу от 5° с.ш.), в целом теплее и солонее, чем Южная (к югу от 5° с.ш.) – $21,1^\circ\text{C}$ и $35,95$ против $16,0^\circ\text{C}$ и $35,21$, соответственно, при средних ТПО и СПО для собственно Атлантического океана – $18,2^\circ\text{C}$ и $35,52$. Что подтверждает закономерности выявленные в [14] по данным массива WOA05 [11, 12], однако сами средние значения выше, чем по WOA05: Северная Атлантика – $20,4^\circ\text{C}$ и $35,77$, Южная Атлантика – $15,6^\circ\text{C}$ и $35,20$, собственно Атлантический океан – $17,7^\circ\text{C}$ и $35,45$. Причина различий не столько во временных трендах ТПО и СПО, сколько в характере наблюдений. По нашим оценкам данными наблюдений массива WOA18 охвачено: в акватории Северной Атлантики (к северу от метеорологического экватора) – $37218,3$ тыс. км^2 (из $38767,3$ тыс. км^2), Южной Атлантики (к югу от метеорологического экватора) – $47315,0$ тыс. км^2 (из $49419,7$ тыс. км^2), собственно Атлантического океана – $84533,3$ тыс. км^2 (из $88187,0$ тыс. км^2 [14]), т.е. $1549,0$ тыс. км^2 акватории Северной Атлантики, $2104,7$ тыс. км^2 – Южной или $3653,7$ тыс. км^2 – собственно Атлантического океана остались не охваченными наблюдениями (в основном в прибрежной зоне).

2. Сезонная изменчивость ТПО и СПО и характеризуется преобладанием годовой волны (с одним максимумом и одним минимумом), однако их сезонный ход протекает в противофазе: для ТПО максимум наступает в теплое время года своего полушария, а для СПО – в холодное. В субэкваториальных и экваториальных широтах происходит перестройка хода экстремумов от северного полушария к южному: смещение максимума с сентября-октября на февраль-март и минимума с февраля-марта на август-сентябрь для ТПО и наоборот для СПО: смещение максимума с февраля-марта на сентябрь, а минимума с ноября на март-апрель.

3. Результаты гармонического анализа таковы. На большей части Атлантического океана СезХ ТПО и СПО характеризуется годовой гармоникой, квота которой $q_I \geq 0,80$, при этом q_I^T превышает q_I^S на $0,1$. Однако, для ТПО между $10-5^\circ$ с.ш. и $70-75^\circ$ ю.ш. квота годовой волны снижается до $q_I^T = 0,65$ и $q_I^T = 0,53$, а для СПО на $40-45^\circ$ с.ш. и $35-40^\circ$ ю.ш. – до $q_I^S = 0,64 \div 0,65$ и только на $30-35^\circ$ ю.ш. вклад годовой волны минимален – $q_I^S = 0,32$ (преобладающей становится четырехмесячная волна – $q_{III}^S = 0,34$). Максимум годовой гармоникой для ТПО между $70-5^\circ$ с.ш. наступает в августе-начале сентября ($T_{\max I}^T = 220-245$ дней от начала года), между 5° с.ш. и 65° ю.ш. – перемещается на февраль-начало марта ($T_{\max I}^T = 38-67$ дней от начала года), а затем, к югу от 65° ю.ш., – на январь ($T_{\max I}^T = 9-26$ дней от начала года). Для СПО максимум годовой волны: между $70-5^\circ$ с.ш. наступает между началом апреля и серединой октября предыдущего года ($T_{\max I}^S = (-76) \div 97$ дней от начала года); между 5° с.ш. и 10° ю.ш. – смещается на середину августа-начало октября ($T_{\max I}^S = 229 \div 275$ дней от начала года); на $10-35^\circ$ ю.ш. – располагается между серединой марта-началом мая ($T_{\max I}^S = 74 \div 126$ дней от начала года), т.е. синхронно с северным полушарием; а на $35-70^\circ$ ю.ш. – возвращается на август-начало октября ($T_{\max I}^S = 212 \div 280$ дней от начала года), т.е. опять в противофазе с Северной Атлантикой. Максимумы амплитуды годовой волны для ТПО отмечаются на $40-45^\circ$ с.ш. – $A_I^T = 4,4^\circ\text{C}$ и на $25-35^\circ$ ю.ш. – $A_I^T = 2,8^\circ\text{C}$, а минимумы – на $55-65^\circ$ с.ш. ($A_I^T = 2,2^\circ\text{C}$), на $5-10^\circ$ с.ш. ($A_I^T = 0,5^\circ\text{C}$) и на $70-75^\circ$ ю.ш. ($A_I^T = 0,3^\circ\text{C}$); для СПО максимальные амплитуды отмечаются на $70-60^\circ$ с.ш. – $A_I^S = 0,17 \div 0,22$, между 15° с.ш. и 10° ю.ш. – $A_I^S = 0,15 \div 0,40$ и на $60-70^\circ$ ю.ш. – $A_I^S = 0,20 \div 0,30$, а минималы – на $20-40^\circ$ с.ш. ($A_I^S = 0,03 \div 0,06$) и на $40-60^\circ$ ю.ш. ($A_I^S = 0,02 \div 0,07$).

4. Как для ТПО, так и СПО зона к югу от 5° с.ш. и по данным массива WOA18 находится под влиянием южного гидрометеорологического полушария. Причиной этого, по мнению в [13, 14, 21], является смещение термического (метеорологического) экватора к северу от географического.

5. Теснота связи между среднегодовыми значениями ТПО и СПО в пятиградусных трапециях для гидрометеорологических полушарий Северной, Южной Атлантики и собственно Атлантического океана такова: $r = 0,71$, $r = 0,86$ и $r = 0,82$, соответственно. Для годовых среднеширотных величин теснота связи возрастает до $r = 0,82$, $r = 0,89$ и $r = 0,87$, соответственно.

6. Теснота связи между среднеширотной сезонной изменчивостью ТПО и СПО выполнена по трем вариантам – для пятиградусных полос, для пятиградусных полос с нарастанием в пределах гидрометеорологических полушарий и собственно Атлантического океана и для СезХ, осредненного для гидрометеорологических полушарий Северной, Южной Атлантики и собственно Атлантического океана:

– для пятиградусных полос: большая часть Атлантического океана характеризуется высокой отрицательной теснотой связи между сезонной изменчивостью ТПО и СПО ($r \geq (-0,8)$) и только на 30-35° с.ш. и 10-35° ю.ш. теснота связи становится положительной – $r = 0,47$ и $r = 0,13 \div 0,87$, соответственно;

– для пятиградусных полос с нарастанием: между 70-20° с.ш. высокая отрицательная теснота связи меняется на высокую положительную (от $r = (-0,95)$ до $r = 0,89$); далее к экватору теснота связи снижается до $r = 0,63$; между экватором и 40° ю.ш. теснота связи стабилизируется ($r = 0,60 \div 0,61$), после чего начинается рост – до $r = 0,80$ на южной границе Атлантики. Для Южной Атлантики наблюдается снижение отрицательной тесноты связи сначала медленное – от $r = (-0,94)$ до $r = (-0,62)$ между 5° с.ш. и 30° ю.ш., затем резкое до – 50° ю.ш., где теснота связи становится положительной – $r = 0,69$ и опять медленный рост положительной тесноты связи до $r = 0,85$, на ее южной границе;

– для осредненной сезонной изменчивости по полушариям и океану в целом теснота связи между ТПО и СПО становится отрицательной – $r = (-0,97)$, $r = (-0,97)$ и $r = (-0,50)$, соответственно.

Работа выполнена в рамках госзадания ИО РАН (тема № FMWE–2021–0012).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Ocean Atlas 2018, Vol. 1: Temperature / A. Mishonov, Technical Ed. NOAA Atlas NESDIS 81. – Silver Spring, Maryland. – 52 pp.
2. World Ocean Atlas 2018, Vol. 2: Salinity. A. Mishonov Technical Ed.; NOAA Atlas NESDIS 82.– Silver Spring, Maryland. – 50 pp.
3. Брукс К., Карузерт Н. Применение статистических методов в метеорологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1963. – 416 с.
4. Кондратьев К.Я. Глобальный климат. – СПб.: Наука, С.-Петербургское отд-ние, 1992. – 359 с.
5. Ларин Д.А. и др. Средние месячные, декадные и пентадные температуры воды, воздуха, разности температур "воздух-вода" и скорости ветра в отдельных районах Северной Атлантики (1953-1974 гг.). – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1978. – 153 с.
6. Бирман Б.А., Балашова Е.В. Структура и изменчивость современного климата. Северное полушарие. Атлантический и Тихий океаны. Температура воды у поверхности океана (1957-1983 гг.). – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1986. – 196 с.
7. Levitus S. Climatological Atlas of the World Ocean. – NOAA Professional Paper, 1982. – № 13. – 188 p.
8. Woodruff S.D., Slutz R.J., Jenne R.L., Steurer P.M. A Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set // Bulletin American Meteor. Soc. – 1987. – V. 68. – P.1239-1250.
9. Levitus S., Burgett R. and Boyer T. P. World Ocean Atlas 1994. Vol. 3: Salinity. - NOAA Atlas NESDIS 3. U.S. Dept. of Commerce NOAA. - 1994. - 99 p.
10. Levitus S. and Boyer T.P. World Ocean Atlas 1994. Vol. 4: Temperatura. - NOAA Atlas NESDIS 4. U.S. Dept. of Commerce NOAA. - 1994. - 117 p.
11. World Ocean Atlas 2005, Vol. 1: Temperature / R.A. Locarnini, A.V. Mishonov, J.I. Antonov, T.P. Boyer, H.E. Garcia. NOAA Atlas NESDIS 61, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 2006a. – 182 pp.
12. World Ocean Atlas 2005, Vol. 2: Salinity / J.I. Antonov, R.A. Locarnini, T.P. Boyer, A.V. Mishonov, H.E. Garcia // NOAA Atlas NESDIS 62, U.S. Government Printing Office. – Washington, D.C., 2006b. – 182 pp.

13. Дубравин В.Ф., Егорихин В.Д., Навроцкая С.Е. Сезонная и межгодовая изменчивость температуры поверхности Атлантического океана – Калининград, 1999. – 93 с. – Деп. ВИНТИ. – 16.04.99, № 1195.
14. Дубравин В. Ф. Атлас термохалинной и биогеографической структур вод Атлантического океана. – Калининград: Капрос, 2013. – 471 с.
15. Хромов С.П. Метеорология и климатология для географических факультетов. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 491 с.
16. Дитрих Г. Общая океанография – М.: Ин. Лит., 1962. – 465с.
17. Берникова Т.А. Гидрология и промысловая океанология. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 240с.
18. Sverdrup H.U., Johnson M.W., Fleming R.H. The Oceans, their Physics, Chemistry, General Biology. - New York: Prentice-Hall, 1942. – 1087 p.
19. Дубравин В.Ф. Атлас пресноводного баланса Атлантического океана. – Калининград, 1997. – 138 с. – Деп. в ВИНТИ 11.08.97, N 2668.
20. Дубравин В.Ф. Взаимосвязь солености и составляющих пресноводного баланса на поверхности Атлантического океана // Тр. РГГМУ. – 1999. – Вып. 122. – С. 18-31.
21. Степанов В.Н. Океаносфера. – М.: Мысль, 1983. – 270 с.
22. Агафонова Е.Г., Монин А.С. Статистика температуры и солености поверхности Атлантики // ДАН СССР. – 1972. – Т. 207. – № 3. – С. 586-588.

FEATURES OF SEASONAL VARIABILITY OF SURFACE TEMPERATURE AND SALINITY OF THE ATLANTIC OCEAN

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

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

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

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

In accordance with the WORLD OCEAN ATLAS 2018 (WOA18) data, the estimation of intra-annual variability of temperature and salinity on the surface of the Atlantic Ocean has been made. The data have averaged for five-degree trapezoids over the period 1955-2017 [12]. Using the methods of harmonic-, correlation-, and statistical analysis [3] for each parameter the harmonics of their seasonal variations (CcX) were obtained and the relationship between the surface temperature and salinity fields was revealed.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕКА-МОРЕ НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ В 2020-21 ГГ.

¹Коробченкова Ксения Дмитриевна, старший лаборант с ВПО, аспирант

²Ульянова Марина Олеговна, канд. геогр. наук, ведущий научный сотрудник

¹ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта»,

Калининград, Россия, e-mail: ¹korobchenkova14@mail.ru

^{1,2} Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

Вследствие высокой антропогенной нагрузки проводится мониторинг гидрофизических и гидрохимических параметров морской среды на геохимическом барьере река-море (р. Преголя–Калининградский залив–Балтийское море). В исследовании представлены основные результаты проведенных экспедиций за 2020–21 гг.

Введение

Балтийское море подвержено многим экологическим проблемам по причине его природных особенностей (ограниченный водообмен, сезонная стратификация, низкая солёность, сравнительно небольшие глубины и др.) и интенсивной антропогенной нагрузки. Главными экологическими проблемами являются эвтрофикация, загрязнение химическими веществами, снижение биоразнообразия, загрязнение нефтепродуктами. В рамках Плана действий по Балтийскому морю, принятого в 2007 г. Хельсинской комиссией, каждая страна, расположенная на водосборной территории Балтийского моря, производит регулярный мониторинг морской среды и осуществляет различные мероприятия, направленные на решение актуальных экологических проблем.

Начиная с 2020 г. Атлантическим отделением Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН проводятся измерения в системе р.Преголя-Калининградский залив-Балтийское море для наблюдения за геоэкологическим состоянием прибрежной зоны юго-восточной части Балтийского моря, испытывающей высокую антропогенную нагрузку.

Исследование посвящено обобщению данных мониторинга, которые были получены в ходе морских экспедиций на маломерном научном судне «Норд-3» в 2020-21 гг.

Материалы и методы

Объектом исследования является система, в состав которой входит устье реки Преголя, Калининградский залив и юго-восточная часть Балтийского моря. Район работ охватывает акватории Калининградского морского канала (от устья р. Преголя), Балтийского пролива, Калининградского залива, а также прибрежные воды Балтийского моря (до 9 морских миль от берега) (рис. 1).

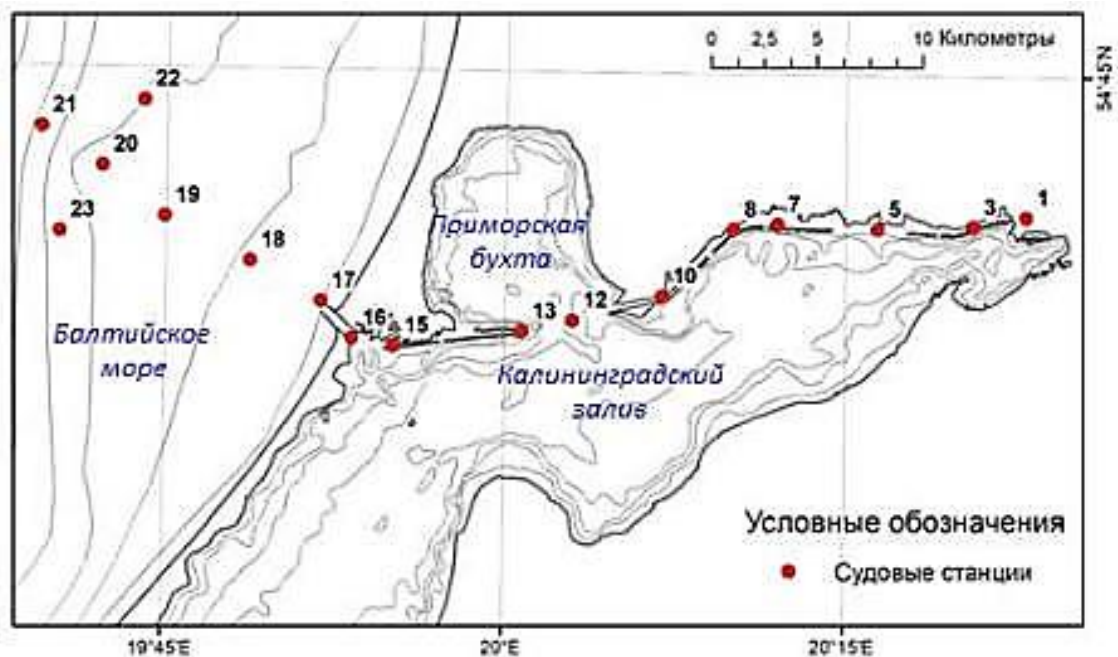


Рис. 1. Карта-схема района исследования

В рамках данной мониторинговой программы было выполнено пять экспедиций (6 августа 2020 г., 27 октября 2020 г., 15 мая 2021 г., 29 августа 2021 г., 19 октября 2021 г.). В ходе экспедиций выполнялись STD-зондирование для получения данных о структуре водной толщи в пространственном разрешении и отбор проб воды на содержание взвешенного осадочного вещества. После отбора пробы обрабатывались в лабораториях по стандартным методикам, принятым в ИО РАН.

Для лучшего понимания взаимосвязи различных процессов и визуального представления закономерностей распределения параметров также анализировались и обрабатывались метеорологические данные (скорость и направление ветра) из архива погоды на метеостанции в г. Балтийск (<https://rp5.ru/>) и снимки спутника Sentinel-2 и Sentinel-3 (<https://scihub.copernicus.eu/>) и радиометра MODIS на спутнике Aqua (<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>).

Результаты

Экспедиции проводились весной, летом и осенью, на основе этого выделены некоторые сезонные закономерности пространственного изменения гидрологических, гидрохимических и гидробиологических показателей.

В августе и октябре 2020 и 2021 гг. вертикальное и горизонтальное распределение температуры было относительно одинаково: от устья реки Преголя до Калининградского морского канала (КМК) водная толща однородно прогрета от поверхности до верхней границы термоклина. Также наблюдался термический фронт на выходе из Балтийского пролива и прибрежных водах моря. В мае 2021 г. условия отличались от выше описанных – в период выполнения работ водная толща была хорошо прогрета с поверхности до глубин 5-8 м от устья р. Преголя до КМК. В данном слое отмечены линзы воды с максимальными значениями температуры (13-13.8°C) и связаны с адвекцией прогретой воды из р. Преголя и Калининградского залива в пределах Приморской бухты. Придонная температура в устье реки составляла около 10.5°C и снижалась по мере продвижения по КМК к морю. Прогрев водной толщи в прибрежной части Балтийского моря происходил до глубин ветро-волнового перемешивания (около 10 м). Глубже 12 м вертикальное распределение температуры было сравнительно однородно и характеризовалось плавным снижением значений до глубины 52-56 м, где располагалось ядро холодного промежуточного слоя (3.7-3.9°C). Глубже 62 м температура возрастала, достигая в придонном слое 6.5°C. В районе КМК наблюдался хорошо выраженный по всей толще воды термический фронт (рис. 2а).

Можно выделить закономерности распределения солености характерные для каждой съемки в 2020-21 гг. – значения солености увеличивались в западном направлении в поверхностном слое от

устья р. Преголя до прибрежных морских вод. На участке КМК, прилегающем к Приморской бухте, в придонном слое просматривается слой более соленой воды, который мог быть вынесен из акватории Калининградского залива. 15 мая 2021 г. в море на глубине 65 м прослеживался галоклин с значениями солености придонного слоя 10.0 psu (рис. 2б).

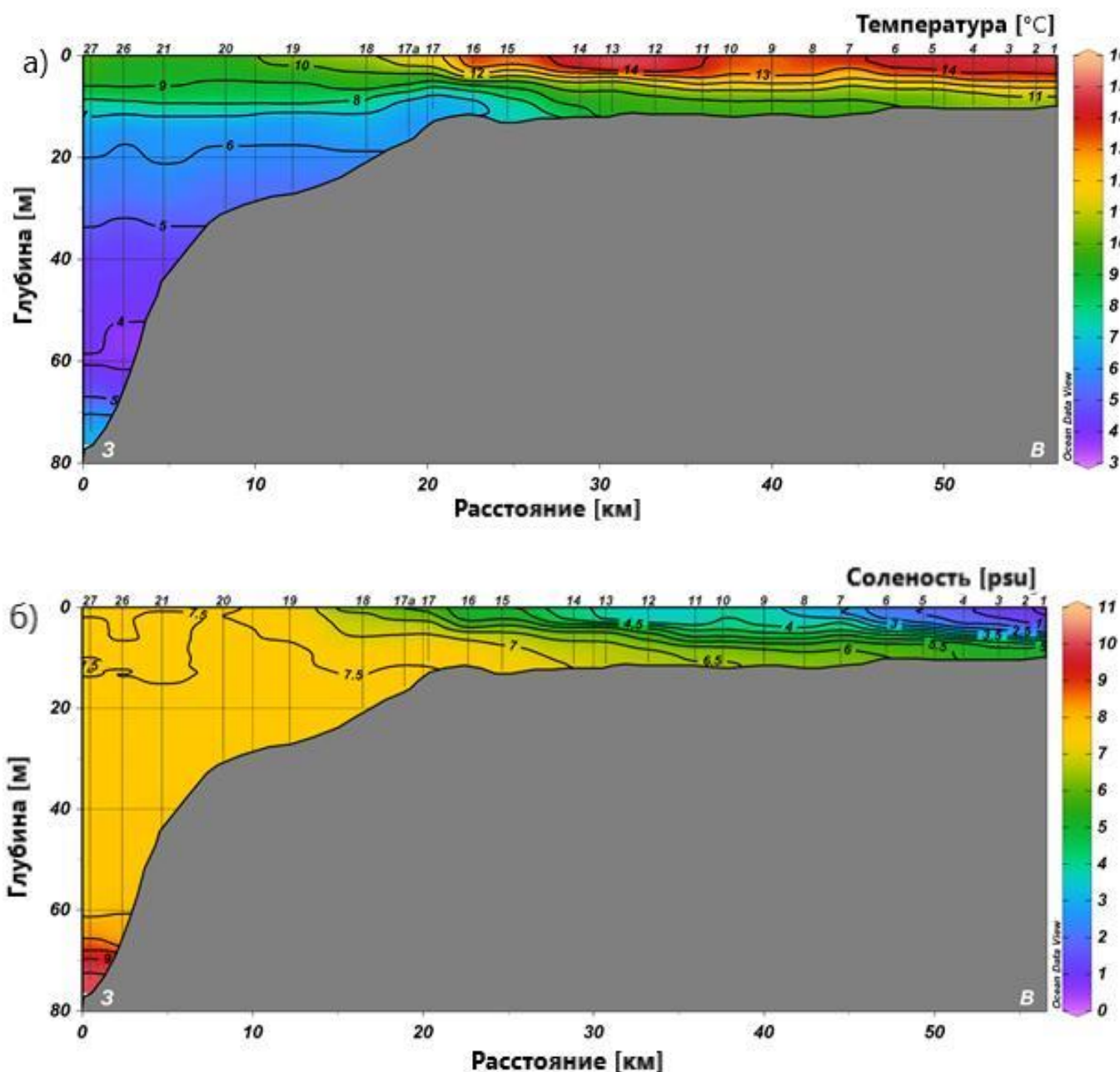


Рис. 2. Вертикальное распределение температуры (а) и солености (б) в Калининградском морском канале и прибрежных водах Балтийского моря 15 мая 2021 г.

Для распределения взвешенного вещества в придонном слое в системе река Преголя – КМК – Балтийское море характерны более низкие концентрации, чем на поверхности из-за меньшего биопродуцирования взвеси. Различные природные (абразия, бурное развитие первичной продукции) и антропогенные (сточные воды, локальный сток с промышленной зоны) источники определяют значения концентраций и состав взвеси. По мере удаления от мелководной зоны концентрации взвеси и показатель мутности уменьшаются. Пробы взвеси, отобранные летом, отражают летний максимум, вызванный развитием теплолюбивых сине-зеленых водорослей [Бубнова, 2020]. Максимальные концентрации взвеси в осенний период не отмечаются в водной толще в районе устья реки Преголя в результате сезонного минимума биомассы фитопланктона (рис. 3) [Ланге, 2014].

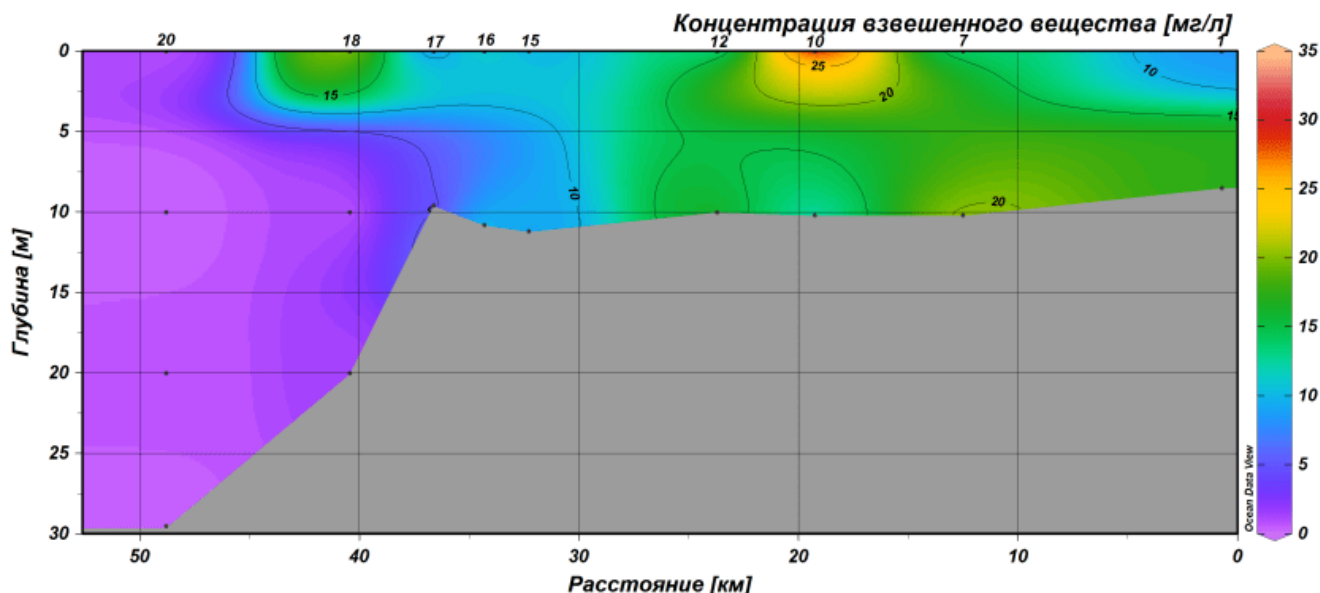


Рис. 3. Вертикальное распределение концентрации (в мг/л) взвешенного вещества в Калининградском морском канале и прибрежных водах Балтийского моря 19 октября 2021 г.

На основе данных о погодных условиях в день экспедиции и спутниковых снимках Sentinel-2 и Sentinel-3 были визуального представлены закономерности распределения взвешенного вещества и хлорофилла-*a*. Не все снимки являются репрезентативными по причине облачности, недостаточного разрешения, частоты съемки, по этой причине не каждый экспедиционный выход может сопровождаться визуальным материалом.

Характерные ветровые ситуации, влияющие на направление распространения выноса: ЮВ ветер способствует формированию нагона у Балтийского пролива со стороны Калининградского залива, в котором уровень воды несколько выше, что создает течение в сторону моря в проливе [Демешко и др., 2020]. При преобладании ЮЗ ветра со скоростью 1-8 м/с распространение выноса направлено на север вдоль берега. При преимущественно СВ ветре со скоростью 1-7 м/с распространение выноса направлено на юг по направлению к реке Висла.

На спутниковых снимках Sentinel-2 (рис. 4) представлены стадии развития и распространения выноса, который наблюдался за несколько дней до и после экспедиции 15 мая 2021 г. Предположительно вынос сформировался ранее в начале мая 2021 г. 10 мая 2021 г. преобладал Ю-ЮВ ветер 2-8 м/с, который создал условия для дополнительного выноса вод из Калининградского залива. 12 мая направление ветра стало преимущественно В-ЮВ 2-5 м/с, что могло способствовать распространению выноса перпендикулярно берегу. Затем 15 мая направление ветра сменилось на С-СЗ со скоростью 1-3 м/с, такие ветровые условия могли способствовать затоку морских вод и их перемешиванию с вынесенными ранее водами залива. Позже ветровые условия опять изменились и возникший СВ ветер благоприятствовал распространению выноса на юг. К 17 мая 2021 г. преобладал Ю-ЮЗ ветер, который распространял вынос в открытое море.

На спутниковых снимках Sentinel-3 взвеси и хлорофилла-*a* в Калининградском заливе и юго-восточной части Балтики за 17 мая 2021 г. также отчетливо виден вынос из Калининградского залива в открытое море (рис. 4). Повышенные концентрации взвеси и хлорофилла отмечаются в акватории Калининградского залива.

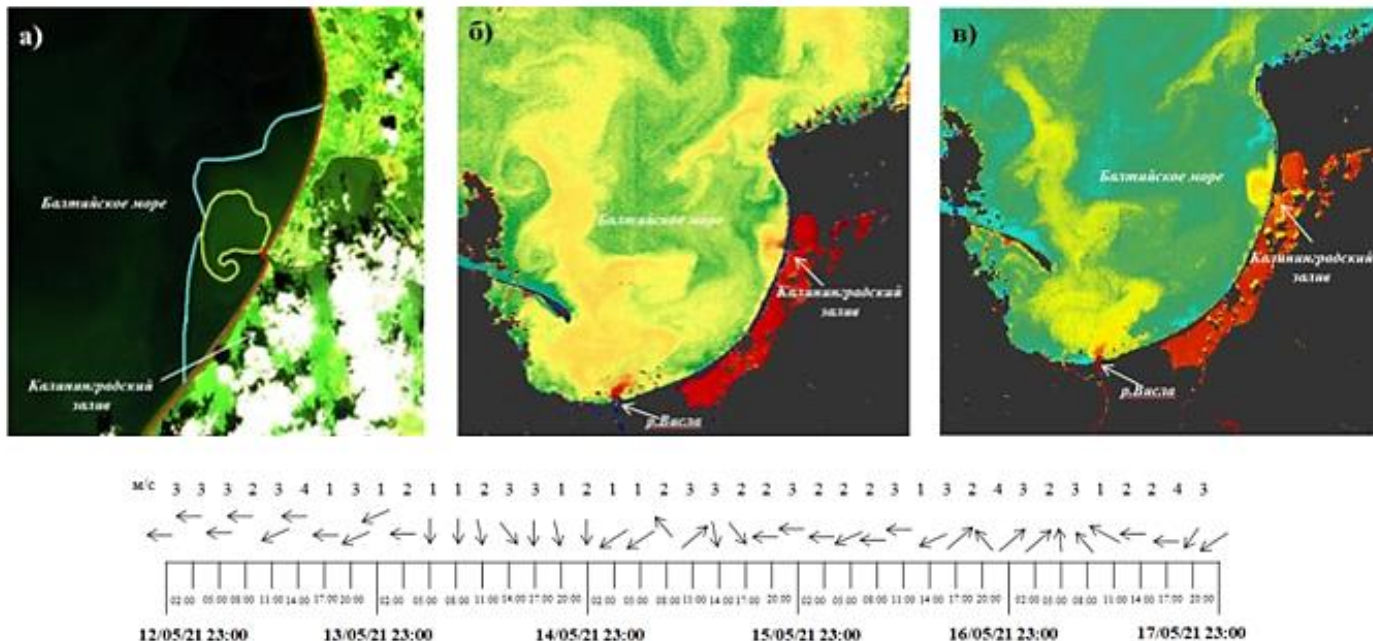


Рис. 4. Спутниковый снимок Sentinel-2 (а) с оконтуренной границей выноса вод из Калининградского залива за 17 мая 2021 г. (желтая граница – область выноса с более высокой концентрацией взвеси, салатная граница – область выноса с более низкой концентрацией взвеси) и спутниковые снимки Sentinel-3 взвеси (б) и хлорофилла-а (в) на акватории Калининградского залива и юго-восточной части Балтики за 17 мая 2021 г. и данные о ветровой ситуации с 12 по 17 мая 2021 г.

Заключение

Материал, собранный в нескольких экспедициях за 2020-21 гг., проводившихся в разные сезоны, позволил получить количественные оценки гидрологических условий, количественное распределение взвеси на различных горизонтах и закономерности её распределения, исходя из ветровой ситуации.

Таким образом, в системе р. Преголя – Калининградский морской канал – Балтийский пролив – Балтийское море хорошо прослеживались 2 квазистационарных фронта, выраженных в распределении как солености, так и температуры.

В поверхностном слое концентрации взвешенного вещества выше, чем в придонном слое, а в пространственном распределении наибольшие концентрации наблюдались рядом с устьем р. Преголя и уменьшались при удалении от него к открытому морю.

На основе данных о погодных условиях в день экспедиции и спутниковых снимках Sentinel-2 и Sentinel-3 были определены закономерности распределения взвешенного вещества и хлорофилла-а: ЮВ ветер способствует формированию нагона у Балтийского пролива со стороны Калининградского залива, а при преобладании ЮЗ ветра со скоростью 1-8 м/с распространение выноса направлено на север вдоль берега. При преимущественно СВ ветре со скоростью 1-7 м/с распространение выноса, направлено на юг по направлению к реке Висла.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубнова Е.С. взвешенное Взвешенное вещество в береговой зоне Калининградской области: распределение, транспорт, состав // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2020. № 3. С. 32-39.
2. Демешко Д.М., Осадчиев А.А., Степанова Н.Б. Исследование вытока вод Калининградского залива в Балтийское море // В сборнике: Труды IX Международной научно-практической конференции "Морские исследования и образование (MARESEDU-2020)". 2020. с. 290-293.

3. Ланге Е.К. Характеристика состояния фитопланктонных сообществ реки Преголи (бассейн Вислинского залива, Балтийское море) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2014. Т. 23. № 2. С. 92-97.

4. The Copernicus Open Access Hub // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://scihub.copernicus.eu/> (дата обращения 12.05.2022).

5. EOSDIS Worldview // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/> (дата обращения 08.05.2022).

6. Архив погоды на метеостанции // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://gp5.ru/> (дата обращения 10.08.2022).

COMPREHENSIVE STUDY OF THE RIVER-SEA SYSTEM ON THE EXAMPLE OF THE SOUTH-EASTERN PART OF THE BALTIC SEA IN 2020–21

¹ Korobchenkova Ksenia Dmitrievna, senior laboratory assistant with HPE, graduate student

² Ulyanova Marina Olegovna, Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher

¹Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia, e-mail: ¹korobchenkova14@mail.ru

^{1,2} Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Due to the high anthropogenic load, hydrophysical and hydrochemical parameters of the marine environment are regularly monitored at the river-sea geochemical barrier (Pregolya River–Kaliningrad Lagoon–Baltic Sea). This study presents the main results of the expeditions carried out for 2020–21.

УДК 502.3/.7 (556.5)

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КОНЦЕНТРАЦИЙ МИКРОПЛАСТИКА В ПРИУСТЬЕВЫХ УЧАСТКАХ НЕКОТОРЫХ МАЛЫХ РЕК КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Кривопускова Екатерина Владимировна, мл. науч. сотрудник Института рыболовства и аквакультуры

²Шibaев Сергей Вадимович, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура»

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹katekrivopuskova@gmail.com

В рамках исследования был проведен предварительный анализ загрязненности микропластиком 6 малых рек Калининградской области, впадающих в Балтийское море и его заливы. На основании гидрохимических исследований водотоков качество вод в них оценивается в диапазоне «умеренно загрязненные» - «грязные». Концентрации микропластика в водотоках колебалась от 20 до 120 ед./м³. Была отмечена важность структуры водосборного бассейна и принадлежность главных источников загрязняющих веществ в тому или иному виду антропогенной нагрузки.

Введение

Большинство современных водных экосистем находятся под сильным антропогенным воздействием. Высокие темпы развития промышленности и сельского хозяйства в последние десятилетия привели к увеличению объемов поступления различных загрязнителей в окружающую среду, в том числе в водоемы и водотоки. Кроме того, существенный вклад в загрязнение водных экосистем вносит увеличение площадей индивидуальной жилой застройки.

В настоящее время значительно увеличилось разнообразие загрязнителей, поступающих в окружающую среду. Некоторые из них обладают возможностью проникать во все экотопы нашей планеты, накапливаться и передаваться по пищевым цепям, вызывая негативные реакции у живых организмов. К таким загрязнителям можно отнести и пластик.

Пластик и пластиковые отходы в настоящее время стали одним из факторов антропогенного влияния на окружающую среду [1]. Продукция из различных соединений пластика получила широкое распространения начиная с 50-х годов XX века. Благодаря своим потребительским качествам и низкой цене изделия из пластика широко используются в нашей повседневной жизни, не говоря уже об использовании пластика в промышленном производстве. В 2019 году общемировые объемы производства пластиковой промышленности составили почти 370 млн. т. [2]. Широкое использование пластмасс вместо «натуральных» материалов привело к геометрическому росту пластиковых отходов. Несанкционированные свалки в местах отдыха людей и отсутствие контроля за состоянием мест складирования ТБО приводит к ветровому и водному перемещению отходов, благодаря их легкой и прочной структуре, на более обширные площади. Наиболее широкое распространение в окружающей среде получили частицы пластика менее 5 мм, так называемый микропластик.

Микропластик признан новым и потенциально опасным загрязнителем водных экосистем, вызывающим серьезную озабоченность из-за его стойкости и повсеместного распространения, а также токсического потенциала [3,4]. Последние исследования показали, что микропластик также является векторным переносчиком гидрофобных органических загрязнителей [5, 6].

Большое количество исследований посвящено загрязнению водных экосистем микропластиком, исследованию путей его попадания в окружающую среду и живые организмы, методики сбора и обработки материала, однако большинство из них описывает опыт работы с морскими экосистемами. Тогда как речные системы являются одними из основных путями поступления микропластика в океаны и моря, а также подвергаются значительному антропогенному влиянию. Согласно исследованиям, проведенным в 2017 году [7], через речные системы мира в океан поступает примерно от 0,41 до 4 млн. т. пластика и пластиковый частиц в год, наземный сток из этого объема составляет 64-90%.

Основную долю пластика привносят крупные реки, протекающие и имеющие в пределах своего водосборного бассейна мегаполисы и крупные города.

Калининградская область находится в пределах водосборной площади Балтийского моря, в котором отмечается увеличение концентраций различных частиц пластика. Исследования загрязнений микропластиком, проведенные в последние годы, были направлены на прибрежную зону моря и крупные водотоки [8,9,10]. Вместе с тем, в регионе имеется большое количество небольших водотоков (реки и каналы), которые несут существенную антропогенную нагрузку [11] в том числе и микропластиком преимущественно от хозяйственно-бытовых стоков и мусора.

Целью данного исследования является предварительная оценка загрязненности малых водотоков Калининградской области микропластиком с учетом особенностей формирования антропогенной нагрузки на них.

Материал и методика

В рамках данного исследования отбор проб производили на замыкающих створах шести малых водотоках Калининградской области, впадающих в Балтийское море (р. Медвежья, р. Светлогорка, р. Забава, р. Чистая), Куршский (р. Зеленоградка) и Вислинский (р. Приморская) заливы. Места отбора проб располагались в максимальном приближении к устью, что исключало возможность дополнительного антропогенного влияния, и привнесения дополнительных частиц микропластика, вниз по течению (рис.1).

При выборе водотоков учитывались особенности водосборного бассейна, уровни антропогенной нагрузки. Так, водосборный бассейн реки Забава располагается в слабо урбанизированной зоне, где основным видом деятельности является сельское хозяйство, в то время как водосборы рек Чистая, Светлогорка и Медвежья находятся в сильно урбанизированной зоне, с высокой концентрацией жилой застройки, и если в границах водосборной площади рек Светлогорка и Чистая преобладает многоэтажная застройка, то в водосборной площади реки Медвежьей высокая плотность индивидуальной жилой застройки.

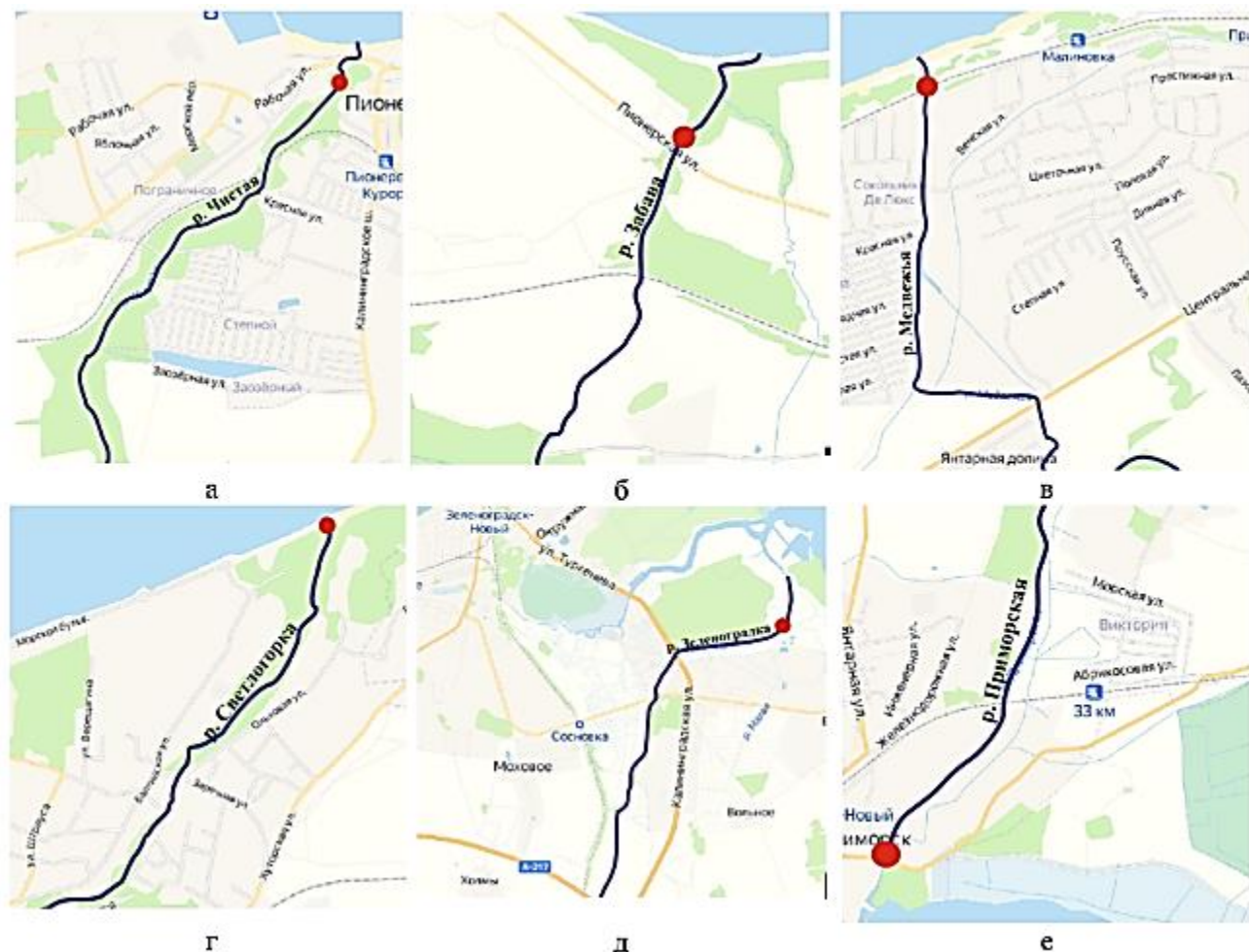


Рис. 1. Станции отбора проб

а – р. Чистая; б – р. Забава; в – р. Медвежья; г – р. Светлогорка; д – р. Зеленоградка; е – р. Приморская

Отбор проб производится в весенний сезон соответствии с рекомендациями [12] при помощи планктонной сети с номинальным размером ячеи 67 мкм. Совместно с отбором проб для анализа концентраций микропластика, отбирались пробы для гидрохимического анализа воды, на месте измерялись: концентрация кислорода, рН, электропроводность, температура воды. Для расчета расходов измерения скорости течений производилось при помощи акустического измерителя потока ОТТ

Лабораторный анализ отобранных образцов воды проводился на базе Института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ». Анализ гидрохимических показателей проводили в лабораторных условиях по стандартным методикам согласно ГОСТам, анализ БПК₅ проводили с использованием манометрического анализатора WTW OxiTop IS6.

Пробы для анализа микропластика после предварительной обработки профильтровывались через мембранный фильтр Владипор МФАС-ОС-4, со средним диаметром про 0,6 мкм. Затем производился подсчет количества частиц микропластика осажденных на фильтре при помощи стереомикроскопа Motic SZM-171. Подсчет частиц микропластика производился вручную, при необходимости дополнительную идентификацию принадлежности частиц производилась под микроскопом

Результаты и обсуждение

Ключевым фактором для попадания частиц микропластика в водные экосистемы является поступления в них сточных вод вне зависимости от вида деятельности, а также наличие незарегистрированных источников накопленного экологического вреда в пределах их водосбора.

Полученные результаты гидрохимического анализа проб воды свидетельствуют о сильном антропогенном влиянии на исследуемые малые реки (табл. 1). В целом состояние исследуемых водотоков можно оценить, как неблагоприятное, качество вод в них оценивается в диапазоне «умеренно загрязненные» - «грязные». К «грязным» на момент исследований относился приустьевые участки рек Зеленоградка и Приморская, что согласуется с предыдущими исследованиями [11].

Таблица 1

Результаты гидрохимического анализа отобранных проб в приустьевых участках

Параметры	Обследованные водотоки					
	р. Чистая	р. Забава	р. Медвежья	р. Светлогорка	р. Зеленоградка	р. Приморская
Координаты отбора проб	54.952322, 20.219908	54.937860, 20.307519	54.947389, 20.428801	54.951159, 20.179024	54.944734, 20.530291	54.727446, 20.008358
Протяженность, км	7,8	12	10	14	13	25
Принимающий водоем	Балтийское море				Куршский залив	Вислинский залив
Скорость течения в месте отбора проб, м/с	0,120	0,130	0,092	0,040	0,020	0,096
Средняя ширина в месте отбора проб, м	1,5	4,0	8,0	5,0	2,5	20,0
Расход м ³ /с	0,036	0,104	0,184	0,120	0,300	0,600
Электропроводность, мкСм/см	544,4	461,5	738,7	351,9	561,5	558,1
pH	7,06	6,73	6,27	6,90	6,87	6,87
Концентрация кислорода, мг/дм ³ - %	8,28/76,2	6,00/58,7	6,27/59,4	6,79/63,1	6,37/62,1	7,14/68,1
Окисляемость перманганатная, мгО/дм ³	7,80	7,41	7,29	6,64	10,31	11,38
БПК ₅ , мгО/дм ³	2,5	2,1	2,3	2,1	3,3	2,9
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,860	0,729	1,033	0,776	1,272	0,769
NO ₃ ⁺ , мг/дм ³	0,212	0,148	0,083	0,038	0,099	0,053
NO ₂ ⁺ , мг/дм ³	0,826	0,398	0,693	1,918	0,428	1,165
Feобщ, мг/дм ³	0,158	0,662	0,590	0,678	0,664	0,719
P-PO ₄ , мг/дм ³	0,276	0,774	0,622	0,236	1,057	1,002
Робщ, мг/дм ³	0,584	1,146	0,931	1,344	1,344	1,061

Необходимо отметить, что в процессе отбора проб на станции на реке Чистой было отмечено сильное замусоривание берегов, а на правом берегу после размыва склона был отмечен «пласт» старой засыпанной несанкционированной свалки, относящейся примерно к концу 90-х началу - 2000-х годов (рис.2).

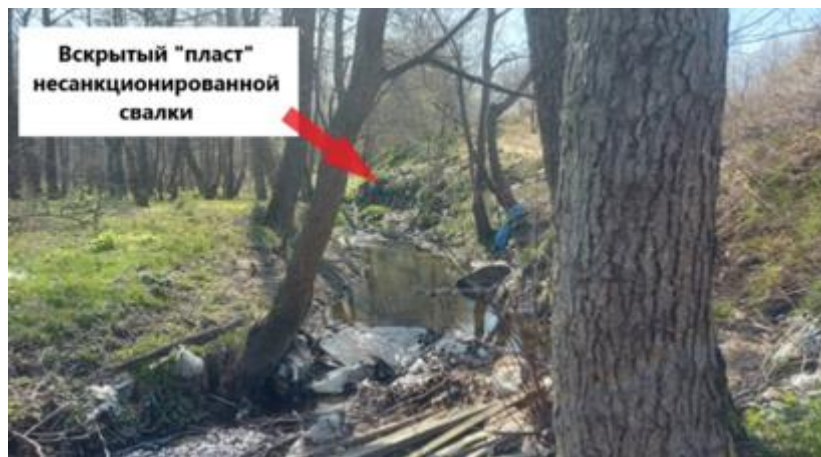


Рис. 2. Вскрытый «пласт» старой несанкционированной свалки р. Чистая

В рамках проведенных исследований проводился расчет концентрации частиц микропластика в водотоке (ед./м³) с допущением, что частицы распределены по все толще воды равномерно, а также ориентировочный суточный вынос частиц в принимающие водоемы. Полученные результаты представлены на графике (рис. 3).

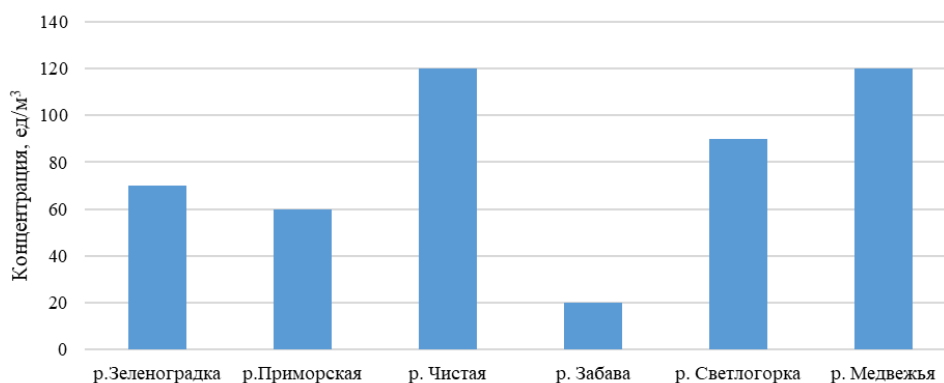


Рис. 3. Концентрация частиц микропластика на приустьевых станциях

Основная масса частиц микропластика была представлена волокнами длиной от 3 до 15 мм (рис. 4), в некоторых образцах также встречались небольшие «осколки» размером не более 2 мм.

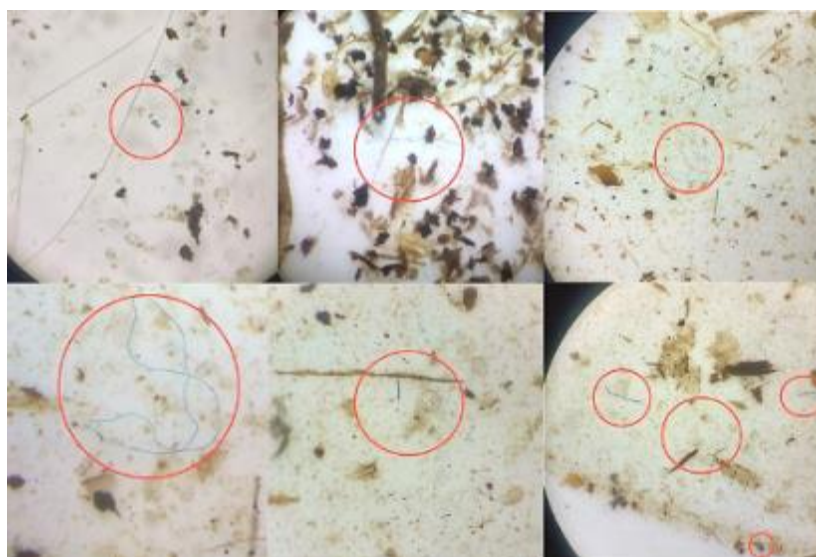


Рис. 4. Частицы пластика в пробах

Наибольшие концентрации частиц микропластика наблюдались в образцах рек Чистая и Медвежья и составляли 120 ед./м³. Наименьшая концентрация отмечалась в реке Забава (20 ед./м³), что закономерно, так как крупных источников поступления микропластика на ее водосборной площади нет.

Высокие концентрации микропластика в реке Чистая при относительно низком уровне загрязнения, по сравнению с другими рассматриваемыми водотоками, объясняются сильной замусоренностью ее берегов и русла, так при отборе проб бентоса вместе с грунтом в отобранных образцах отмечались куски пластиковых пакетов и упаковок. Тогда как высокие значения в пробах реки Медвежья связаны с интенсивной жилой индивидуальной застройкой ее водосборной площади, где несмотря на высокую долю использования локальных очистных сооружений, большая часть микропластика попадает именно с хозяйственно-бытовыми водами, через сбросные каналы.

В сильно загрязненных реках, таких как Приморская (60 ед./м³) и Зеленоградка (70 ед./м³), доля частиц микропластика относительно не высока, что связано с основным источником поступления загрязнителей в них – сельским хозяйством.

Ориентировочный суточный вынос рассчитывался с учетом измеренных расходов воды на станциях отбора проб (рис. 5). Наибольший вынос наблюдался на реке Приморская (более 3 млн. ед. в сутки), что связано, несмотря на относительно небольшие концентрации микропластика, с большими объемами воды, проходящими через живое сечение водотока. Высокий суточный вынос через створ р. Медвежья обуславливается высоким уровнем загрязнения частицами микропластика данного водотока, несмотря на невысокий, по сравнению с р. Приморской и р. Зеленоградка, расход.

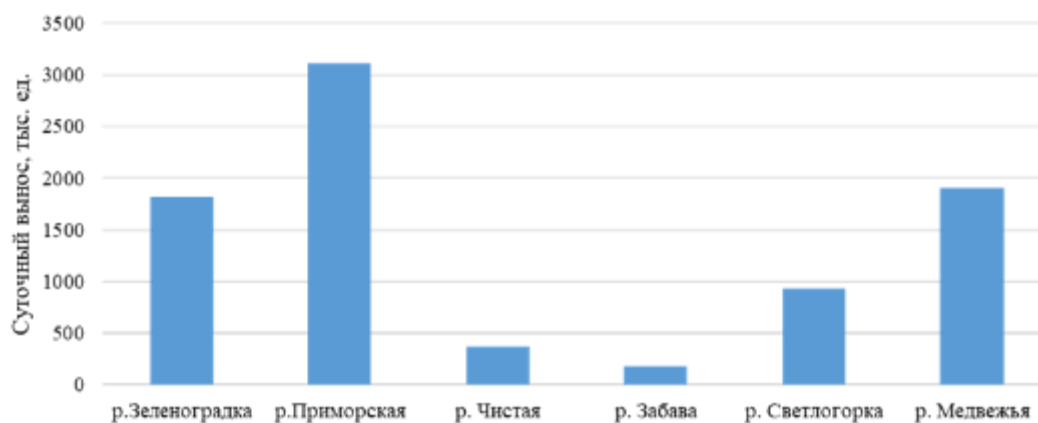


Рис. 5. Суточный вынос частиц микропластика на приустьевых станциях

Наименьший вынос закономерно отмечался для реки Забава (около 180 тыс. ед. в сутки) и, как ни странно, для реки Чистая (менее 400 тыс. ед. в сутки), которая несмотря на свои высокие концентрации частиц пластика не обладает достаточными гидрологическими характеристиками среди исследуемых водотоков, чтобы оказывать значительное влияние на количество вносимого микропластика в принимающие водоемы.

Заключение

Полученные результаты показывают, что не всегда в сильно загрязненных реках закономерно отмечаются высокие концентрации микропластика. Важное значение в этом играет структура водосборного бассейна и принадлежность главных источников загрязняющих веществ в тому или иному виду хозяйственной деятельности человека.

Результаты проведенных исследований являются предварительными и не дают в полной мере оценить загрязненность микропластиком исследуемых водотоков, но в тоже время они доказывают необходимость учитывать вклад малых рек в загрязнение пластиковыми отходами морей и океанов. Необходимо отметить важность продолжения мониторинга данных водотоков для полноценной оценки вклада малых рек в загрязнение микропластиком Балтийского моря и его заливов, а полученные данные могут стать основой для разработки планов по сокращению поступления частиц микропластика в морские экосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Microplastics pollution as a grand challenge in marine research: A closer look at their adverse impacts on the immune and reproductive systems / Sharifinia, M., Bahmanbeigloo, Z.A., Keshavarzifard, M., Khanjani, M.H., Lyons, B.P. // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* – 2020. - № 204. – P. 111109
2. Plastics Europe. Plastics–The Facts 2017: An Analysis of European plastics Production, Demand and Waste Data. 2020. Available online: https://www.plasticseurope.org/application/files/5716/0752/4286/AF_Plastics_the_facts-WEB-2020-ING_FINAL.pdf (обращение 23.09.2022)
3. Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: variability among individual particles and regional differences / Endo, S., Takizawa, R., Okuda, K., Takada, H., Chiba, K., Kanehiro, H., Ogi, H., Yamashita, R., Date, T. // *Mar. Pollut. Bull.* – 2005. - № 50. – P. 1103–1114
4. Engler, R.E. The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. // *Environ. Sci. Technol.* – 2012. - № 46 – P. 12302–12315
5. Interactions between microplastics, pharmaceuticals and personal care products: Implications for vector transport / Atugoda T., Vithanage M., Wijesekara H., Bolan N. and a.l. // *Environ. Int.* - 2021. - №149. – P. 106367
6. Temperature rise and microplastics interact with the toxicity of the antibiotic cefalexin to juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*): post-exposure predatory behaviour, acetylcholinesterase activity and lipid peroxidation / Fonte E., Ferreira P., Guilhermino L. // *Aquat. Toxicol.* - 2016. - №180. – P. 173–185.
7. Export of plastic debris by rivers into the sea / Schmidt C., Krauth T., Wagner S. // *Environ. Sci. Technol.* – 2017. - № 51 (21). - P. 12246–12253.
8. 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.58 № 1. - С.149-157 DOI:10.7868/S0030157418010148
9. Bagaev A. Anthropogenic fibres in the Baltic Sea water column: Field data, laboratory and numerical testing of their motion / A. Bagaev, A. Mizyuk, L. Khatmullina, I. Isachenko, I. Chubarenko // *Science of The Total Environment.* – 2017. – Vol. 599. – P. 560–571.
10. Microplastics profile along the Rhine /Mani T., Hauk A., Walter U., Burkhardt-Holm P. // *River. Sci. Rep.* – 2015. - № 5 (1). – P. 1–7.
11. Нагорнова Н.Н. Геоэкологическая оценка состояния малых водотоков Калининградской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Калининград: ФГБОУ КГТУ, 2012. - 21 с.
12. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for Quantifying Synthetic Particles in Waters and Sediments /Masura J., Baker J., Foster G., Arthur C. // NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48. Silver Spring, NOAA Marine Debris Division, 2015.- 31 p.

THE FIRST RESULTS OF THE EVALUATION OF MICROPLASTIC CONCENTRATIONS IN THE MOUTH AREAS OF SOME SMALL RIVERS OF THE KALININGRAD REGION

¹Krivopuskova Ekaterina Vladimirovna, junior researcher of Institute of Fisheries and Aquaculture

²Shibaev Sergey Vadimovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

^{1,2}FGBEE HE «Kaliningrad State Technical University»,
Kaliningrad, Russia, e-mail: ¹katekrivopuskova@gmail.com

In this article the preliminary analysis of microplastic concentration in the six small rivers of the Kaliningrad region, flowing into the Baltic Sea and its lagoons, was carried out. Based on hydrochemical studies of watercourses, the water quality in them were estimated in the range from "moderately polluted" to "dirty". Concentrations of microplastics in watercourses ranged from 20 to 120 units/m³. The importance of the structure of the drainage basin and the belonging of the main sources of pollutants to one or another type of anthropogenic load was noted.

КОМПЛЕКСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОТОКА БЕЗ НАЗВАНИЯ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА ВИШТЫНЕЦКОГО ОЗЕРА

¹Кухарук Екатерина Дмитриевна, магистрант

²Меньшенин Александр Сергеевич, магистрант

³Цупикова Надежда Александровна, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: ¹katerina.kukharuk@mail.ru; ²sascha11101999@mail.ru;

³tsoupikova@klgtu.ru

Дается комплексная характеристика водотока, впадающего в Виштынецкое озеро. Специфической особенностью данного водотока является интенсивная деятельность бобров, которая влияет на его гидрометрические и гидрохимические характеристики. Наблюдения, проведенные осенью 2021 и весной и летом 2022 г., показали, что водный объект имеет замедленное течение. Результаты гидрохимического анализа свидетельствуют о существенном влиянии на водоток болотистых вод, поступающих с территории водосбора и снижающих качество вод в исследуемом водотоке. Кроме того, воздействие деятельности бобров выше плотины осенью 2021 г. наблюдалось в виде накопления органических и биогенных веществ, их концентрации снизились при частичном разрушении плотины летом 2022 г., но возросла нагрузка на принимающий водоем.

Введение

Озеро Виштынецкое является крупным, глубоководным и чистым озером, которое расположено на границе двух государств: Литвы (Мариямпольский уезд) и России (территория Калининградской области). В озеро впадают 12 различных ручьев и рек общей длиной свыше 160 км. Площадь водосборного бассейна равна 281,9 км², 23% из которых приходится на Калининградскую область [1].

Биогенная нагрузка от каждого впадающего в Виштынецкое озеро водотока может оказаться значительной, так как даже ручьи могут привнести большое количество органических и биогенных веществ. Любая перемена гидрологического режима водотока приводит к изменению множества иных природных процессов. Поэтому комплексное изучение водотока играет важную роль как для самого водного объекта, так и для принимающего водоема. По мнению специалистов [2], именно поступление соединений фосфора и азота из бухты Тихой является причиной широкого распространения водной растительности в западной части Виштынецкого озера и его дальнейшей эвтрофикации. Содержание органических веществ и величина перманганатной окисляемости здесь также всегда повышена по сравнению с остальным водоемом.

Целью исследования является гидрологическое и гидрохимическое изучение водотока без названия с координатами устья 54°25'44'' с.ш. 22°40'54'' в.д. водосборного бассейна Виштынецкого озера, позволяющее определить межсезонную динамику его основных показателей.

Объект исследования

Водоток, выбранный в качестве объекта исследования, впадает в бухту Тихую Виштынецкого озера с западного берега. Генеральное направление течения – с запада на восток.

Местность в районе расположения водотока заболочена и гидрографическая сеть имеет сложную разветвленную структуру. Однозначно определить местоположение истока водотока как по картам, так и при экспедиционных исследованиях на местности, не представилось возможным. Наиболее вероятно, водный объект берет своё начало в одном из болот Виштынецкой возвышенности, в лесном массиве к западу от автодороги, между урочищем Малое Белозёрное и посёлком Ле-

систое Нестеровского муниципального округа Калининградской области. Его основные гидрологические характеристики были определены с помощью картографических сервисов Google Earth и SASPlanet, исходя из положения истока как наиболее удаленной от устья точки, установленной в ходе полевых и камеральных исследований, и представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные гидрологические характеристики исследуемого водотока

Показатель	Значение
Протяженность водотока, км	2,5
Доля от общей длины водотоков водосборного бассейна озера, %	1,6
Водосборный бассейн водотока, км ²	1,8
Доля от общего водосборного бассейна озера, %	1,5
Коэффициент извилистости	1,8
Высота над уровнем моря в районе истока, м	190
Высота над уровнем моря в устьевой части, м	172
Падение, м	18
Уклон, м/км	7,2

Водосборный бассейн исследуемого водотока занимает 1,5% от всей площади водосборного бассейна Виштынецкого озера, по длине - 2,5 км (табл.1) - он относится к категории мельчайших (менее 10 км), русло – извилистое согласно принятой классификации [3]. Исследуемый водоток является одним из главных водотоков, впадающий на западе Виштынецкого озера, гидрохимические показатели которого могут вносить значительный вклад в эвтрофикацию бухты Тихой [2].

На карте начала XIX века (Семитопографическая карта иностранных владений Российской империи, 1811-1820 гг. [4]), исследуемый водный объект отмечен у бухты на западе озера Виштынь (совр. Виштынец), очертания в плане – естественно извилистые. На топографической карте Калининградской области, 1991-2000 гг., мелкого масштаба (1:200000) водоток отсутствует, скорее всего в силу генерализации, так как на спутниковых снимках этого периода пересыхание водотока выявлено не было. На подробной топографической карте 1991-2005 гг. водоток находится на том же месте, что и в начале XIX века. При этом рисунок эрозионно-гидрографической сети изменился, водоток канализирован, русло его спрямлено и принимает воды дренажных каналов (рис. 1).



Семитопографическая карта иностранных владений Российской империи, 1811-1820 гг. (фрагмент)



Топографическая карта Калининградской области, 1991-2000 гг., масштаб 1:200000 (фрагмент)



Подробная топографическая карта 1991-2005 гг. (фрагмент)

Рис. 1. Водоток на картах различных лет издания

Пересечение водотока с автомобильной дорогой, проходящей с севера (пос. Ягодное) на юг (пос. Уварово) Нестеровского муниципального округа Калининградской области, оформлено в виде водопропускной трубы. В ходе полевых исследований осенью 2021 года западнее от дороги обнаружена бобровая плотина, длиной около 80 м, вытянутая с севера на юг, параллельно дороге. Предположительно, плотина возведена несколько лет назад. Станции отбора проб были выбраны выше и ниже бобровой плотины (рис.2).

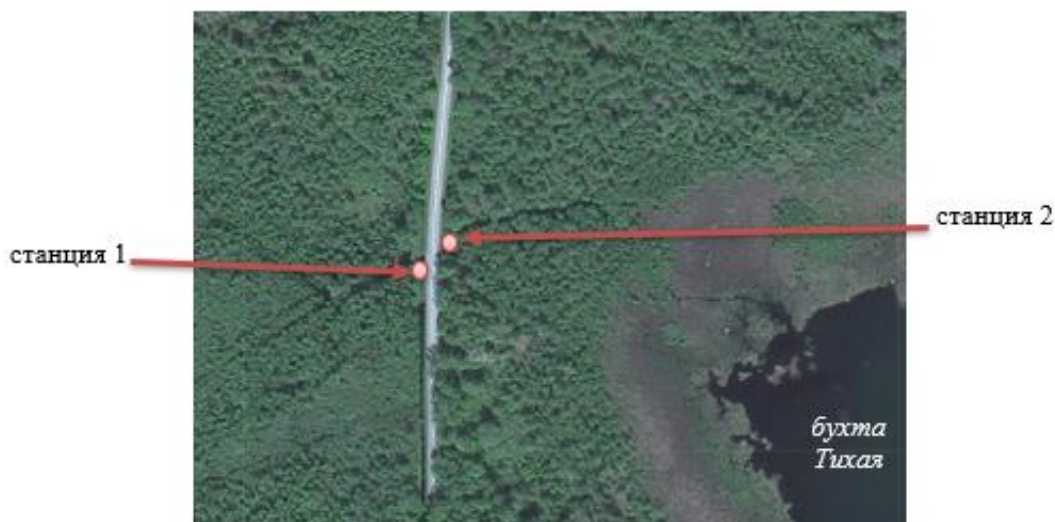


Рис. 2. Станции отбора проб на водотоке

Станция 1 располагается выше бобровой плотины, западнее от автодороги (54°25'44''с.ш. 22°40'47''в.д.), станция 2 – ниже по течению, на противоположной стороне автодороги (54°25'44''с.ш. 22°40'48''в.д.). Расстояние между станциями по реке составило 28 м, по прямой – около 20 метров.

Существование плотины привело к расширению русла и подъему уровня воды выше по течению, и снижению скорости течения. Летом 2022 года плотина была частично разрушена сотрудником дорожных служб, что привело к интенсификации стока воды и формированию своеобразного миниатюрного «стокового» течения непосредственно у вновь образованного прорыва плотины (табл. 2).

Таблица 2

Гидрометрические показатели водотока

Показатели	Осень 2021		Весна 2022		Лето 2022	
	Ст.1	Ст.2	Ст.1	Ст.2	Ст.1	Ст.2
Глубина, м	0,45	0,30	0,50	0,70	0,45	0,65
Скорость течения, м/с	0,056	0,120	0,028	0,018	0,135	0,034
Расход воды, м ³ /с	Менее 0,03	Менее 0,04	Около 0,01	Около 0,02	Около 0,08	Около 0,03

Весной на станции 2 в результате резкого подъема уровня воды затопило близлежащую местность, из-за чего околородная растительность оказалась в воде. Русло на приустьевом участке утратило четкие очертания, при этом скорость течения ниже плотины снизилась в 7 раз, несмотря на повышенный уровень вод.

Результаты исследований

Оценка экологического состояния водотока проводилась на основе исследований в осенний, весенний и летний сезоны 2021-2022 гг. Отбор и обработка проб проводилась по соответствующим методикам [5-6]. Анализ проб проводился в гидрохимической лаборатории ФГБОУ ВО «КГТУ».

Концентрацией ионов водорода определяются химические процессы, происходящие в воде и условия развития биологических процессов, характеризующих важнейшие качества воды [7]. В исследуемом водном объекте величина pH осенью и летом была в пределах нормы (рис. 3), реакция среды – нейтральная (6,5-7,5) [8]. Однако весной pH опустился до значений 6,2-6,3 (слабокислые воды), что может быть связано с усилением доли болотных вод, поступающих с водосбора, на фоне снижения стока вод из-за замедления течения бобровыми плотинами. Показатели TDS, который характеризует содержание твердых растворенных веществ, и электропроводности (рис. 3) соответствуют природным водам, на которые не оказывается значительное антропогенное воздействие.

Сезонный ход растворенного кислорода, являющегося одним из важнейших гидрохимических характеристик водотоков и водоемов, нарушен, что проявляется в высоких концентрациях кислорода осенью и низких – весной и летом

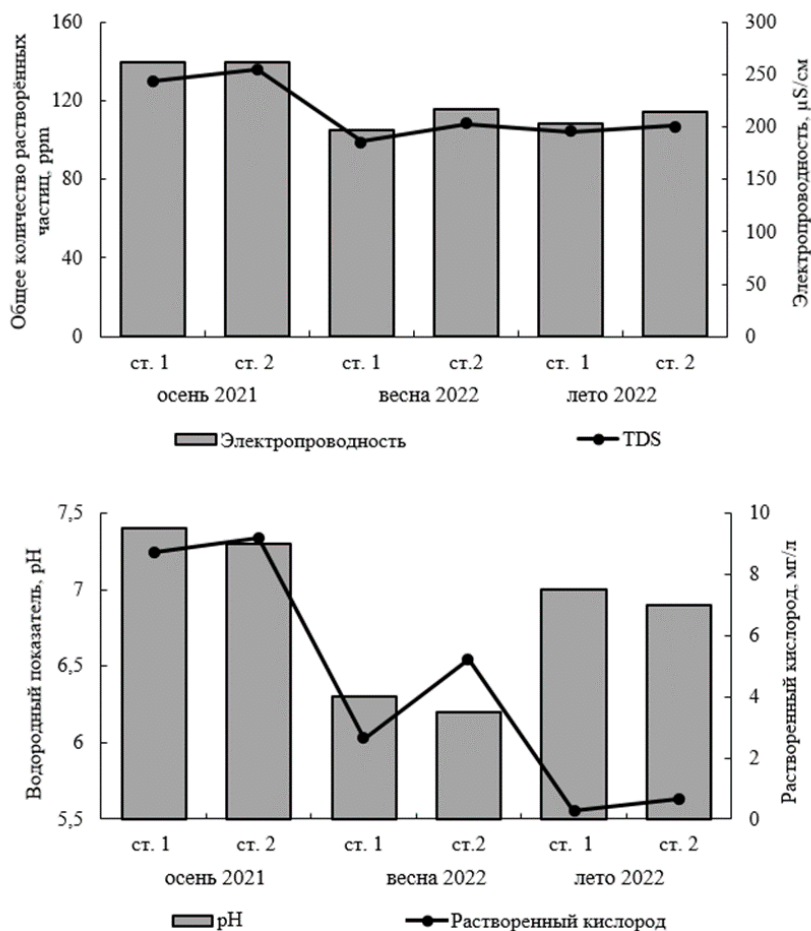


Рис. 3. Основные гидрохимические показатели: водородный показатель pH, электропроводность, показатель общего количества растворенных частиц TDS, растворенный кислород

Органические вещества в природные воды поступают с почв и болот водосборного бассейна вместе со смываемыми веществами гумусового происхождения. Также они являются продуктом распада растительных и животных организмов. В водах исследуемого водотока растворено большое количество органических веществ: согласно классификации О.А. Алекина [7] в целом на протяжении всех сезонов наблюдения перманганатная окисляемость воды «высокая» (20-30 мгО/л), осенью на станции 1 – очень высокая (выше 30 мг/л) (рис. 4). Такое содержание органического вещества может быть связано с интенсивным поступлением веществ гумусового происхождения с прилегающих заболоченных территорий и снижением скоростей течения в самом водотоке.

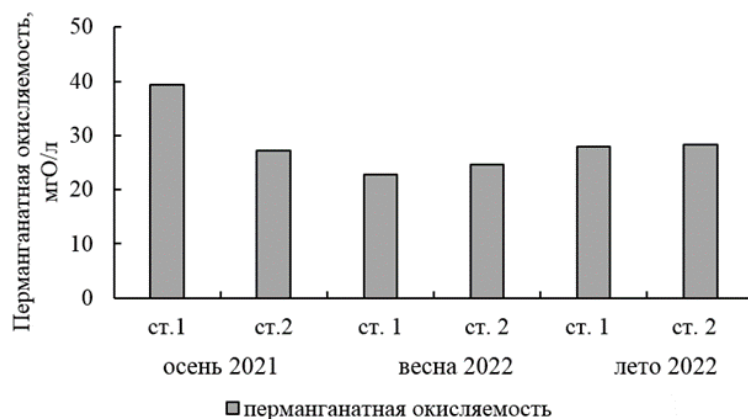


Рис. 4. Величина перманганатной окисляемости

Содержание азота аммонийного, который является начальной фазой нитрификации, на протяжении всего наблюдения превышало ПДК [9]. Наибольшая концентрация (рис. 5) наблюдалась осенью 2021 года на 1 станции (1,54 мг/л). Подобные значения характерны для вод, насыщенных гумусовыми веществами, которые способны восстанавливать нитраты до азота аммонийного [7].

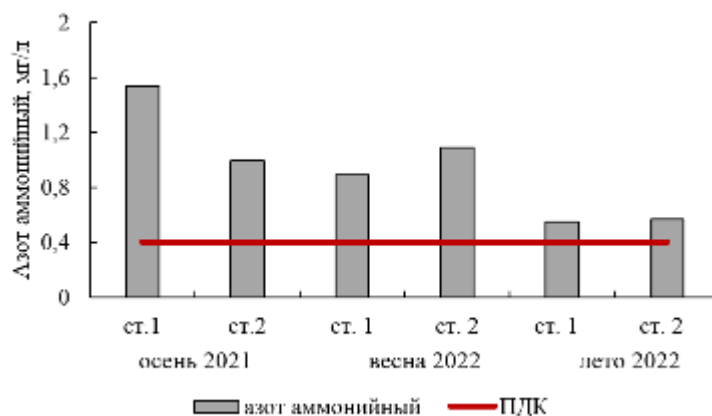


Рис. 5. Содержание азота аммонийного

Содержание нитритов и нитратов (рис. 6) на протяжении всего периода наблюдении было в пределах допустимых значений и не превышало ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Небольшое содержание нитратов может свидетельствовать об их восстановлении до азота аммонийного [7].

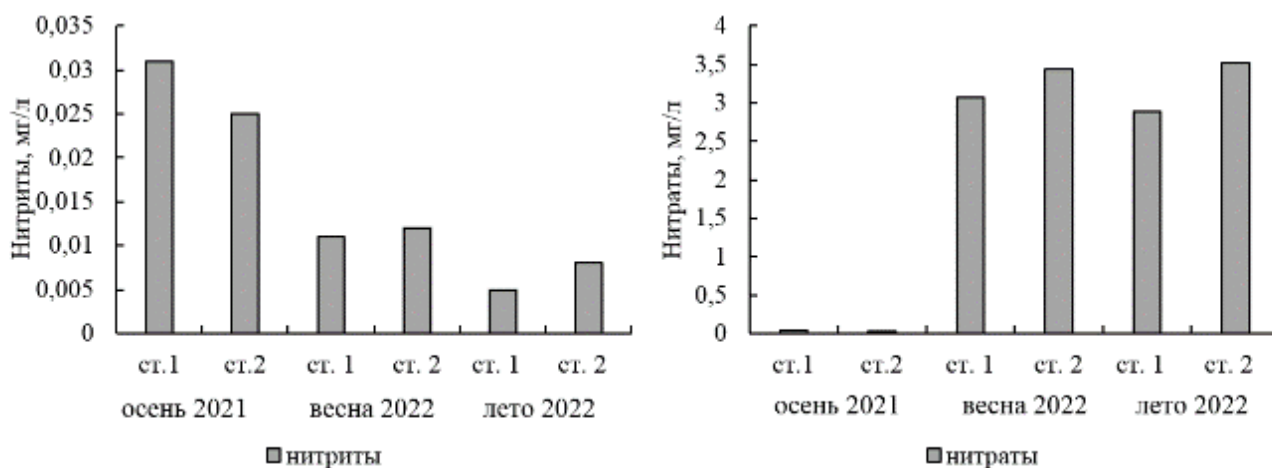


Рис. 6. Содержание биогенных элементов

Как правило, осенью, когда начинается интенсивное разложение органических веществ, содержание фосфора фосфатов принимает наибольшие значения [7]. Так, концентрация фосфора фосфатов (рис. 7) превышала предельно допустимые значения [9] только осенью 2021 года, наибольшее значение было на станции 1 (0,137 мг/л). Подобный ход элемента соответствует правильному, так как за вегетационный период фосфор может регенерировать несколько раз. Весной, с усилением рано начавшейся вегетации содержание фосфора в воде снижается практически до аналитического нуля, а летом, с отмиранием весеннего и летнего фитопланктона, происходит довольно быстрое нарастание содержания фосфатов, которое усиливается и принимает максимальные значения осенью.

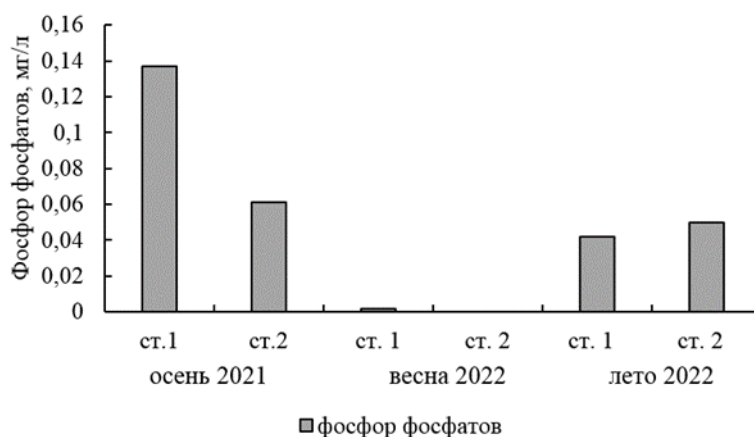


Рис. 7. Содержание фосфора фосфатов

Соединения железа очень часто встречаются в природных водах в повышенных концентрациях, в частности, это характерно для водных объектов Калининградской области и связано с особенностями геологического строения региона. Содержание общего железа (рис. 8) на протяжении всего периода наблюдений превышало ПДК [9].

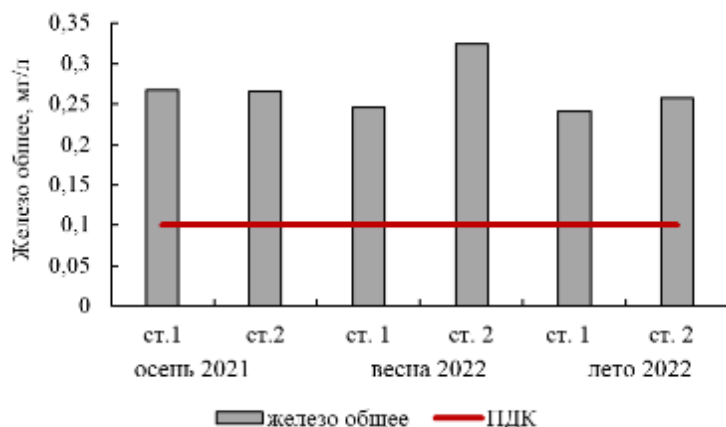


Рис. 8. Содержание общего железа

Вероятно, подобные высокие концентрации имеют связь с органическими кислотами, которые содержатся в болотистых водах и способны переводить в раствор грунтовых вод железо в виде сложных гумусовых комплексов [7].

Заключение

Согласно данным межсезонных исследований, проводимых авторами осенью 2021, весной и летом 2022 года, в связи с деятельностью бобров водоток проходил активную фазу заболачивания с осени до весны, уменьшение проточности вод наблюдалось до лета, однако с частичным разрушением бобровой плотины течение восстановилось.

Результаты гидрохимического анализа показали, что по содержанию большинства показателей воды являются заболоченными, так как повышенное содержание органических веществ, азота аммонийного и общего железа может быть связано с деятельностью гумусовых веществ, содержащихся в болотистых водах. Бобровые плотины являются фактором, приводящим к удержанию биогенных и органических веществ и снижению их концентраций ниже по течению. При подъеме уровня воды во время паводка весной 2022 года различия между створами сгладились, повышенное содержание на станции 2 объяснялось подпором устьевого участка водотока со стороны Виштынецкого озера.

Воздействие деятельности бобров на качество воды исследуемого водотока не поддается однозначной оценке в связи с повышением уровня воды весной 2022 года и частичным разрушением плотины летом 2022 года. По литературным источникам разные авторы также указывают, как на накопление и удержание биогенных веществ выше плотины [10], так и на отсутствие существенных влияний деятельности бобров на водную экосистему [11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривоусова Е.В. Геоэкологическая характеристика водосборного бассейна озера Виштынецкого (Калининградская область) / Кривоусова Е.В., Соколов А.В. // Вестник молодежной науки КГТУ. – Калининград, 2017. - №1(8).
2. Орлёнок В.В., Барина Г.М., Кучерявый П.П., Уляшев Г.Л. Виштынецкое озеро: природа, история, экология / Калинингр. ун-т. – Калининград, 2000. – 185 с.
3. Тип извилистости русла определяют из таблицы 1 (Ресурсы поверхностных вод СССР. Т11. Средний Урал и Приуралье. Под. ред. Н.М. Алёшиной. Л.: Гидрометеиздат. 1973. - 850 с.
4. Старые карты Калининграда и Калининградской области, Кенигсберга и Восточной Пруссии. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.etomesto.ru/> (дата обращения 12.04.2022)
5. Берникова, Т. А. Гидрология с основами метеорологии и климатологии: учебник для вузов / Т. А. Берникова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 428 с.
6. Р 52.24.353-2012. Рекомендации. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод (утв. заместителем руководителя Росгидромета 10.05.2012) // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 12.08.2022).
7. Алекин О.А. Основы гидрохимии. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 443 с
8. Н. Орлова, Д. А. Базлов, В. Ю. Орлов. Химия природных и промышленных вод: учеб. пособие / Ярослав. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2013. – 120 с.
9. ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов // Сб. ГОСТов. – Москва: ИПК «Изд-во стандартов», 2000. – 62 с.
10. Alan Puttock, Hugh A. Graham, Donna Carless, Richard E. Brazier. 2018. Sediment and nutrient storage in a beaver engineered wetland // *Earth Surface, Processes and Landforms* 43(11), 2018: 2358-2370. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/esp.4398>
11. Кацман Е.А. Содержание соединений биогенных элементов в лесостепных водотоках и водоемах при заселении их бобрами (CASTOR FIBER L.) / Кацман Е.А., Суздалева А.Л., Осипов В.В., Башинский И.В. // *Российский Журнал Биологических Инвазий* № 4, 2019 - 50-62 с. http://www.sevin.ru/invas-jour/issues/2019_4/Katsman_19_4.pdf

INTEGRATED CHARACTERISTICS OF A WATERCOURSE WITHOUT A NAME OF THE DRAINAGE BASIN OF THE VYSHTYNETSKY LAKE

¹Kukharuk Ekaterina Dmitrievna, Master

²Menshenin Alexander Sergeevich, Master

³Tsupikova Nadezhda Aleksandrovna, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

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

e-mail: ¹katerina.kukharuk@mail.ru; ²sascha11101999@mail.ru; ³tsoupikova@klgtu.ru

The article gives a comprehensive description of the watercourse flowing into the Vishtynets Lake. A specific feature of this watercourse is the intensive activity of beavers, which affects its hydrometric and hydrochemical characteristics. Observations carried out in the fall of 2021, spring and summer of 2022 showed that the water body has a slow flow. The results of hydrochemical analysis indicate a significant impact on the watercourse of swampy waters coming from the catchment area and reducing the quality of water in the studied watercourse. In addition, the impact of beaver activity above the dam in the fall of 2021 was observed in the form of accumulation of organic and biogenic substances, their concentrations decreased with the partial destruction of the dam in the summer of 2022, but the load on the receiving reservoir increased.

УДК 574.589

АНАЛИЗ ТИПОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ В АКВАТОРИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА

¹Меньшенин Александр Сергеевич, специалист по учебно-методической работе кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

²Никулин Тимофей Русланович, заместитель директора института цифровых технологий

³Бабухин Николай Игоревич, аспирант

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹aleksandr.menshenin@klgtu.ru

³ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева, Тула, Россия

Анализируются типы загрязнения водных объектов с использованием средств дистанционного зондирования Земли, а именно спутникового мониторинга. Описаны общие подходы и методы для мониторинга водных объектов. Рассматриваются основные модели и спектральные каналы, которые могут использоваться в мониторинге водных объектов. Проведен анализ существующих исследований для применения их по отношению к другим водным объектам.

Дистанционное зондирование Земли в исследование водных объектов

Различные водоемы и водотоки, являясь ценными источниками водных ресурсов, активно используются для целей рыболовства, транспорта, сельского хозяйства, промышленности, отдыха и туризма. В современных условиях аквальные комплексы внутренних водоемов испытывают огромное антропогенное воздействие, превышающее пределы самоочищающей способности. Помимо традиционных методов мониторинга водных объектов активно применяются дистанционные: использование БПЛА, дронов, спутниковых снимков и т.п., активно внедряется в единую систему мониторинга. Преимущество подобных методов неоспоримо, они способны сэкономить огромное количество временных ресурсов и уменьшить финансовые затраты на проведение комплексных исследований [1-2].

В настоящее время для исследования природных объектов активно используются методы спутникового мониторинга, так как их преимуществом является исследование таких мест, куда невозможно провести полевые экспедиции, тем самым позволяя собрать ценный материал дистанционно.

Цель работы - это оценка возможности использования данных дистанционного зондирования для выявления загрязнений в различных водных объектах (море, водохранилище и т.д.).

В настоящее время с помощью спутниковых снимков возможно отслеживание различных изменений в гидросфере, управление водными ресурсами, анализировать состояние окружающей среды и искать решения для устранения возможных проблем. Особенно продуктивно ДЗЗ позволяет

отслеживать влияние антропогенной деятельности на водные объекты. В целом, спутниковый мониторинг использует в различных целях: дешифрирования болот, рек, озер; выявления речных и озерных водосборов; мониторинга половодий и паводков; осуществления мониторинга ледовой обстановки на реках и озерах; контроля качества озерных вод; оценки испарения с земной поверхности и количества осадков; расчета запаса воды в снеге, наблюдения за процессами снеготаяния в целях прогнозирования стока; моделирования гидрологических процессов; выявления точечных загрязнений водных объектов и т.д [3].

Анализ типов загрязнения, отслеживаемых с помощью ДЗЗ

Одна из наиболее важных характеристик для водоемов является цветность. Цветовые характеристики водных объектов используются для оценки типа вод, изучения аномального цветения, биопродуктивности районов, перспективных для рыболовства [3].

Преломленный свет на границе раздела проникает на некоторую глубину и после поглощения и рассеяния на имеющихся неоднородностях (в случае фитопланктона – на пигментах живых организмов) частично возвращается в атмосферу, неся информацию о содержащихся в воде взвешенных и растворенных веществах [4].

Примером использования спутниковых снимков является цветение вод в Черном море (рис. 1), где обнаруживается интенсивное развитие водорослей в летний период [3]. В ряде случаев, специфические цветения вод являются признаками загрязнения хозяйственно-бытовыми, промышленными стоками или выноса загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий.

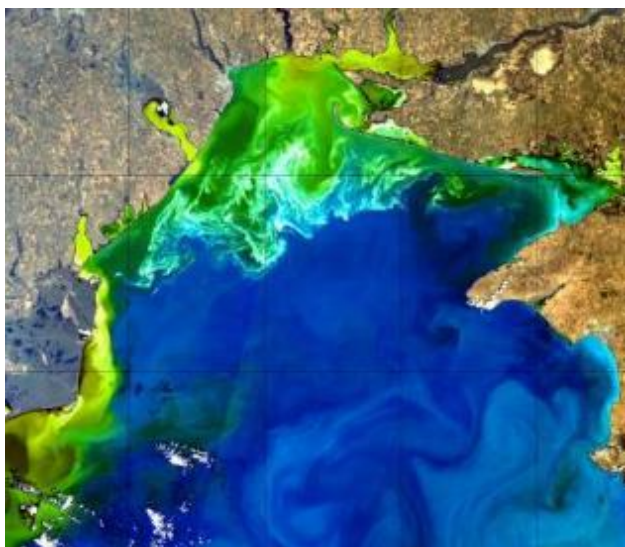


Рис. 1. Цветение вод в Черном море по данным MERIS/Envisat 14 июля 2013 г.

В настоящее время, спутниковые данные позволяют получать карты расположения зон с различным содержанием хлорофилла, который характеризует распределение биомассы фитопланктона [3]. Отслеживать цветение вод позволяют данные различных спутников, например Landsat 7 при использовании гиперспектральных снимков Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) [2,3]. Таким образом, фитопланктон благодаря хлорофиллу имеет две выраженные полосы поглощения: первая находится в синей области спектра между 0,40 и 0,50 мкм, а вторая – в красной с наивысшим значением на длине волны примерно 0,67 мкм (рис. 2) [4-5].

Анализ данных изменений позволяет проследить динамику биомассы и дать соответствующую характеристику состоянию водного объекта [6]. Данные сканеров, например, OLI для Landsat 8, позволяют также отследить динамику взвешенных и органических веществ, растворенного в поверхностных слоях водоемов.

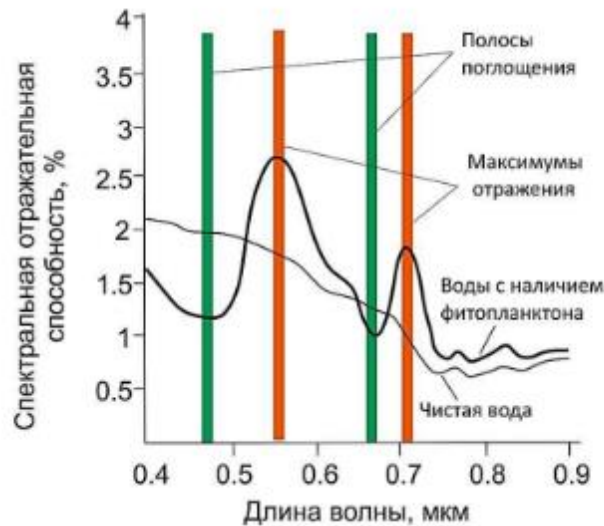


Рис. 2. Сравнение спектральных свойств чистой воды и с наличием фитопланктона

Одной из важнейших характеристик водоемов является температурный режим, который в ряде случаев позволяет зафиксировать различные очаги загрязнения. Кроме того, температура является важнейшей составляющей для протекания всех биотических и абиотических процессов. Но некоторые водоемы подвергаются значительному антропогенному воздействию, например, сбросы неочищенных сточных вод приводят к тепловому загрязнению водного объекта, что в свою очередь негативно воздействует на живые организмы.

Контроль теплового режима водных объектов позволяет вести спутниковый мониторинг (рис. 3). Например, спутник Landsat-8, который оснащен камерой дальнего ИК диапазона (TIRS), с помощью которой можно данные с 10 и 11 каналов (для 10 (10,30–11,30 мкм) и 11 (11,50–12,50 мкм) каналов соответственно) [5]. Суть работы с определением температурного режима водоема заключается в преобразовании значений энергетической яркости тепловых каналов в значения яркостной температуры [6].

На примере Мошковского залива автором проведены исследования температурного режима (рис. 3), по результатам которого был обнаружен сброс подогретых вод со стороны Конаковской ГРЭС. Данные тепловые потоки разносились по всему правому берегу [7].



Рис. 3. Распределением температуры воды на примере Мошковского залива, Landsat-8 (5 августа 2018 г.)

Еще одним показателем, который является важным для контроля качества вод является мутность. Повышение мутности в природных водах свидетельствует о уменьшении прозрачности, повышении количества взвешенных и органических веществ и может быть причиной загрязнения водного объекта.

Для мониторинга величины мутности проводились различные исследования по выявлению наиболее удачной модели ее определения. Одной из наиболее удачных работ является модель, предложенная. Авторы провели исследование прибрежных вод Балтийского моря и нашли зависимость между спектральными характеристиками 1-го канала (0,450–0,520 мкм) к сумме 1-го и 2-го (0,520–0,600 мкм) и 3-го каналов (0,630–0,690 мкм), который относится к сенсору ТМ спутника Landsat-5, а также показателя мутности воды с коэффициентом корреляции 0,85 [4,8].

На примере Ивановского водохранилища, автором были проведены натурные исследования и измерения спектральной яркости излучения, вследствие чего было рассчитаны уравнения регрессии и получены значения показателя мутности (рис. 4) [4,8].



Рис. 4. Распределение показателя мутности на примере Ивановского водохранилища, Landsat-8 (4 июля 2015 г.)

Помимо использования сложных моделей и мультиспектральных данных, возможно определение загрязнений водных объектов, связанных с утечкой или сбросом опасных веществ, которые могут быть видны с помощью обычных фотографических или радиолокационных снимков, например разливы нефти (рис. 5) [9-10].

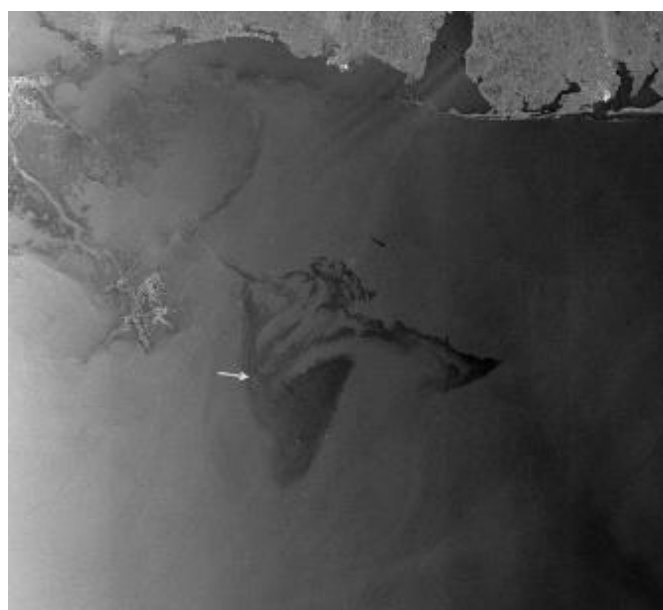


Рис. 5. Фрагмент изображения ASAR Envisat (2 мая 2010 г.)

Таким образом, спутниковые снимки в мониторинге загрязнений водных объектов могут упростить и удешевить работу полевых исследователей, тем самым позволяя собирать большее количество данных при меньших затратах. Дистанционно зондирование Земли является перспективным направлением в качестве дополнения к существующей системе мониторинга качества водных объектов и с увеличением числа и качества спутников, эта перспектива растет.

Выводы

1. 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.

2. Был проведен анализ, в ходе которого выявлены основные типы загрязнения, которые возможны для обнаружения при использовании космических снимков. К ним относятся хозяйственно-бытовые и промышленные стоки, смывы загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий, сбросы подогретых вод, нефтяные, мазутные и другие утечки опасных веществ и т.д.

3. Необходимо продолжать дальнейшее исследования методов спутникового мониторинга и применять на практике полученные модели определения различных показателей для идентификации выявленных типов загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований. М., 2004. 336 с.
2. Тихомиров О.А., Бочаров А.В. Подходы к исследованию физико-химических свойств воды водоемов суши на основе дистанционных методов // Геопоиск-2016. Материалы I Всероссийского конгресса молодых ученых-географов. 2016. С. 180-184.
3. Е. Н. Сутырина. Дистанционное зондирование земли: учеб. пособие / Е. Н. Сутырина. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с.
4. Тихомиров О.А., Бочаров А.В., Комиссаров А.Б., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Использование данных сенсора Landsat 8 (OLI) для оценки показателей мутности, цветности и содержания хлорофилла в воде Иваньковского водохранилища // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2016. – No 2. – с. 230-244.
5. Копелевич О.В., Буренков В.И. Разработка и использование региональных алгоритмов для расчета биооптических характеристик морей России по данным спутниковых сканеров цвета // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2006. В.3. Т.2. С. 99-105.
6. Кринов Е.Л. Спектральная отражательная способность природных образований. М., 1947. 138 с.
7. Бочаров А.В., Шабаетов А.А. Оценка теплового загрязнения озер-охладителей Калининской АЭС с применением многозональной космической съемки // Вестник Тверского государственного университета. Серия «География и геоэкология». – 2013. – No 2. – С. 81- 88.
8. Тихомиров О.А., Бочаров А.В. Использование данных дистанционного зондирования для оценки показателей мутности воды водных объектов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. – 2016. – No 1. – С. 5-11.
9. Курбатова И.Е. Использование космической информации для мониторинга природно-территориальных комплексов побережья Цимлянского водохранилища // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 3. С. 217-227.
10. Бочаров А.В., Тихомиров О.А. Использование корреляционного анализа данных дистанционного зондирования для оценки влияния водоемов на окружающую природную среду (на примере района Рыбинского водохранилища) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – No 5-5. – С. 1701-1706.

THE FIRST RESULTS OF THE STUDY OF HIGHER WATER VEGETATION OF THE RUSSIAN COASTAL PART CURONIAN LAGOON

¹Menshenin Aleksandr Sergeevich, Specialist in educational and methodical work
of the Department of Water bioresources and aquaculture

²Nikulin Timofey Ruslanovich, Deputy Director of the Institute of Digital Technologies

³Babukhin Nikolai Igorevich, graduate student

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

e-mail: ¹aleksandr.menshenin@klgtu.ru

³Tula State University, Tula, Russia

The paper analyzes the types of pollution of water bodies using the means of remote sensing of the Earth, namely satellite monitoring. General approaches and methods for monitoring water bodies are described. The main models and spectral channels that can be used in the monitoring of water bodies are considered. An analysis of existing studies was carried out for their application in relation to other water bodies.

УДК 504.062.2 (504.05)

ОСОБЕННОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОЛИГОНОВ ТКО В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ, ИХ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ДАЛЬНЕЙШЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Минашкина Александра Владимировна, заведующая лабораториями кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: aleksandra.minashkina@gmail.com

Рассматриваются особенности расположения полигонов в Калининградской области, накопленный объём отходов на этих полигонах и соотношение с численностью населения. Приводится сравнение полигонов ТКО по городским округам. Выявлены особенности расположения полигонов ТКО по отношению к крупным водным объектам. Предлагаются решения по использованию рекультивированных полигонов ТКО в Калининградской области.

Введение

Калининградская область является наименьшим регионом Российской Федерации, площадь её составляет – 15,125 тыс. км². Максимальная протяженность области с востока на запад составляет 205 км, с севера на юг - 108 км [1].

При этом численность населения Калининградской области по данным Росстата на 2022 год [2] составляет 1 027 678 человек. Плотность населения – 67,95 чел./км². Наибольший процент населения области проживает в крупных городах и составляет 76,51% от общего количества (Рисунок 1).



Рис. 1. Населённые пункты Калининградской области с численностью населения

Распределение населения Калининградской области (КО), сформированное, по большей части, в крупных городах области, предполагает под собой все особенности процессов урбанизации. Обустройство и функционирование городской среды подразумевает и аспекты обращения с отходами. В Российской Федерации на сегодняшний день наиболее часто применяется метод захоронения на полигонах твёрдых коммунальных отходов (ТКО) - специальных природоохранных сооружений.

На территории КО 60-70 годах было открыто большое количество свалок, которые формировались стихийно по всей области вблизи крупных городов. Многие из этих свалок использовались до настоящего времени и не соответствовали современным экологическим требованиям эксплуатации таких объектов. На сегодняшний день, многие из них закрыты и проводится их рекультивация. Карта-схема расположения свалок и полигонов представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Карта-схема расположения свалок и полигонов Калининградской области

Сейчас в Калининградской области функционирует 4 полигон используемых для захоронения твёрдых бытовых отходов (Рисунок 3):

1. пос. Круглово, Зеленоградский район;

2. пос. Ельняки, Гвардейский район;
3. пос. Барсуковка, Неманский муниципальный округ;
4. пос. Жаворонково, Гусевский городской округ.



Рис. 3. Карта Калининградской области с действующими полигонами ТКО

Сравнение карт населения Калининградской области и полигонов ТКО показывает, что свалки формировались вокруг крупных муниципальных образований. Действующие же полигоны принимают на себя весь объём отходов, который ранее распределялся по небольшим свалкам.

Можно сравнить размеры свалок с численностью населения муниципального или городского округа:

Таблица 1

Сравнение свалок и полигонов Калининградской области с численностью населения муниципальных округов

№ п/п	Наименование свалки	Статус свалки	Размеры свалки (га)	Городской округ/Муниципальный округ	Численность населения округа (тыс., чел)
1	Свалка ТКО г. Советск	Закрыта	9,4	Советский городской округ	39,7
2	Городская свалка ТКО г.Краснознаменск	Закрыта	5,5	Краснознаменский муниципальный округ	11,4
3	Городская свалка ТКО г.Мамоново	Закрыта	2,9	Мамоновский городской округ	8,2
4	Городская свалка ТКО г.Нестеров	Закрыта	3,7	Нестеровский муниципальный округ	14,6
5	Городская свалка ТКО г.Полесск	Закрыта	2,5	Полесский муниципальный округ	18
6	Городская свалка ТКО г.Славск	Закрыта	2,5	Славский муниципальный округ	18,7
7	Городская свалка ТКО г.Ладушкин	Закрыта	1,4	Ладушкинский городской округ	3,9
8	Городская свалка ТКО пос. Тимирязево	Закрыта	1,8	Славский муниципальный округ	18,7
9	Городская свалка ТКО г.Озёрск	Закрыта	2,5	Озерский муниципальный округ	13,1

№ п\п	Наименование свалки	Статус свалки	Размеры свалки (га)	Городской округ/Муниципальный округ	Численность населения округа (тыс.чел)
10	Городской полигон ТКО пос.им.А.Космодемьянского	Рекультивирован	13,8	Городской округ – город Калининград	493,2
11	Городская свалка ТКО г.Светлый	Закрыта	8,7	Светловский городской округ	28,4
12	Городская свалка ТКО г.Гусев	Действующая	8,6	Гусевский городской округ	37,1
13	Городская свалка ТКО г.Черняховск	Закрытая	6,8	Черняховский муниципальный округ	46,1
14	Полигон ТКО пос. Барсуковка	Действующий	7,5	Неманский муниципальный округ	18,2
15	Полигон ТКО пос. Ельняки	Действующий	4,3	Гвардейский муниципальный округ	29,1
16	Полигон ТКО пос. Круглово	Действующий	3	Зеленоградский муниципальный округ	39,5

Исходя из данных таблицы можно сделать выводы, что крупнейшей свалкой КО являлся рекультивированный полигон в пос.им.А.Космодемьянского, занимающий площадь равную 13,8 га. Этот полигон эксплуатировался дольше всех остальных, начиная с 60-х гг прошлого и века и прекратил свою работу в 2016 году. К 2019 году были осуществлены работы по рекультивации полигона.

Большинство закрытых свалок характеризуются небольшими размерами и не большим сроком эксплуатации. Многие из них использовались около 20-ти лет.

Анализируя карту расположения всех свалок и полигонов КО можно оценить их расположение относительно водных объектов. Современные природоохранные требования к устройству и размещению полигонов устанавливают санитарно-защитную зону, а также территориальную удалённость таких сооружений от водных объектов, для защиты и сохранения окружающей природной среды.

Заключение

Закрытые свалки в различных МО или ГО Калининградской области отличаются небольшими размерами и сопоставляются с численностью населения. Основные результаты такого сравнения можно отследить на графике (Рисунок 4).

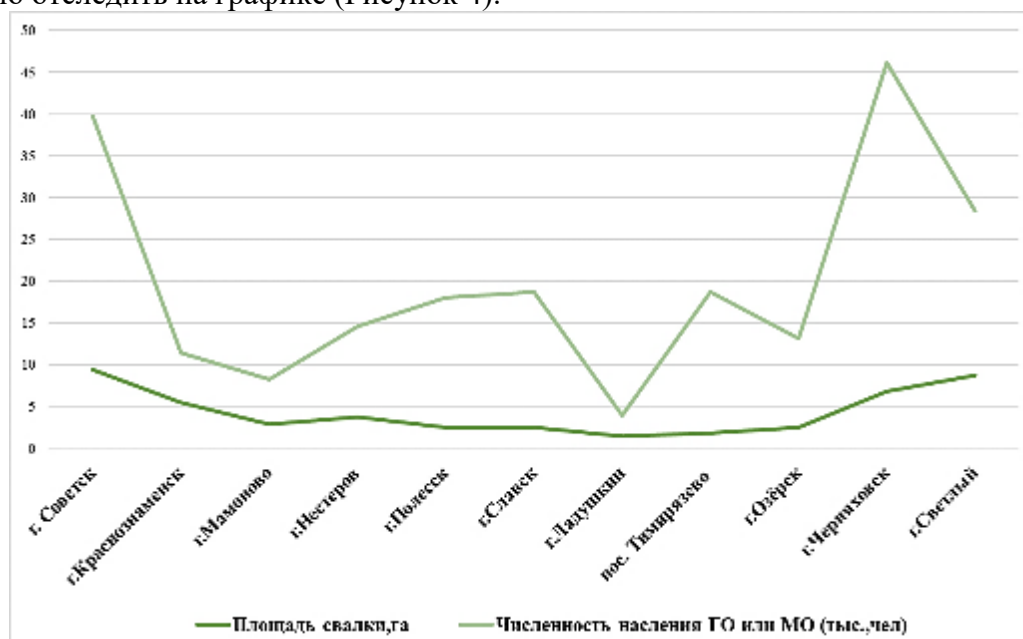


Рис. 4. Сравнение площади свалки с численностью населения ГО/МО

Таким образом, закрытые свалки в Советске, Каснознаменске, Мамоново, Нестерове, Озёрске и Черняховске сопоставимы относительно численности населения и размеров свалки.

Свалки в Полеске, Славске, Ладушкине, пос. Тимирязево и Светлом отличаются небольшим сроком эксплуатации (20 и менее лет) и все отходы, образующиеся в этих округах распределялись между действующими полигонами расположенными в: пос. Круглово, Зеленоградский район, пос. Ельняки, Гвардейский район, пос. Барсуковка, Неманский муниципальный округ и пос. Жаворонково, Гусевский городской округ.

Рассмотрим схематично расположение действующих полигонов относительно водных объектов. Данные представлены на рисунках 5,6,7 и 8.



Рис. 5. Расположение полигона ТКО в пос.Круглово и расстояние до ближайших водных объектов

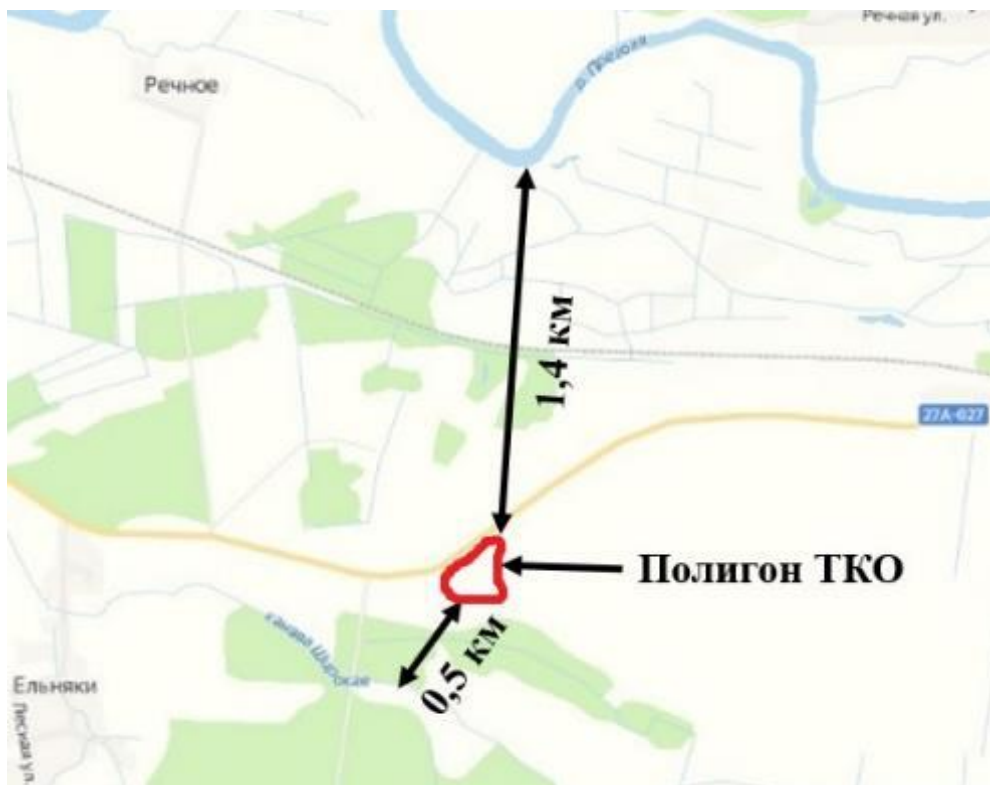


Рис. 6. Расположение полигона ТКО в пос.Ельняки и расстояние до ближайших водных объектов



Рис. 7. Расположение полигона ТКО в пос.Барсуковка и расстояние до ближайших водных объектов



Рис. 8. Расположение полигона ТКО в пос.Жаворонково и расстояние до ближайших водных объектов

На изображениях схематично показано, что полигоны расположены на значительном расстоянии от крупных водных объектов. Таких как р.Приморская, р.Преголя и р.Тыльжа.

При этом расстояние до небольших водных объектов (каналы, пруды, ручьи) меньше устанавливаемых природоохранным законодательством от 0,1 до 0,6 км. На изображении расположения полигона расположенного в пос.Барсуковка КО (Рисунок 7) видно, что вокруг полигона на расстоянии меньше 0,1 км располагается несколько каналов. Подобное расположение полигона не является безопасным для окружающей среды, поскольку в случае разлива фильтрационных вод полигона,

загрязняющие вещества незамедлительно попадут в водный объект и распространяться по остальным водным объектам, которые так или иначе связаны.

При таком близком расположении полигонов ТКО к водным объектам необходимо проводить постоянный мониторинг состояния окружающей среды. При этом, установленная программа мониторинга для таких объектов не всегда даст полную и исчерпывающую информацию о состоянии водных экосистем. Для наилучшего понимания процессов происходящих в водных экосистемах и оценке влияния полигонов на эти системы стоит расширить перечень исследований и включить гидробиологические (зоопланктон, зообентос), а также оценивать концентрации тяжёлых металлов в тканях и органах гидробионтов.

Так как на данный момент количество свалок и полигонов в КО сократилось до 4-х, то весь объём отходов образующийся у населения распределяется по открытым полигонам. При росте населения КО пропорционально будут расти и объёмы образующихся отходов. На основании сведений федерального статистического наблюдения по форме № 2-ТП (отходы) на территории Калининградской области в 2021 году было образовано 906 704 тонны отходов [3]. Таким образом на каждого жителя КО в 2021 году приходилось 882,2 кг отходов. По данным Государственного доклада [3], прирост объёмов образующихся отходов составляет 2% в год. Исходя из такой тенденции в 2030 году объём образующихся отходов в области будет примерно составлять 1 083 595 тонн. Подобная тенденция приведёт к увеличению и расширению размеров действующих полигонов.

На данный момент, в КО один полигон полностью закрыт и рекультивирован. Расположен он в черте города Калининграда в пос.им.А.Космодемьянского. Сейчас на территория бывшего полигона (почти 17 га) не осуществляется никакая деятельность.

По литературным данным [4] через 10 лет после рекультивации, территорию полигона можно так или иначе использовать. Одним из предложений по использованию таких территорий может стать открытие информационно-образовательных центров по обращению с отходами. Подобные центры помогут при достижении задач по экологическому образованию и просвещению населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Представительства Правительства Калининградской области при Правительстве Российской Федерации. // Электрон. дан Режим доступа URL: <https://msk.gov39.ru/kaliningradskaaya-oblast/geograficheskoe-polozhenie/> (дата доступа 01.09.2022).
2. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. // Электрон. дан Режим доступа URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата доступа 01.09.2022).
3. Государственный доклад об экологической обстановке в Калининградской области за 2021 год. // Электрон. дан Режим доступа URL: <http://www.ecatk.ru/gosudarstvennoe-zadanie/doklad-ob-ekologicheskoy-obstanovke-v-kaliningrade/Gosdoklad%202021.pdf> (дата доступа 01.09.2022).
4. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. // Электрон. дан Режим доступа URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006959> (дата доступа 01.09.2022).

SPECIFICS OF THE LOCATION OF MSW LANDFILLS IN THE KALININGRAD REGION, ITS RECLAMATION AND FURTHER USE

Minashkina Alexandra Vladimirovna, specialist in UMR of the Department of Ichthyology and Ecology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: aleksandra.minashkina@klgtu.ru

The article discusses the features of the location of landfills in the Kaliningrad region, the accumulated volume of waste at these landfills and the ratio to the population. A comparison of MSW polygons by urban districts is given. The features of the location of MSW landfills in relation to large water bodies are revealed. Solutions for the use of recultivated landfills of MSW in the Kaliningrad region are proposed.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ КАЛИНИНГРАДА (ПРУДЫ ЛЕТНИЙ И ПОПЛАВОК) ПО АЛЬГОЛОГИЧЕСКИМ И ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

¹Севостьянова Екатерина Александровна, аспирант кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

²Цупикова Надежда Александровна, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

³Шибяев Сергей Вадимович, д-р биол. наук., профессор, зав. кафедрой водных биоресурсов и аквакультуры

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹ekaterina.lozitskaya@klgtu.ru; ²tsoupikova@klgtu.ru; ³shibaev@klgtu.ru

Применяются альгологические и гидрохимические методы определения качества воды в малых городских водоемах Калининграда – прудах Летнем и Поплавке. В пруду Летнем выявлены многократные превышения ПДК по азоту аммонийному, фосфору фосфатов, железу общему, а также сильное перенасыщение воды кислородом. В Поплавке превышение ПДК зафиксировано только по общему железу. Отмечается роль цианопрокариот как в численности, так и биомассе пруда Летнего. В Поплавке выделялись криптофитовые и динофитовые водоросли.

Введение

До недавнего времени водоемам с небольшой площадью в связи с их маловодностью и неявно выраженной практической значимостью не уделялось достаточного внимания. Сейчас все больше делается акцент на экологическую ситуацию в водоемах городской черты, в том числе из-за происходящих в них неблагоприятных процессов [1]. Это обуславливает регулярную потребность в мониторинге функционирования таких небольших экосистем.

Пруды Летний и Поплавок относят к числу благоустроенных водных объектов Калининграда. Набережная пруда Поплавка появилась в 2014 г. после проведения масштабной реконструкции водоема [2-3]. Впоследствии за состоянием водоема продолжают следить, ежегодно проводят его очистку от высшей водной растительности и мусора на поверхности специальной машиной-амфибией. Работы по формированию современной городской среды на пруду Летнем были завершены в 2019 г., но из-за выявленных впоследствии дефектов построенной набережной администрацией было принято решение продолжить облагораживание пруда в будущем.

Оба водоема являются излюбленными местами отдыха горожан, которые особенно требовательно относятся к любым изменениям качества их вод. В настоящий момент пруды выполняют в основном декоративную и рекреационную функцию для Центрального и Московского районов города (рисунок 1).

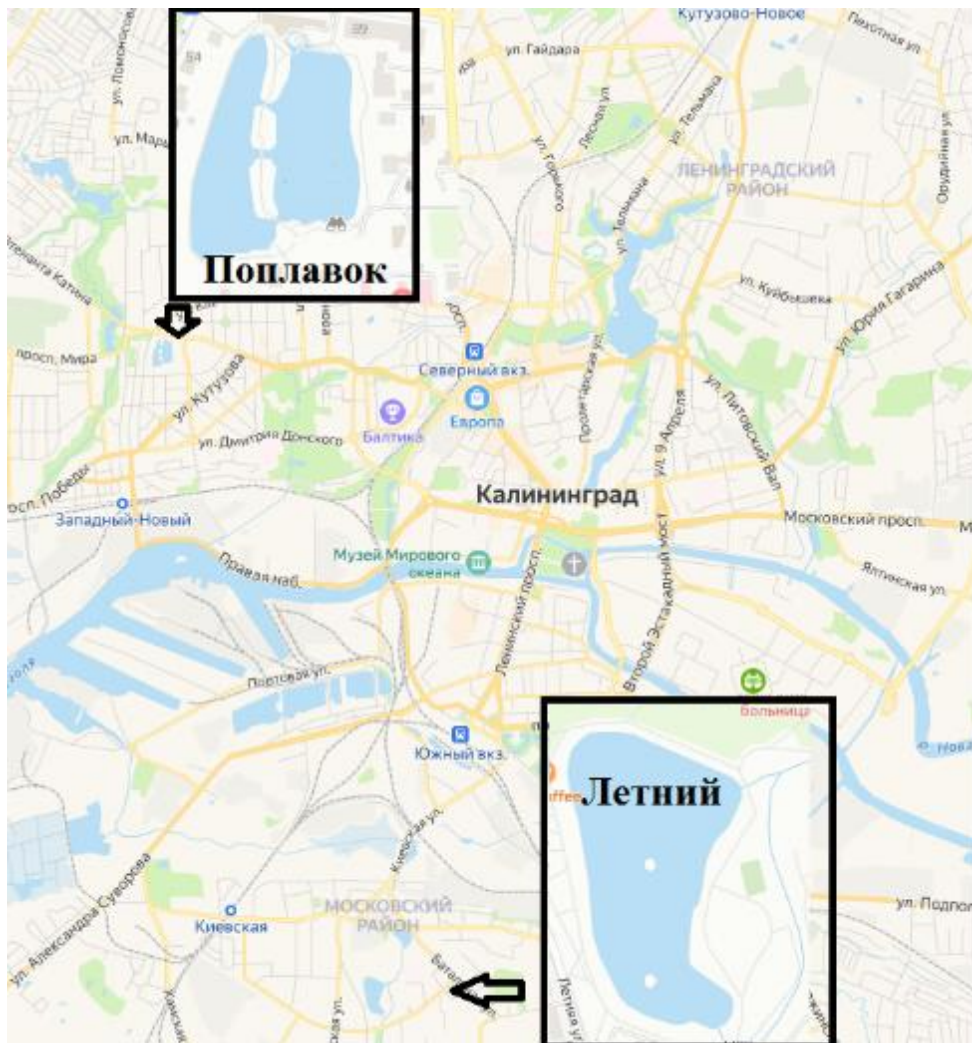


Рис. 1. Схема расположения прудов

Оценка качества воды входит в число важнейших задач по охране окружающей среды и природопользования. Такая оценка возможна только на основе мониторинга, который, в свою очередь, является существенным элементом правильной организации управления качеством окружающей среды и сохранения природных систем.

Материалы и методы

Работа построена на материалах, лично собранных авторами. В августе 2021-2022 гг. коллективом кафедры водных биоресурсов и аквакультуры были проведены экологические съемки городских прудов Калининграда. Съемки включали гидрологические, гидробиологические, гидрохимические работы. Проводился отбор проб воды с плавсредства в двух точках на пруду Поплавок и в трех на пруду Летнем для последующего анализа на содержание в воде биогенных элементов. Содержание кислорода измерялось оксиметром WTW-375i, электропроводности и величины pH – портативным многопараметровым прибором WTW Multiline P3 непосредственно на водоемах. Пробы для изучения фитопланктона отбирались из поверхностного слоя воды, затем анализировались в лаборатории КГТУ. Численность и биомассу фитопланктона определяли общепринятыми методами в камере Нажотта [4-5].

Результаты

Морфологические особенности водоемов влияют на формирование в них гидрохимических условий. Исследуемые пруды относятся к категории малых, объем их вод не превышает 50 тыс. м³, а глубина – 3 м. Водный баланс в прудах поддерживается в Поплавке исключительно испарением и

водообменом с грунтовыми водами. В питании пруда Летнего эти источники также играют не менее важную роль из-за утраченной связи водоема с каналом МПО-5а. Прозрачность воды в Поплавке до дна, в Летнем, несмотря на малые глубины, прозрачность – не более 0,5 м [3].

Величина электропроводности в обоих прудах в 2021 г. была небольшая (до 300 мкС/м), в 2022 г. несколько возросла в пруду Летнем (до 400 мкС/м). К августу температура воды неглубоких водоемов Калининграда, как правило, превышает 25 °С. Вода в Поплавке и Летнем прогревалась в оба года до 30 °С. Реакция среды различалась в рассматриваемые годы. В 2021 году вода в Поплавке слабощелочная, в Летнем – щелочная. В 2022 году значения рН принимали значения не выше 8,1.

Кислородные условия в 2021 г. в Поплавке благоприятные, со 100% насыщением (9,2 мг/л), в пруду Летнем наблюдалось перенасыщение воды более 150% (14 мг/л). В 2022 г. в обоих прудах выявлено сильное перенасыщение воды кислородом – выше 200 %. Абсолютные значения достигли 22 мг/л в Летнем и 20 мг/л в Поплавке, что свидетельствует о высокой интенсивности фотосинтеза в дневные часы.

Содержание биогенных элементов превышало ПДК для рыбохозяйственных водоемов, особенно это выражено в Летнем. В 2021 году содержание азота аммонийного достигало 2ПДК, железа общего 6ПДК. Концентрация фосфора фосфатов соответствовала уровню мезотрофных вод. В Поплавке концентрации рассматриваемых веществ сохранялись в допустимых пределах. В 2022 г. содержание биогенов в воде возросло. Концентрации азота аммонийного сильно различались по станциям в Летнем, увеличиваясь к южному берегу пруда до 2,2 мгN/л (более 5ПДК). Фосфор фосфатов был распределен более равномерно в пределах 0,3 мгP/л (эвтрофные воды). Содержание общего железа, напротив, стало ниже – 3ПДК. В Поплавке содержание биогенных веществ также увеличилось, но оставалось в пределах допустимых величин (кроме общего железа).

Снижение величины прозрачности в пруду Летнем, очевидно, связано с цветением воды.

Альгофлора Летнего в 2021 г. представлена 60 видами и таксонами, определенными до рода, из семи отделов (рисунок 2). Наибольшим видовым разнообразием отличался отдел Chlorophyta. Синезеленые водоросли по числу видовых таксонов занимали второе место.

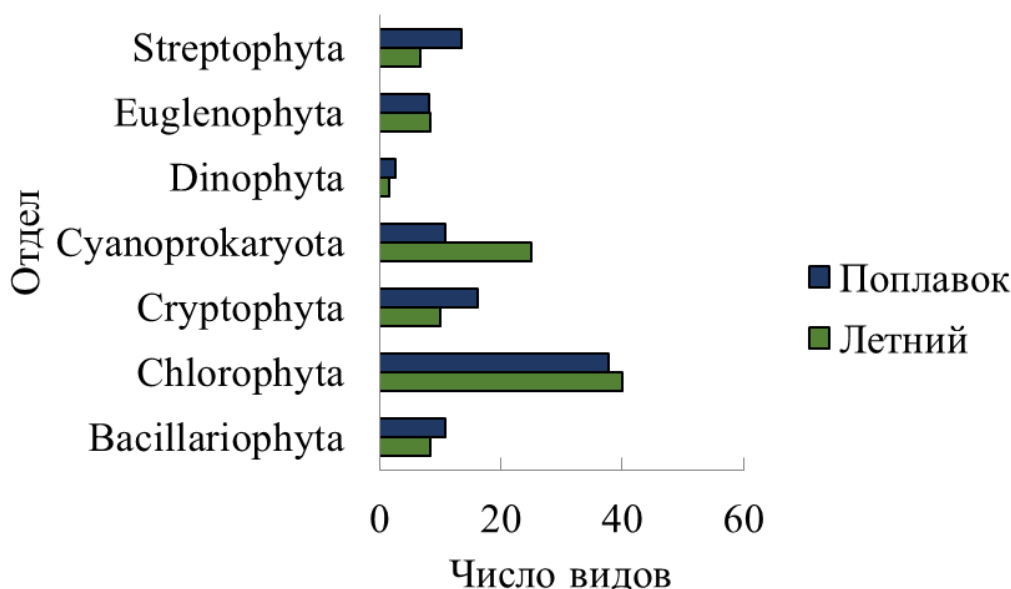


Рис. 2. Распределение фитопланктона прудов по отделам

Средние значения численности и биомассы фитопланктона составляли 276 млн.кл/л и около 13 мг/л соответственно (рисунок 3). В Летнем основу численности формировали *Microcystis wesenbergii* (Komárek), биомасса была распределена более равномерно среди представителей цианопрокариот. Род *Microcystis* - один из самых широко распространенных среди синезеленых водорослей или цианобактерий - часто вызывает «цветение» воды в продуктивных водоемах. Некоторые виды *Microcystis* продуцируют токсичные циклические пептиды – микроцистины [6]. Кроме одноклеточных колониальных микроцистисов, обычными возбудителями «цветения» водоемов, синтезирующими микроцистины, являются нитчатые цианобактерии рода *Anabaena*, которые также были

идентифицированы в Летнем. Согласно предложенным признакам распознавания трофности водных экосистем [7] (табл.) пруд Летний относится к эвтрофным водоемам.

Таблица

Оценка трофности по (Дмитриев В. Д., Фрумин Г. Т., 2004; Neverova-Dziopak E., 2007) [7]

Показатель	Летний	Поплавок
Численность фитопланктона, млн кл./мл	эвтрофные	мезотрофные
Биомасса фитопланктона, г/м ³	гипертрофные	гипертрофные
Диатомовые водоросли, % от общей численности	мезотрофные	мезотрофные
Зеленые водоросли, % от общей численности	эвтрофные	олиготрофные
Синезеленые водоросли, % от общей численности	эвтрофные	олиготрофные

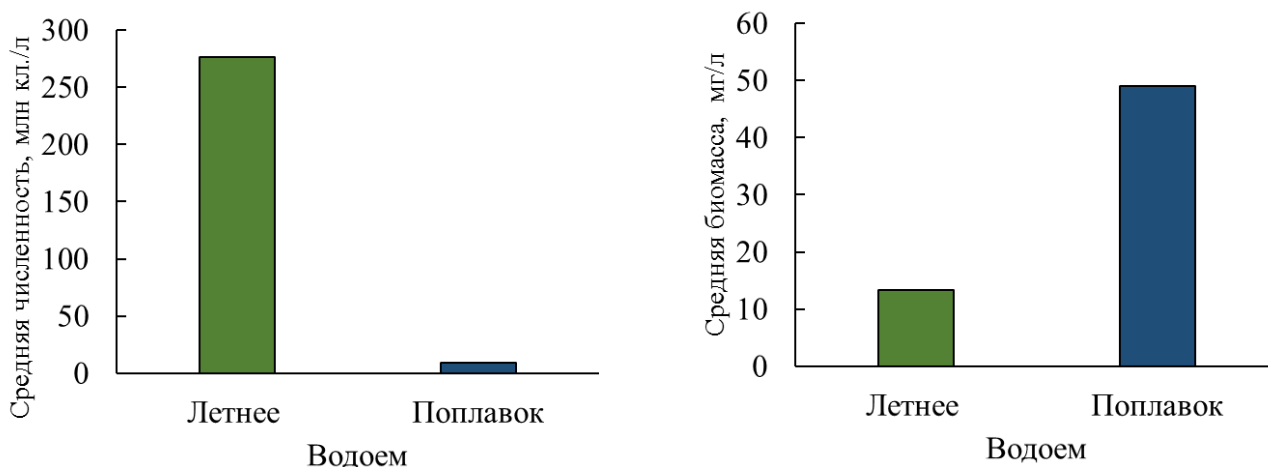


Рис. 3. Средняя численность и биомасса альгофлоры в прудах

Фитопланктон пруда Поплавок в 2021 г. отличается меньшим числом видов: 37 видов и таксонов до рода из семи отделов. Как и в пруду Летнем, наибольшее число видов встречалось в отделе Chlorophyta. Численность фитопланктона в Поплавке в 30 раз ниже, чем в Летнем (9,2 млн. кл./л), при этом биомасса больше 3,7 раз (49 мг/л) за счет большего размера некоторых видов водорослей (*Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin, 1841) плотность которых наиболее высока в августе / сентябре, при массовом размножении придаёт воде буровато-белесую окраску)[8] (рис.4-5).

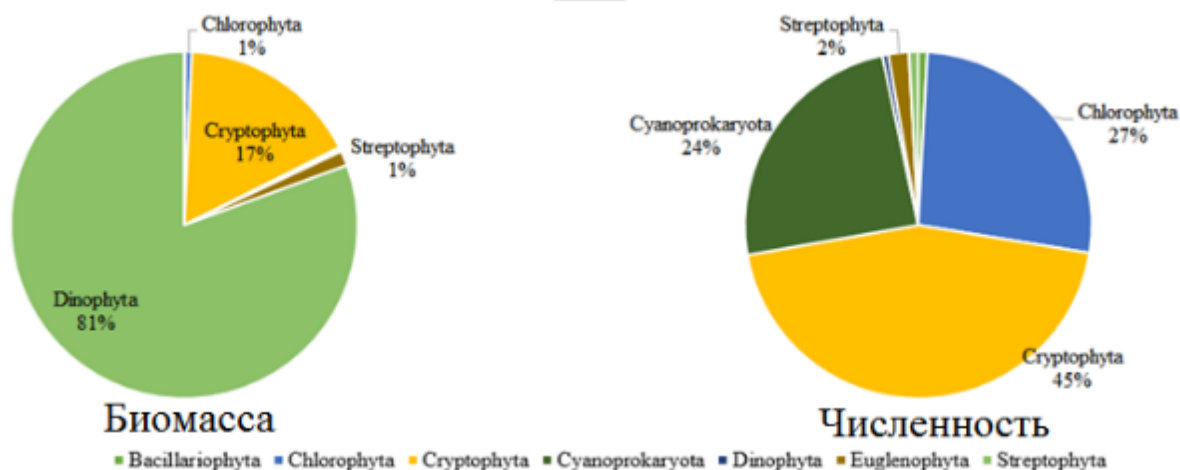


Рис. 4. Доля отделов в средней численности и биомассе фитопланктона пруда Поплавок

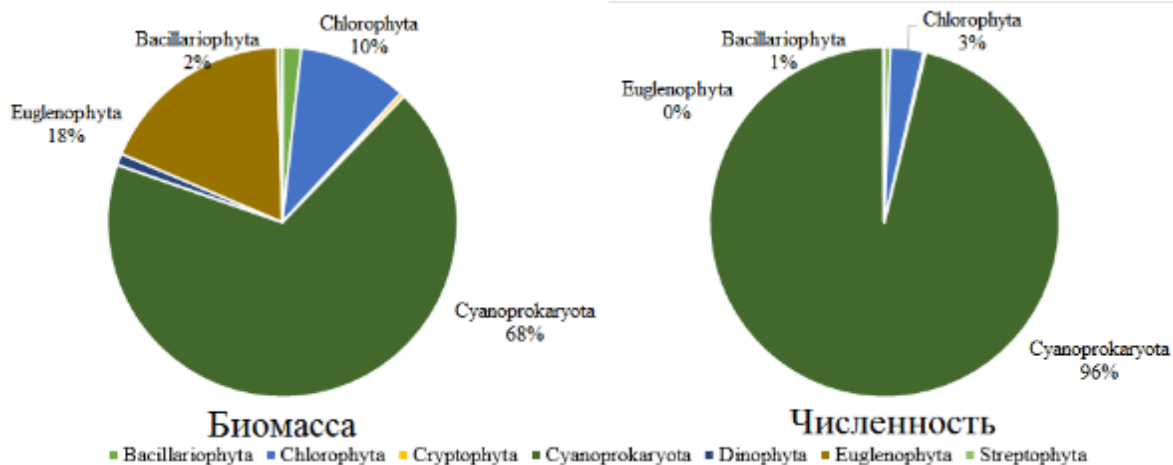


Рис. 5 Доля отделов в средней численности и биомассе фитопланктона пруда Летнего

Поплавок по значениям биомассы относится к эвтрофным водоемам, по всем остальным оцениваемым параметрам его воды соответствует в переходной олиго-мезотрофной категории.

Заключение

Проведенные исследования выявили снижение качества воды в августе 2022 года по сравнению с 2021 г. по таким гидрохимическим показателям как азот аммонийный, фосфор фосфатов, кислород. В пруду Летнем это выражалось в многократных превышениях предельно допустимых концентраций исследуемых элементов, в Поплавке, несмотря на общее повышение концентраций биогенов, наблюдались более благоприятные условия. Значительное перенасыщение воды кислородом обеспечивали высшие водные растения, а также фитопланктон.

В пруду Летнем зафиксировано сильное цветение, вызванное, среди прочего, массовым размножением цианобактерий родов *Microcystis* и *Oscillatoria*. Повышенное содержание питательных веществ создает предпосылки для еще большего увеличения биомассы цианобактерий. Их последующее разложение может привести к резкому снижению концентрации кислорода во всей толще воды и последующему замору рыбы. В Поплавке доля синезеленых не так велика, в численности преобладали криптофитовые, а в биомассе динофитовые водоросли. По данным альгофлоры лета 2021 г. пруд Летний можно отнести к эвтрофным водоемам, Поплавок – олиго-мезотрофным. Несмотря на более благоприятные условия в Поплавке как по гидрохимическим, так и по альгологическим показателям (2021 г.) к концу лета в 2022 г. в пруду наблюдалась гибель уток. Проведенные другими авторами исследования доказывают негативное влияние цианотоксинов на организмы животных, птиц и рыб [9]. Ранее цветение водорослей уже рассматривалось как одна из причин возникновения подобных эпизодов в других водоемах Калининграда, что обуславливает необходимость отслеживания динамики потенциально токсичных видов фитопланктона в особо уязвимых водных системах.

Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры ВБА Мурашко П.А., Меньшенину А.С. за помощь в сборе материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В Минприроды озвучили предварительную версию мора рыбы в Калининградских озерах // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://www.newkaliningrad.ru/news/briefs/community/24010382-v-minprirody-ozvuchili-predvaritelnuyu-versiyu-mora-ryby-v-kaliningradskikh-ozerakh.html> (дата обращения 14.09.2022)
2. Кухарук Е.Д., Цупикова Н.А. Морфометрическая характеристика пруда Поплавок (г. Калининград) // Вестник молодежной науки. 2022. №3 (35). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfometricheskaya-harakteristika-pruda-poplavok-g-kaliningrad> (дата обращения: 16.09.2022).

3. Цупикова Н.А., Севостьянова Е.А. Некоторые гидролого-гидрохимические особенности и проблемы малых городских прудов на примере пруда Поплавок// Известия КГТУ. 2021. – № 62. – С. 50-64.
4. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А. Абакумова. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. – 318 с.
5. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – Москва: Наука, 1975. – 240 с.
6. Выявление токсичных *Microcystis* в озере Котокельское (Бурятия)/ О.И. Белых, И.В. Тихонова, Е.Г. Сороковикова, А.С. Гладких, О.В. Калюжная // Вестник Томского государственного университета. 2009. – №330. – С.172-175
7. Неверова-Дзиопак, Е. Оценка трофического состояния поверхностных вод: монография / Е. Неверова-Дзиопак, Л. И. Цветкова; СПбГАСУ. – СПб., 2020. – 176 с.
8. (Dinophyta) Тип Динофиты, Динофлагелляты, Динофитовые водоросли, Перидинеи, Панцирные жгутиконосцы, Phylum Dinophyta 3 класса// Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://fishbiosystem.ru/Protozoa/Dinophyta/Dinophyta1.html> (дата обращения 14.09.2022)
9. Калининкова Т.Б., Гайнутдинов М.Х., Шагидуллин Р.Р. Цианотоксины - потенциальная опасность для пресноводных экосистем и здоровья человека // Российский журнал прикладной экологии. 2017. №2 (10). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsianotoksiny-potentsialnaya-opasnost-dlya-presnovodnyh-ekosistem-i-zdorovya-cheloveka> (дата обращения: 30.09.2022).

**ECOLOGICAL STATE
OF SOME SMALL WATER BODIES KALININGRAD
(POND SUMMER AND POPLAVOK)
ACCORDING TO ALGOLOGICAL
AND HYDROCHEMICAL INDICATORS**

¹Sevostianova Ekaterina Aleksandrovna, PhD student

²Tsupikova Nadezda Aleksandrovna, PhD in Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of water bioresources and aquaculture

³Shibaev Sergei Vadimovich, professor, head of the department of water bioresources and aquaculture

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

e-mail: ¹ekaterina.lozitskaya@klgtu.ru; ²tsoupikova@klgtu.ru; ³shibaev@klgtu.ru

Algological and hydrochemical methods are used for determining the quality of water in small urban reservoirs of Kaliningrad – Letniy and Poplavok Ponds. In the Letniy Pond, was exceeded significantly of the MPC for ammonium nitrogen, phosphate phosphorus, and total iron, as well as a strong supersaturation of water with oxygen, was revealed. In Poplavok, an excess of MPC was recorded only for total iron. The role of cyanoprokaryotes in both abundance and biomass of the Letniy pond is discovered. Cryptophyte and dinophyte algae were identified in the Poplavok pond.

МЕЖДЕКАДНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОЛЕННОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

¹Цветкова Надежда Николаевна, канд. геогр. наук,
доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

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

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

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия,
e-mail: v_dubravин@mail.ru

По данным WORLD OCEAN ATLAS 2018 (WOA18) выполнена оценка долгопериодной (междекадной) изменчивости температуры и солёности на поверхности Атлантического океана, усреднённых для пятиградусных трапеций за период 1955–2017 гг. [1; 2]. Для каждого параметра, используя методики корреляционного и статистического анализа [3], выявлена связь между поверхностными полями температуры и солёности и внешними вынуждающими силами (гелио-, геокосмическими, индексами атмосферной циркуляции).

Введение

Поскольку для исследования долгопериодной (низкочастотной) изменчивости гидрометеорологических элементов в Мировом океане (или его регионах) необходимы ряды длительных наблюдений, то появление первого такого массива гидрологических данных в WOA18 [1, 2] позволяет в настоящей работе рассмотреть основные особенности крупномасштабной (междекадной) пространственно-временной изменчивости термохалинных характеристик поверхностных вод Атлантического океана за последние шесть десятилетий.

Целью настоящей работы является получение количественных оценок долгопериодной междекадной изменчивости полей температуры (ТПО) и солёности (СПО) на поверхности Атлантического океана на базе многолетнего гидрологического массива данных наблюдений World Ocean Atlas 2018 за 1955-2017 гг. [1, 2] и выявление связи между ними и внешними вынуждающими силами (гелио-, геокосмическими, индексами атмосферной циркуляции).

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

Материалы и методы, результаты

Исследование выполнено на однородном материале многолетнего гидрологического массива данных наблюдений World Ocean Atlas 2018 [1, 2], усреднённого по среднемесячным значениям ТПО и СПО на регулярной сетке 5 x 5 за десятилетия: 1955-1964, 1965-1974, 1975-1984, 1985-1994, 1995-2004, исключение – последний тринадцатилетний интервал – 2005-2017 гг. и за весь период 1955-2017 гг., кроме того значения ТПО и СПО в пятиградусных трапециях пересчитаны нами для пятиградусных полос, при этом использовались методики корреляционного и статистического анализа [3].

Междекадная изменчивость. Рассмотрим распределение среднедекадных величин ТПО и СПО на акватории Северной (СА), Южной Атлантики (ЮА) и всего Атлантического океана (АО) по данным [1, 2] (рис. а, б). В Северной Атлантике минимальные значения как ТПО, так и СПО, приходится на декаду 1965-1974 гг. ($T = 17,4$ °C; $S = 35,49$), а максимальные – на декаду 1995-2004 гг. для СПО ($S = 35,64$) и на 2005-2017 гг. для ТПО ($T = 18,1$ °C); в Южной Атлантике для ТПО: минимум – $T = 14,3$ °C (1955-1964 гг.), максимум – $T = 14,5$ °C (1965-1974 гг.), для СПО: минимум

– S = 35,03 (1965-1974 гг.), максимум – S = 35,13 (2005-2017 гг.); в океане в целом для ТПО: минимум – T = 15,7 °C (1975-1984 гг.), максимум – T = 16,0 °C (2005-2017 гг.), для СПО: минимум – S = 35,24 (1965-1974 гг.), максимум – S = 35,35 (2005-2017 гг.).

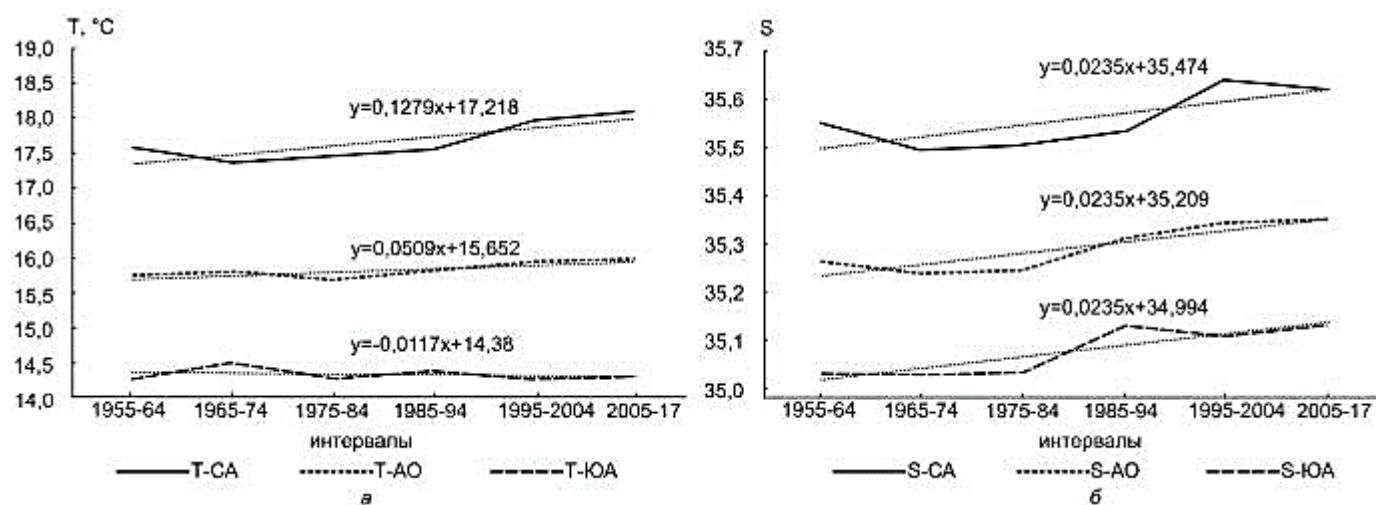


Рис. Временная (междекадная) изменчивость ТПО (°C) – а и СПО – б (пятиградусное осреднение) в Северной, Южной Атлантике и Атлантическом океане по данным WOA18 (1955-2017) [1, 2].
Пунктиром показаны линейные тренды и их уравнения для всего временного интервала

Возвратимся к рис. а, б, на котором кроме междекадной изменчивости ТПО и СПО показаны также и их линейные тренды. И так, для всей СА тренды ТПО и СПО характеризуются ростом ($T_{rT} = 0,128$ °C/10 лет; $T_{rS} = 0,024$ 1/10 лет), при этом максимальный рост для ТПО ($T_{rT} = 0,179$ °C/10 лет) отмечается на 25-30° с.ш., а минимальный – ($T_{rT} = 0,017$ °C/10 лет) – на 50-55° с.ш.; для СПО максимальный рост ($T_{rS} = 0,083$ 1/10 лет) отмечается на 65-70° с.ш., а минимальный – ($T_{rS} = 0,002$ 1/10 лет) – на 55-60° с.ш. (табл. 1).

Таблица 1

Средние и предельные значения линейного тренда временной (междекадной) изменчивости ТПО и СПО (пятиградусное осреднение) в Северной, Южной Атлантике и Атлантическом океане, рассчитано по данным WOA18 (1955-2017) [1, 2].

Регион	T_{rT} (°C/10 лет)	T_{rS} (1/10 лет)
Северная Атлантика	0,128	0,024
	0,179	0,083
	0,017	0,002
Южная Атлантика	-0,012	0,024
	0,115	0,062
	-0,150	-0,016
Атлантический океан	0,051	0,024
	0,179	0,083
	-0,150	-0,016

Для всей ЮА только тренд СПО характеризуется ростом ($T_{rS} = 0,024$ 1/10 лет), с максимальным ростом ($T_{rS} = 0,062$ 1/10 лет), наблюдающемся на 0-5° с.ш. и максимальным падением ($T_{rS} = (-0,016)$ 1/10 лет) – на 35-40° ю.ш.; а тренд ТПО – падением ($T_{rT} = (-0,012)$ °C/10 лет), с максимальным ростом ($T_{rT} = 0,115$ °C/10 лет), как и для СПО, наблюдающемся на 0-5° с.ш. и максимальным падением ($T_{rT} = (-0,150)$ °C/10 лет) – на 65-70° ю.ш.. Для всего АО, как и СА, тренды ТПО и СПО характеризуются ростом ($T_{rT} = 0,051$ °C/10 лет; $T_{rS} = 0,024$ 1/10 лет), при этом максимальный рост для ТПО ($T_{rT} = 0,179$ °C/10 лет) отмечается на 25-30° с.ш., а максимальное падение – ($T_{rT} = (-0,150)$ °C/10

лет) – на 65-70° ю.ш.; для СПО максимальный рост ($Tr_s = 0,083$ 1/10 лет) отмечается на 65-70° с.ш., а максимальное падение ($Tr_s = (-0,016)$ 1/10 лет) – на 35-40° ю.ш. (см. табл. 1).

Взаимосвязь ТПО и СПО. О существовании связи между поверхностными полями температуры и солёности Атлантического океана известно давно [4-10]. Ранее нами в [11] по данным WOA18 [1, 2], средним за 1955-2017 гг. для гидрометеорологических полушарий Северной, Южной Атлантики и собственно Атлантического океана была определена теснота связи: между среднегодовыми значениями ТПО и СПО в пятиградусных трапециях: $r = 0,71$, $r = 0,86$ и $r = 0,82$, соответственно. Для годовых среднеширотных величин теснота связи возрастет до $r = 0,82$, $r = 0,89$ и $r = 0,87$, соответственно. Для сезонной изменчивости, когда СезХ температуры и солёности, осреднялся для гидрометеорологических полушарий СА, ЮА и собственно АО, теснота связи между сезонной изменчивостью ТПО и СПО становится отрицательной – $r = (-0,97)$, $r = (-0,97)$ и $r = (-0,50)$, соответственно. Сходные расчеты были выполнены и для междекадной изменчивости. При этом теснота связи междекадной изменчивости между ТПО и СПО выполнялась по двум вариантам: между среднеширотными пятиградусными величинами и величинами осредненными в пределах гидрометеорологических полушарий СА, ЮА и собственно АО.

Результаты счета по первому варианту представлены в табл. 2. Как видим в этом случае средняя для СА теснота связи между ТПО и СПО высокая – $r = 0,81$, максимальная – $r = 0,97$ отмечается на 60-65° с.ш., минимальная становится слабоотрицательной – $r = (-0,11)$; средняя для ЮА теснота связи также высока – $r = 0,89$, с максимумом – $r = 0,95$, наблюдаемым на 10-15° ю.ш., и минимумом – $r = (-0,79)$ – на 65-70° ю.ш.; средняя для всей Атлантики теснота связи – $r = 0,87$, максимальная – $r = 0,97$ (60-65° с.ш.), минимальная – $r = (-0,79)$ – на 65-70° ю.ш.

Таблица 2

Средние и предельные значения тесноты корреляционной связи (r) временной (междекадной) изменчивости между ТПО и СПО (среднеширотное пятиградусное осреднение) в Северной, Южной Атлантике и Атлантическом океане, рассчитано по данным WOA18 (1955-2017) [1, 2].

Регион	r
Северная Атлантика	0,813
	0,970
	-0,106
Южная Атлантика	0,888
	0,946
	-0,789
Атлантический океан	0,865
	0,970
	-0,789

По второму варианту (осреднение по полушариям) имеем высокую тесноту связи между ТПО и СПО для СА и океана в целом – $r = 0,98$ и $r = 0,90$, соответственно, а для ЮА – теснота связи слабоотрицательная – $r = (-0,20)$.

На первый взгляд различия между вариантами счета тесноты связи между ТПО и СПО, особенно для ЮА вызывают некоторые сомнения и требуют пояснения. Однако все просто: все дело в характере осреднения. С одной стороны, предпочтительным кажется первый вариант (из-за простоты расчета). С другой – в защиту второго варианта возвратимся к рассмотренным выше временным трендам (см. рис. а, б и табл. 1). Междекадная изменчивость СПО характеризуется положительным трендом в СА, ЮА и АО в целом, а для ТПО тренд положителен только в СА и АО в целом, а в ЮА рост сменяется падением, иными словами, междекадная изменчивость ТПО и СПО в Южной Атлантике – противофазна – отсюда, хотя и слабая, но и отрицательная теснота связи.

В чем же причина такой междекадной изменчивости ТПО и СПО? В воздействии вынуждающих сил, в качестве которых могут выступать внешние гелио- и геофизические силы и автоколебательные процессы в системе взаимодействия океана и атмосферы [11]. Перейдем к их рассмотрению.

Взаимосвязь внешних вынуждающих сил и ТПО или СПО. Из внешних вынуждающих сил в нашем распоряжении имеются ряды наблюдений для:

гелиокосмических (гелиофизических) – положения барицентра – расстояния от барицентра масс солнечной системы до центра Солнца ($D_{б.ц.}$) (км) (1900-2019) [12]; потенциала приливообразующих сил Луны и Солнца (ППОСЛиС) ($см^2/с^2$) (1850-2019) [13] и солнечной активности (числа Вольфа, W) (1850-2019) [14];

геокосмических (геофизических) – угловой скорости вращения Земли (УСВЗ), v^7 (1956-2010) [15]; результирующего переноса массы воздуха в экваториальной стратосфере (экваториальный перенос – $Eqwind$), U ($кг*м/с$) (1954-2010) [15] и мгновенного положения Северного полюса вращения Земли (МПСПВЗ)⁸ (1890-2020 гг.) [16];

автоколебательных процессов в системе взаимодействия «океан-атмосфера» – индексов циркуляции атмосферы Вангенгейма-Гирса W , E , C (сут/год) (1891-2018) [18] и индекса САК⁹ (1891-1995) [19].

Известно [20], что временные ряды геокосмических сил, являются причиной появления в Мировом океане и атмосфере над ним некоторых цикличностей. Результаты спектрального анализа вынуждающих сил, проведенного в [12], показаны в таблице 3. Как видим, на спектрограмме солнечной активности W (интервал 1850-2019 гг.) выделяются восемь пиков спектральной плотности на периодах 2,11; 2,82; 3,23; 4,76; 5,71; 8,00; 11,11 и 18,18 года. Для ППОСЛиС (интервал 1850-2019 гг.) наблюдается три пика – 3,77; 4,76 и 18,18 года. Для положения барицентра масс солнечной системы относительно центра Солнца ($D_{б.ц.}$) (интервал 1900-2019 гг.) отмечаются пять пиков – 5,56; 6,67; 7,69; 13,33 и 20,00 лет. Для угловой скорости вращения Земли v (интервал 1956-2010 гг.) выявляются два пика – 2,35 и 5,88 года. Для экваториального стратосферного переноса U (интервал 1954-2010 гг.) обнаруживается три пика – 2,35; 4,88 и 18,18 года. Для МПСПВЗ (интервал 1890-2020 гг.) в [17] выделяется четыре пика – 2,06; 4,08; 6,45 и 11,11 года.

При этом следует иметь в виду, что в результате кросс-спектрального анализа в [12] был получен вывод, подтверждающий мнение Е.А. Леонова [20] о том, что вынуждающие силы: W , ППОСЛиС, U и v , хотя и получены в результате анализа солнечно-земных связей, но своим происхождением обязаны ритмике планет Солнечной системы – $D_{б.ц.}$.

Поскольку данные ТПО и СПО в WOA18 [1, 2], в основном, усреднены по десятилетиям, то для вынуждающих сил, имеющих квазицикличности близкие к десяти годам (это для солнечной активности W и МПСПВЗ – квазиодиннадцатилетняя W_{11} и M_{11} , для барицентра масс солнечной системы – квазивосьмилетняя D_8 и квазитринадцатилетняя D_{13}), то эти квазицикличности были также включены в расчет тесноты связи временной изменчивости между вынуждающими силами и ТПО или СПО (табл. 4).

Из этой таблицы следует, что наибольшая теснота прямой связи для ТПО приходится на внешние вынуждающие силы, связанные с вращением Земли – v и МПСПВЗ. Так, для СА и АО теснота связи между ТПО и МПСПВЗ – $r = 0,90$ и $r = 0,82$, соответственно, а между ТПО и v – $r = 0,85$ как в СА, так и в АО. Для ЮА теснота связи между ТПО и МПСПВЗ или v становится отрицательной – $r = (-0,52)$ или $r = (-0,67)$. Наибольшая теснота обратной связи для ТПО приходится на квазиодиннадцатилетнюю цикличность солнечной активности W_{11} и барицентр $D_{б.ц.}$. Так, для СА и АО теснота связи между ТПО и W_{11} или $D_{б.ц.}$ – $r = (-0,76)$ или $r = (-0,35)$ и $r = (-0,73)$ или $r = (-0,65)$, соответственно, для ЮА теснота связи между ТПО и W_{11} меняется на положительную – $r = 0,34$, а между ТПО и $D_{б.ц.}$ остается отрицательной – $r = (-0,59)$. При этом наибольшая теснота отрицательной связи для ТПО в ЮА приходится на ППОСЛиС – $r = (-0,82)$.

⁷ Безразмерная величина, равная отношению отклонения действительной длительности земных суток T от эталонной $P = 86400$ с к длительности эталонных суток P ($v = -(T-P)/P$), увеличенная в 10^{10} крат [15].

⁸ Координаты МПСПВЗ – X и Y в угловых секундах, составляющие на Гринвичский и 90 западный меридианы, соответственно – были преобразованы в метрическую систему координат с началом в районе Северного географического полюса, а затем рассчитаны модуль M и направление α результирующего вектора [17].

⁹ В [19] в качестве *индекса САК* была предложена величина барического градиента (абсолютное значение) между центрами Исландского минимума и Азорского максимума по ежемесячным данным, для удобства увеличенная в 1000 раз (10^{-3} гПа/град. широты).

**Характерные масштабы межгодовой изменчивости вынуждающих сил:
солнечной активности (числа Вольфа, W); ППОСЛиС ($\text{см}^2/\text{с}^2$);
расстояния от барицентра масс солнечной системы до центра Солнца, $D_{\text{б.ц.}}$ (км);
угловой скорости вращения Земли v и экваториального переноса U ($\text{кг}^*\text{м}/\text{с}$),
рассчитано по данным [12-15]. Из [12].**

Параметр, длина ряда	Период энергонесущей зоны			Спектральная плотность		
	начало	пик	конец	начало	пик	конец
W 1850-2019	2,00	2,11	2,15	165	456	268
	2,70	2,82	2,99	138	366	233
	2,99	3,23	3,33	233	720	147
	4,44	4,76	5,00	160	1473	671
	5,00	5,71	6,25	671	5926	725
	7,14	8,00	8,70	1495	9782	8333
	8,70	11,11	15,39	8333	156320	3470
	15,39	18,18	20,00	3470	4128	3547
ППОСЛиС 1850-2019	3,51	3,77	4,17	59	231	82
	4,17	4,76	5,00	82	139	99
	12,5	18,18	33,33	3131	347170	3833
$D_{\text{б.ц.}}$ 1900-2019	5,26	5,56	6,06	3590400000	11225000000	6346800000
	6,06	6,67	6,90	6346800000	21729000000	14590000000
	6,90	7,69	8,70	14590000000	84591000000	13749000000
	8,70	13,33	15,39	13749000000	1513400000000	412500000000
	15,39	20,00	33,33	412500000000	4661800000000	2680900000000
УСВЗ 1956-2010	2,00	2,35	2,90	448,8	948,9	495,8
	2,90	5,88	6,90	495,8	2434,3	2285,4
U 1954-2010	2,00	2,35	3,77	56539000	162760000	1706500
	3,77	4,88	8,70	1706500	8311100	886890
	8,70	18,18	33,33	886890	2541800	2096800

Из таблицы 4 также следует, что наибольшая теснота прямой связи для СПО (как и для ТПО) приходится на внешние вынуждающие силы, связанные с вращением Земли – v и МПСВЗ. Так, для СА, ЮА и АО теснота связи между СПО и МПСВЗ – $r = 0,85$, $r = 0,90$ и $r = 0,96$, соответственно, а между СПО и v – $r = 0,87$, $r = 0,51$ и $r = 0,87$, соответственно. Наибольшая теснота обратной связи для СПО (также как и для ТПО) приходится на квазиодиннадцатилетнюю цикличность солнечной активности W_{11} и барицентр $D_{\text{б.ц.}}$. Так, для СА, ЮА и АО теснота связи между СПО и W_{11} или $D_{\text{б.ц.}}$ – $r = (-0,62)$, $r = (-0,42)$ и $r = (-0,57)$ или $r = (-0,29)$, $r = (-0,57)$ и $r = (-0,48)$, соответственно. Кроме того, в ЮА теснота обратной связи между СПО и квазитринадцатилетней цикличностью барицентра D_{13} возрастает до $r = (-0,62)$.

Аналогичные расчеты тесноты связи были выполнены между вынуждающими силами: индексами циркуляции атмосферы W, E, C или индексом САК и ТПО или СПО (табл. 5).

Из этой таблицы следует, что наибольшая теснота прямой связи для ТПО в СА и АО отмечается с квазивосьмилетней цикличностью формы C – C_8 или индексом САК – $r = 0,64$ и $r = 0,59$ или $r = 0,44$ и $r = 0,74$, соответственно. Для ЮА теснота связи между ТПО и индексом САК снижается до $r = 0,19$, а между ТПО и C_8 становится отрицательной – $r = (-0,34)$, кроме того, в ЮА, наибольшая прямая связь наблюдается между ТПО и E_8 – $r = 0,66$. Наибольшая теснота обратной связи для ТПО приходится на формы E и C. Так, для СА и АО теснота связи между ТПО и E или C – $r = (-0,88)$ и $r = (-0,87)$ или $r = (-0,61)$ и $r = (-0,63)$, соответственно, для ЮА теснота связи между ТПО и E или C меняется на положительную – $r = 0,32$ или $r = 0,17$.

Из таблицы 5 также следует, что наибольшая теснота прямой связи для СПО (как и для ТПО) отмечается с квазивосьмилетней цикличностью формы C – C_8 или индексом САК. Так, для СА, ЮА и АО теснота связи между СПО и C_8 – $r = 0,53$, $r = 0,16$ и $r = 0,38$, соответственно, а между СПО и индексом САК – $r = 0,29$, $r = 0,98$ и $r = 0,92$, соответственно. Наибольшая теснота обратной связи для СПО (так же как и для ТПО) приходится на формы E и C. Так, для СА, ЮА и АО теснота связи между СПО и формами E или C – $r = (-0,77)$, $r = (-0,69)$ и $r = (-0,80)$ или $r = (-0,42)$, $r = (-0,58)$ и $r = (-0,55)$, соответственно.

Таблица 4

Значения тесноты корреляционной связи (r) временной (междекадной) изменчивости между внешними вынуждающими силами: расстояния от барицентра масс солнечной системы до центра Солнца ($D_{б.ц.}$, км) [12]; потенциала приливообразующих сил Луны и Солнца (ППОСЛиС, $см^2/с^2$) [13]; солнечной активности (числа Вольфа, W) [14]; угловой скорости вращения Земли v [15]; экваториального переноса U ($кг*м/с$) [15] и ТПО или СПО (пятиградусное осреднение) в Северной, Южной Атлантике и Атлантическом океане, рассчитано по данным WOA18 (1955-2017) [1, 2].

Регион	$D_{б.ц.}$	$D_{б.ц.8}$	$D_{б.ц.13}$	ППОСЛиС	W	W_{11}	v^*	U^*	МПСВЗ	M_{11}
ТПО (1955-2017)										
СА	-0,350	0,035	-0,115	0,192	-0,262	-0,760	0,853	0,697	0,903	0,863
ЮА	-0,593	-0,355	0,343	-0,824	-0,241	0,344	-0,666	-0,766	-0,519	-0,687
АО	-0,653	-0,110	0,013	-0,126	-0,403	-0,731	0,853	0,377	0,822	0,705
СПО (1955-2017)										
СА	-0,292	0,103	-0,094	0,288	-0,096	-0,622	0,871	0,736	0,854	0,849
ЮА	-0,572	0,333	-0,618	-0,314	-0,015	-0,424	0,507	0,188	0,903	0,784
АО	-0,476	0,241	-0,395	-0,020	-0,060	-0,571	0,871	0,520	0,963	0,894

Примечание: *Для v и U расчет велся на интервале 1955-2004 гг.

Таблица 5

Значения тесноты корреляционной связи (r) временной (междекадной) изменчивости между внешними вынуждающими силами: индексами атмосферной циркуляции W , E , C (сут/год) [18]; индексом САК ($10^{-3}гПа/град.$ широты) [19] и ТПО или СПО (пятиградусное осреднение) в Северной, Южной Атлантике и Атлантическом океане, рассчитано по данным WOA18 (1955-2017) [1, 2].

Регион	W	W_9	E	E_8	C	C_8	Инд. САК*
ТПО (1955-2017)							
СА	-0,186	0,261	-0,876	-0,197	-0,609	0,637	0,437
ЮА	-0,127	-0,475	0,321	0,664	0,171	-0,341	0,193
АО	-0,268	0,100	-0,875	0,052	-0,630	0,590	0,740
СПО (1955-2017)							
СА	0,003	0,261	-0,775	-0,246	-0,419	0,532	0,287
ЮА	0,008	0,236	-0,691	0,245	-0,575	0,160	0,980
АО	0,006	0,272	-0,802	0,004	-0,546	0,376	0,921

Примечание: *Для индекса САК расчет велся на интервале 1955-1994 гг.

Таким образом, для междекадной изменчивости как ТПО, так и СПО в Атлантическом океане выявлена значимая теснота связи со всеми вынуждающими силами – $r = \geq \pm 0,5$.

Выводы

1. На всем интервале 1955-2017 гг. в Северной Атлантике минимальные значения как ТПО, так и СПО, приходятся на декаду 1965-1974 гг. ($T = 17,4$ °C; $S = 35,49$), а максимальные – на декаду 1995-2004 гг. для СПО ($S = 35,64$) и на 2005-2017 гг. для ТПО ($T = 18,1$ °C); в Южной Атлантике для ТПО: минимум – $T = 14,3$ °C (1955-1964 гг.), максимум – $T = 14,5$ °C (1965-1974 гг.), для СПО: минимум – $S = 35,03$ (1965-1974 гг.), максимум – $S = 35,13$ (2005-2017 гг.); в океане в целом для ТПО: минимум – $T = 15,7$ °C (1975-1984 гг.), максимум – $T = 16,0$ °C (2005-2017 гг.), для СПО: минимум – $S = 35,24$ (1965-1974 гг.), максимум – $S = 35,35$ (2005-2017 гг.).

2. Для Северной Атлантики тренды ТПО и СПО характеризуются ростом ($T_{rT} = 0,128$ °C/10 лет; $T_{rS} = 0,024$ 1/10 лет), при этом максимальный рост для ТПО ($T_{rT} = 0,179$ °C/10 лет) отмечается

на 25-30° с.ш., а минимальный – ($Tr_T = 0,017$ °C/10 лет) – на 50-55° с.ш.; для СПО максимальный рост ($Tr_S = 0,083$ 1/10 лет) отмечается на 65-70° с.ш., а минимальный – ($Tr_S = 0,002$ 1/10 лет) – на 55-60° с.ш.. Для Южной Атлантики только тренд СПО характеризуется ростом ($Tr_S = 0,024$ 1/10 лет), с максимальным ростом ($Tr_S = 0,062$ 1/10 лет), наблюдающемся на 0-5° с.ш. и максимальным падением ($Tr_S = (-0,016)$ 1/10 лет) – на 35-40° ю.ш.; а тренд ТПО – падением ($Tr_T = (-0,012)$ °C/10 лет), с максимальным ростом ($Tr_T = 0,115$ °C/10 лет), как и для СПО, наблюдающемся на 0-5° с.ш. и максимальным падением ($Tr_T = (-0,150)$ °C/10 лет) – на 65-70° ю.ш.. Для всего Атлантического океана, как и Северной Атлантики, тренды ТПО и СПО характеризуются ростом ($Tr_T = 0,051$ °C/10 лет; $Tr_S = 0,024$ 1/10 лет), при этом максимальный рост для ТПО ($Tr_T = 0,179$ °C/10 лет) отмечается на 25-30° с.ш., а максимальное падение – ($Tr_T = (-0,150)$ °C/10 лет) – на 65-70° ю.ш.; для СПО максимальный рост ($Tr_S = 0,083$ 1/10 лет) отмечается на 65-70° с.ш., а максимальное падение ($Tr_S = (-0,016)$ 1/10 лет) – на 35-40° ю.ш.

3. Теснота связи между среднедекадными значениями ТПО и СПО в пятиградусных трапециях для гидрометеорологических полушарий Северной, Южной Атлантики и собственно Атлантического океана такова: $r = 0,98$, $r = (-0,20)$ и $r = 0,90$, соответственно, что отражает распределение междекадных трендов ТПО и СПО в СА, ЮА и АО, отмеченное в п. 2. Для декадных среднеширотных величин теснота связи несколько иная (особенно в Южной Атлантике) – $r = 0,81$, $r = 0,89$ и $r = 0,87$, соответственно.

4. Корреляционный анализ междекадной изменчивости внешних вынуждающих сил (положения барицентра – расстояния от барицентра масс солнечной системы до центра Солнца ($D_{б.ц.}$) (км) (1900-2019) [12]; потенциала приливообразующих сил Луны и Солнца (ППОСЛиС) ($см^2/с^2$) (1850-2019) [13]; солнечной активности (числа Вольфа, W) (1850-2019) [14]; угловой скорости вращения Земли (v) (1956-2010) [15]; экваториального стратосферного переноса (U) ($кг*м/с$) (1954-2010) [15]; мгновенного положения Северного полюса вращения Земли (МПСПВЗ) (1890-2020 гг.) [16]; индексов циркуляции атмосферы Вангенгейма-Гирса W , E , C (сут/год) (1891-2018) [18] и индекса САК (1891-1995) [19]) и ТПО и СПО выявил:

– для ТПО наибольшая теснота прямой связи приходится на внешние вынуждающие силы, связанные с вращением Земли – v и МПСПВЗ. Так, для СА и АО теснота связи между ТПО и МПСПВЗ – $r = 0,90$ и $r = 0,82$, соответственно, а между ТПО и v – $r = 0,85$ как в СА, так и в АО; между стратосферным переносом U , квазивосьмилетней цикличностью формы $C - C_8$ или индексом САК и ТПО теснота связи снижается в СА до – $r = 0,70$, $r = 0,64$ или $r = 0,44$, в АО – до $r = 0,38$, $r = 0,59$ или $r = 0,74$. Для ЮА теснота связи между ТПО и квазидевятилетней цикличностью формы $W - W_9$, МПСПВЗ, v или U становится отрицательной – $r = (-0,48)$, $r = (-0,52)$, $(-0,67)$ или $r = (-0,77)$. Наибольшая теснота обратной связи для ТПО приходится на квазиодиннадцатилетнюю цикличность солнечной активности W_{11} , барицентр $D_{б.ц.}$ и формы циркуляции E и C . Так, для СА и АО теснота связи между ТПО и W_{11} или $D_{б.ц.}$ – $r = (-0,76)$ или $r = (-0,35)$ и $r = (-0,73)$ или $r = (-0,65)$, соответственно, а между ТПО и E или C – $r = (-0,88)$ или $r = (-0,61)$ и $r = (-0,87)$ или $r = (-0,63)$, соответственно. Для ЮА теснота связи между ТПО и формой E , W_{11} или формой C меняется на положительную – $r = 0,32$, $r = 0,34$ или $r = 0,17$, соответственно, а между ТПО и $D_{б.ц.}$ остается отрицательной – $r = (-0,59)$. При этом наибольшая теснота отрицательной связи для ТПО в ЮА приходится на ППОСЛиС – $r = (-0,82)$;

– для СПО, как и для ТПО, наибольшая теснота прямой связи приходится на внешние вынуждающие силы, связанные с вращением Земли – v и МПСПВЗ. Так, для СА, ЮА и АО теснота связи между СПО и МПСПВЗ – $r = 0,85$, $r = 0,90$ и $r = 0,96$, соответственно, а между СПО и v – $r = 0,87$, $r = 0,51$ и $r = 0,87$; между индексом САК и СПО теснота связи несколько ниже – $r = 0,29$, $r = 0,98$ и $r = 0,92$; между квазивосьмилетней цикличностью формы $C - C_8$ и СПО теснота связи снижается до – $r = 0,53$, $r = 0,16$ и $r = 0,38$, соответственно. Наибольшая теснота обратной связи для СПО приходится на квазиодиннадцатилетнюю цикличность солнечной активности W_{11} , барицентр $D_{б.ц.}$ и формы циркуляции E и C . Так, для СА, ЮА и АО теснота связи между СПО и W_{11} или $D_{б.ц.}$ – $r = (-0,62)$ или $r = (-0,29)$; $r = (-0,42)$ или $r = (-0,57)$ и $r = (-0,57)$ или $r = (-0,48)$, соответственно, а между СПО и E или C – $r = (-0,77)$ или $r = (-0,42)$; $r = (-0,69)$ или $r = (-0,58$ и $r = (-0,80)$ или $r = (-0,55)$, соответственно.

Таким образом для междекадной изменчивости как ТПО, так и СПО в Атлантическом океана выявлена значимая теснота связи со всеми вынуждающими силами – $r = \geq \pm 0,5$.

Работа выполнена в рамках госзадания ИО РАН (тема № FMWE–2021–0012)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Ocean Atlas 2018, Vol. 1: Temperature / A. Mishonov, Technical Ed. NOAA Atlas NESDIS 81. – Silver Spring, Maryland. – 52 pp.
2. World Ocean Atlas 2018, Vol. 2: Salinity. A. Mishonov Technical Ed.; NOAA Atlas NESDIS 82.– Silver Spring, Maryland. – 50 pp.
3. Брукс К., Карузерс Н. Применение статистических методов в метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – 416 с.
4. Sverdrup H.U., Johnson M.W., Fleming R.H. The Oceans, their Physics, Chemistry, General Biology. – New York: Prentice-Hall, 1942. – 1087 p.
5. Дитрих Г. Общая океанография – М.: Ин. Лит., 1962. – 465с.
6. Мамаев О.И. Т,S-анализ вод Мирового океана. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 364 с.
7. Агафонова Е.Г., Монин А.С. Статистика температуры и солёности поверхности Атлантики // ДАН СССР. – 1972. – Т. 207. – № 3. – С. 586-588.
8. Берникова Т.А. Гидрология и промысловая океанология. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 240с.
9. Степанов В.Н. Океаносфера. – М.: Мысль, 1983. – 270 с.
10. Дубравин В.Ф. Атлас термохалинной и биогеографической структур вод Атлантического океана. – Калининград: Капрос, 2013. – 471 с.
11. Дубравин В.Ф., Краснобородько О.Ю. Особенности сезонной изменчивости поверхностных температуры и солёности Атлантического океана (настоящий сборник).
12. Дубравин В.Ф. Эволюции гидрохимических структур вод Балтийского моря. – СПб.: СУПЕР Издательство, 2021. – 504 с.
13. Воробьев В.Н. Долгопериодные приливы в морях Советской Арктики. (Приложение к диссертации). – Л.: Фонды ЛВИМУ, 1967.
14. Sunspot numbers. (Электронный ресурс). URL: ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS (дата обращения: 28.08.2021).
15. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. – М., 2002. – 384 с.
16. IERS, 2021 The International Earth Rotation and Reference Systems Service. Electronic source / – Mode of access: <https://hpiers.obspm.fr/eoprc/eop/eopc01> (Дата обращения 21.02.2021).
17. Краснобородько О.Ю., Дубравин В.Ф. Особенности межгодовой изменчивости положения мгновенного полюса вращения Земли // БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ: материалы IX Международного Балтийского морского форума 4-9 октября 2021 года [Электронный ресурс]: в 6 томах. Т. 3. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» IX Международная научная конференция. – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – С. 82-91.
18. Дмитриев А.А., Дубравин В.Ф., Белязо В.А. Атмосферные процессы северного полушария (1891-2018 гг.), их классификация и использование. – СПб.: СУПЕР Издательство, 2018. – 306 с.
19. Дубравин В.Ф. 1994. Об эволюциях Северо-Атлантического колебания. Калининград: АО ИОРАН. Деп. в ВИНТИ 24.01.94 N 183-В-94. 56 с.
20. Леонов Е.А. Космос и сверхдолгосрочный гидрологический прогноз. – СПб.: «Алетейя», Наука, 2010. – 352 с.

INTERDECADAL VARIABILITY OF SEA SURFACE TEMPERATURE AND SALINITY IN THE ATLANTIC OCEAN

¹Tsvetkova Nadezhda Nikolaevna, PhD in Geographic sciences, Associate Professor

²Dubravina Vladimir Philippovich, Doctor of Geography, Associate Professor, Leading Researcher

¹Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, e-mail: nagornova@klgtu.ru

²Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: v_dubravina@mail.ru

In accordance with the WORLD OCEAN ATLAS 2018 (WOA18) data, the long-term (interdecadal) variability of sea surface temperature and salinity in the Atlantic Ocean, averaged for five-degree trapezoids over the period 1955–2017, was estimated. [1; 2]. For each parameter, using correlation and statistical analysis [3], a relationship was revealed between the surface fields of temperature and salinity and external driving forces (helio-, geocosmic, atmospheric circulation indices).

УДК 556.55(470.26)(06)

ВЫНОС БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ СО СТОКОМ РЕКИ ПРИМОРСКОЙ В КАЛИНИНГРАДСКИЙ ЗАЛИВ

¹Ширчкова Анастасия Николаевна, студентка кафедры водных биоресурсов и аквакультуры КГТУ

²Цветкова Надежда Николаевна, канд. географ. наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры КГТУ

^{1,2}ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹stunish1397@gmail.com; ²nagornova@klgtu.ru

Представлены результаты мониторинга гидрохимического состава вод малой реки Приморской, дренирующей юго-западную часть Самбийского полуострова в Калининградской области. Дана характеристика качества воды, рассчитан вынос минеральных форм азота и фосфора со стоком реки в Калининградский залив Балтийского моря в 2021–2022 гг. Дан обзор полученных результатов и исследований, проведенных ранее.

Существенное влияние на формирование выноса биогенных элементов, а также их содержание в поверхностных водных объектах, оказывают как природные, так и антропогенные условия водосборных территорий.

Поступление биогенных и органических веществ в Балтийское море вызывает большой интерес у широкого круга исследователей [1-4], ведь одной из важнейших экологических проблем является его эвтрофирование, вызванное наличием в морской воде избыточного количества азота и фосфора, а также других питательных веществ, которые зачастую приносятся в море с поверхности водосбора и, особенно, с речным стоком.

Речная сеть Калининградской области хорошо развита и состоит более чем из 4,6 тыс. водотоков, сумма длин которых достигает 12,7 тыс. км. Рекам области присущи равнинный тип и смешанное питание, а также принадлежность к бассейну Балтийского моря. Большинство из них относятся к «малым» рекам, простирающимся от 10 до 50 км [5-7].

Многие малые реки Калининградской области имеют высокое рыбохозяйственное значение и потенциально большое рекреационное значение. В то же время они вносят определенный вклад в загрязнение Балтийского моря и, особенно, его заливов [7].

Гидрологические условия малых рек весьма изменчивы, в них резко снижен потенциал самоочищения. В условиях повышающегося антропогенного воздействия, которое проявляется в виде усиленного освоения водосборных территорий малых водотоков в процессе интенсивной сельскохозяйственной деятельности, дорожного строительства, урбанизации и сброса сточных вод, экологическое состояние малых водотоков имеет большое значение для формирования экологических особенностей более крупных экосистем, как пресноводных, так и морских, имеющих связь с малыми водными объектами.

Одним из основных видов воздействия малых рек на принимающие водные объекты является вынос загрязняющих веществ с их стоком. С целью оценки выноса биогенных веществ со стоком малых рек нами регулярно проводятся наблюдения на некоторых реках Самбийского полуострова, которые впадают в Балтийское море и его заливы. Для исследования была выбрана малая река Приморская (длина ее 15,0 км, площадь бассейна – 126 км²), как типичная малая река, дренирующая территорию Калининградской области и впадающая в Приморскую бухту Калининградского залива. Бассейн реки Приморской усиленно осваивается человеком, большая часть земель водосбора занята землями сельскохозяйственного назначения, здесь расположено множество населенных пунктов, а также планируется масштабное строительство VII-й и IX-й очередей Приморского кольца в Калининградской области [8]. Эти факторы будут способствовать усилению антропогенной нагрузки на водосбор, а, значит и на Приморскую бухту, усиливая загрязнение и эвтрофирование Калининградского залива и, вероятно, Балтийского моря.

Гидрохимический мониторинг на реке Приморской проводится ежемесячно. Ранее подобные исследования проводились в 1999 и 2010 гг. [1-3, 9]. Для проведения исследований выбрана станция, расположенная в устье реки. Качество воды в устье позволяет оценить, какая вода поступает в Приморскую бухту. Створ расположен на мосту, который находится в 150 м выше непосредственного впадения реки Приморской в Приморскую бухту (рис.1).



Рис. 1. Положение створа на р. Приморской

Мониторинг реки Приморской включает в себя стандартные гидрометрические и гидрохимические исследования. В местах отбора проб описываются погодные условия, состояние реки, определяется ширина, глубина и скорость течения, необходимые для оценки водности реки.

Температура, электропроводность и рН воды определяются портативными электронными приборами. Скорость течения фиксируется при помощи поплавков. Переход от фиктивного расхода к истинному осуществляется по коэффициентам Г.В. Железнякова с учетом рекомендаций [10].

Пробы воды для гидрохимического анализа отбираются из поверхностного горизонта (0,2-0,4 м) в стрежне реки. Анализ отобранных проб, осуществляется в гидрохимической лаборатории КГТУ по общепринятым методикам [11-13]. Гидрохимический анализ проб производится не позднее суток после отбора.

Для характеристики минерализации и определения класса, группы, типа вод, а также количества органических веществ приняты градации по классификации Алекина О.А. [13].

Вынос соединений азота и фосфора рекой Приморской за весь период исследований (с 23.09.2021 г. по 23.08.2022 г.), позволяющий оценить годовую биогенную нагрузку на Балтийское море, рассчитан в соответствии с рекомендациями [14] по формуле:

$$L = \sum_{i=1}^n C_{ai} W_{ai} \cdot 10^{-6}, \text{ т}$$

где L – нагрузка от реки за расчетный период, т

C_{ai} - среднеарифметическая концентрация вещества в двух последовательных пробах, г/м³;

W_{ai} - объем стока за период между отбором двух последовательных проб, м³;

n – количество измерений.

Результаты исследований, проведенные в 2021-2022 г. показали следующее (рис. 2-4, табл. 1).

Особенности погоды в исследуемый период дают возможность сформировать общее представление о той обстановке, в которой складывались условия, характеризующие специфику водного объекта. Вместе с тем резкое изменение условий погоды в период наблюдений может отразить интенсивность короткопериодной изменчивости малых рек. Поэтому характеристика погодных условий – важная составляющая мониторинга малых водотоков.

Водность реки Приморской определялась особенностью погодных условий. Так, осень в целом была достаточно теплой и сухой. Температура воздуха была несколько выше нормы в октябре и ноябре, сентябрь был сухим со средней температурой воздуха на 0,5 °С ниже нормы. Количество осадков в ноябре было близко к норме, а в сентябре и октябре составило лишь 34 и 59% от нормы соответственно. Декабрь был холодным и малоснежным. Осадков выпало 62% от нормы, а средняя температура декабря была ниже нормы на –2,1 °С. [15]. Эти погодные условия находят свое отражение в гидрологических и гидрохимических особенностях исследуемой реки [16].

Зимняя межень прерывалась интенсивными дождевыми паводками (рис. 2). За исследованный период величина зимнего паводка превысила водность реки в период весеннего половодья. Половодье на реке Приморской в 2021-2022 году было слабо выраженным. Гидрометрические параметры р. Приморской в исследованном створе подвержены значительным колебаниям. Средняя глубина в створе изменялась от 0,5 до 0,8 м, ширина реки – от 18 до 22 м. Расход воды изменялся от 0 до 17,38 м³/с (рис.2). При этом максимальная величина расхода воды (17,38 м³/с) отмечена в январе, а минимальная (0 м³/с) в августе, в условиях подпора со стороны Приморской бухты. Высокая водность реки Приморской не всегда определяется интенсивностью осадков. Большое влияние на гидрометрические параметры реки оказывает ветер, направление которого значительно изменяет не только скорость течения реки, но и направление речного потока [16].

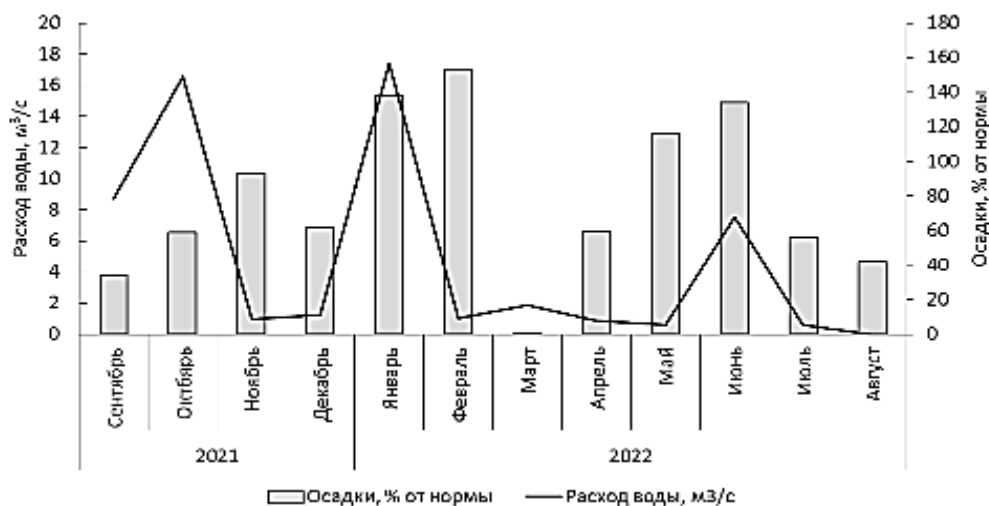


Рис. 2. Расход воды в устьевой части р. Приморской

В ноябре и декабре ветровые условия на фоне геоморфологических особенностей территории обеспечили подпор устьевой части со стороны залива. Расход воды составил 0,98 м³/с в ноябре и 1,24 м³/с в декабре, максимальная поверхностная скорость течения при этом изменялась от 0,1 до 0,14 м/с. В сентябре расход воды был равен 8,75 м³/с. Таким образом, ветровые условия могут оказывать существенное влияние не только на величину расхода воды в реке, уменьшая или увеличивая сток речных вод в принимающий водоем, но и полностью менять направление течения реки, перераспределяя сток [16].

Для оценки величины выноса биогенных веществ со стоком реки Приморской целесообразно дать общую гидрохимическую характеристику приустьевой части р. Приморской для представления общего состояния водного объекта и оценки степени его загрязнения.

Вода в реке Приморской в исследуемом створе повышенной минерализации (общая минерализация мало изменяется по сезонам и не превышает 600-700 мг/дм³), гидрокарбонатно-натриевая первого, реже второго типа, умеренно-жесткая. Водородный показатель воды сдвинут в слабощелочную сторону (рН воды изменяется от 6,8 до 7,7).

Кислородные условия в устье реки малоблагоприятные. Меньше всего кислорода растворено в осенне-зимний и летний периоды. В это время абсолютное содержание кислорода не превышает 4-6 мг/дм³ (30-60 % насыщения). Весной кислорода растворено больше – 7-9 мг/дм³ (70-90 % насыщения). Сезонный ход кислорода в реке прослеживается слабо. Причина пониженного содержания кислорода в водах реки может быть следующая. Пойма реки Приморской в устьевой части заболочена. Очевидно, что воды, формирующиеся в условиях застойного режима могут поступать в реку. Эти воды, как правило, перегружены органическими и биогенными веществами, более минерализованы и содержат меньше кислорода. Кроме того, в реку могут поступать и подземные воды, особенно в меженные периоды, когда доля их в питании реки возрастает. Подпор со стороны Приморской бухты обеспечивает меньшую динамику речных вод, создаются застойные условия, что на фоне поступления антропогенных загрязнений также ухудшает кислородный режим.

О содержании органических веществ дает представление перманганатная окисляемость воды, которую можно охарактеризовать как «повышенную» (10-20 мгО/дм³), в октябре – декабре (в соответствии с классификацией О.А. Алекина) и «очень высокую» (более 30 мгО/дм³) – в конце августа и сентябре. Изменения в содержании органических веществ описываются общими процессами накопления органики в конце вегетативного периода и ее минерализацией в последующий период (рис. 3). Сезонный ход органических веществ в реке не нарушен. Так максимальное количество органики отмечено в конце вегетативного периода – в августе и сентябре. Минимальное – в январе-феврале. С марта начинается устойчивый рост содержания растворенных органических веществ в воде. Стоит отметить, что, не смотря на то, что общие процессы образования и минерализации органического вещества в реке Приморской не нарушены, величина окисляемости воды достаточно высока и не характерна для малых рек Калининградской области [9]. Так значения окисляемости

более 30 мгО/дм³ могут свидетельствовать о дополнительном антропогенном источнике поступления легкоразлагаемой органики в реку.

Биогенные элементы являются одним из лимитирующих экологических факторов среды. Концентрация биогенных элементов в составе минеральных солей определяет продуктивность водной экосистемы, способствуя увеличению биомассы фитопланктона в условиях повышенной концентрации биогенов в воде. Нарушение объемов поступления и расходования биогенных элементов в водной экосистеме, главным образом, азота и фосфора приводит к увеличению трофического статуса водного объекта за счет повышения его биологической продуктивности.

Одним из важных вопросов в настоящее время является оценка выноса биогенных веществ с поверхности водосборов рек в водные объекты. В реке, несущей свои воды в залив или море, биогенный сток будет складываться из двух составляющих – естественной (природной) и антропогенной (непосредственного загрязнения). Биогенная нагрузка от речного стока тогда может считаться избыточной, когда доля антропогенного фактора превышает естественный фон. Методик оценки доли антропогенного загрязнения в общем выносе биогенных веществ с речным стоком в настоящее время не разработано. Для приблизительной оценки вклада антропогенного загрязнения в вынос биогенных веществ со стоком реки Приморской в Приморскую бухту можно воспользоваться следующим предположением. Если сезонный ход биогенных элементов в реке не нарушен, то комплекс антропогенных факторов не оказывает влияния на общий ход биохимических процессов в реке, то есть река сохраняет способность к самоочищению. Напротив, если сезонный ход биогенных элементов нарушен или не прослеживается, можно утверждать, что экосистема реки не справляется с антропогенной нагрузкой, и количество биогенных элементов в воде, а, следовательно, и объем выноса определяются преобладающим в данном случае антропогенным фактором.

Биогенные вещества (рис. 3), содержащиеся в приустьевом створе р. Приморской, свидетельствуют о естественных сезонных процессах их поступления в водоем и потребления фитопланктоном, а также о влиянии антропогенных факторов различной направленности.

Азота аммонийного растворено в р. Приморской достаточно много. В ненарушенных водных экосистемах аммонийный азот в наибольших количествах встречается в вегетационный период. Увеличено содержание аммонийного азота в условиях недостатка кислорода, когда затруднены процессы нитрификации, в частности, в застойных, слабопроточных зонах. Зимой азота аммонийного растворено мало, так как в процессе нитрификации он весь переводится в нитраты. В реке Приморской выделенные закономерности нарушаются. Так отмечены два максимума в содержании аммонийного азота: весной, что естественно, а также в ноябре и декабре. Повышенные концентрации азота аммонийного в холодный период свидетельствуют о дополнительном источнике его поступления. Как правило, это органическое вещество в составе бытовых стоков или сельскохозяйственные стоки, содержащие ион аммония в составе комплексных минеральных удобрений. В условиях пониженного содержания кислорода и нехарактерно высокого значения перманганатной окисляемости в течение всего года, содержание азота аммонийного в воде определяется влиянием именно антропогенного фактора, усиливающегося при периодических подпорных явлениях.

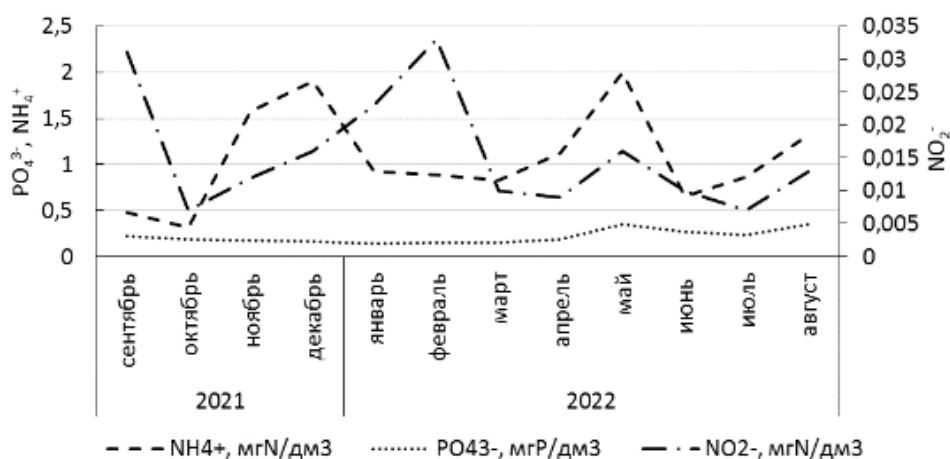


Рис. 3. Содержание биогенных веществ в устьевом створе реки Приморской в 2021-2022 гг.

Нитриты – промежуточное звено нитрификации. Они достаточно неустойчивы и быстро переходят в нитраты. Концентрация их в естественных условиях крайне мала. В течение года нитриты или не обнаруживаются, или содержатся в воде в очень малых количествах – тысячных долях мгN/дм³. Нитриты могут накапливаться в малых количествах на первых этапах массового отмирания живого вещества в водном объекте, то есть в теплую часть года. Зимой нитриты в воде обычно отсутствуют. В реке Приморской содержание нитритов крайне высокое в течение всего года. Больше всего нитритов растворено зимой, что указывает на неестественный (антропогенный) источник их поступления. Повышены нитриты также весной, несколько меньше их содержится в конце лета и осенью. Таким образом, естественный ход нитритов в устьевой части реки Приморской нарушен.

Фосфор – необходимый биогенный элемент для питания растений. Максимальное содержание фосфатов в незагрязненных водных объектах отмечается в конце зимы. Годовой минимум наблюдается в конце весны - начале лета, то есть в вегетативный период. В реке Приморской максимум фосфатов отмечен в весенне-летний период, минимум – в середине зимы. Таким образом, сезонный ход фосфатов в реке Приморской также нарушен.

Расчет выноса биогенных веществ рекой Приморской в море (таблица 1) показал следующее. Больше всего со стоком реки в море поступает азота аммонийного (82 % от общего рассчитанного выноса соединений азота и фосфора). На долю фосфора фосфатов приходится 16 %, а азот нитритов в общем выносе составляет не более 2%.

Сравнение результатов с данными, полученными ранее при комплексном исследовании малых рек в 1999 г. и 2010 г. [9, 17-19] позволяет заключить, что за исследованные периоды нагрузка на бухту Приморскую со стороны реки Приморской возрастает. При этом нагрузка увеличивается с ростом водности реки. По сравнению с 1999 годом вынос биогенных веществ со стоком реки Приморской увеличился в 2 раза для азота нитритного, в 20 раз для фосфора фосфатов и в 100 раз для азота аммонийного.

Таблица 1

Вынос биогенных веществ р. Приморской в Балтийское море

№ п/п	Год	Азот аммонийный, т	Азот нитритный, т	Фосфор фосфатов, т	Среднегодовой расход воды, м ³ /с
1	1999	0,4	0,01	0,1	0,390
2	2010	14,68	0,33	5,92	0,953
3	2021-2022	132,35	2,41	26,64	4,779

Можно заключить, что вынос биогенных веществ прямо пропорционален водности реки. Однако с учетом данных по сезонному ходу можно утверждать, что, не смотря на гидрометрические параметры реки, доля антропогенного загрязнения в общем выносе биогенных веществ основная. То есть, биогенная нагрузка на бухту Приморскую со стоком реки Приморской определяется именно уровнем антропогенного загрязнения реки.

Так еще в 1999 году гидрохимические особенности реки Приморской в приустьевом створе определялись уровнем загрязнений, поступающих со стоком хозяйственно-бытовых и производственных вод г. Приморска, сельскохозяйственных стоков (пос. Покровское), а также неисправных очистных сооружений пос. Кострово (р. Нельма). В верхнем течении р. Приморской вода была визуально чистая, светлая (от желтовато-буроватых до желтоватых оттенков) и прозрачная. Однако в приустьевом участке (в августе) отмечался цвет воды сероватых, белесых оттенков, иногда чувствовался запах сероводорода. Желтовато-бурые цвета характерны водам, содержащим значительное количество фито- и зоопланктона, взвешенных частиц и органических веществ, а также водам болотного происхождения. Серый цвет, как правило, свидетельствует о загрязнении коммунально-бытовыми стоками [1-3]. То есть, уже в 1999 году река Приморская в устьевой части испытывала повышенную антропогенную нагрузку.

Таким образом, проведенные исследования реки Приморской позволяют заключить следующее.

1. Вынос биогенных веществ малыми реками зависит не только от водности реки, но и от влияния комплекса природных и антропогенных факторов в бассейне и может из года в год значительно изменяться.

2. О вкладе антропогенного загрязнения в общую величину выноса биогенных веществ может косвенно говорить характер сезонного хода химических элементов в реке. Нарушенный сезонный ход свидетельствует о потере способности водотока к самоочищению, а значит существенному влиянию антропогенного фактора на общую направленность биохимических процессов в водах реки.

3. В устьевой части реки Приморской сезонный ход кислорода и биогенных элементов нарушен. С 1999 г. по 2022 г. вынос биогенных веществ возрос в 2 раза для азота нитритного, в 20 раз для фосфора фосфатов и в 100 раз для азота аммонийного. Водность реки также возросла – более чем в 10 раз. С учетом нарушенного сезонного хода можно утверждать, что в общем выносе биогенных веществ со стоком реки Приморской преобладает антропогенная составляющая.

4. Для объективной оценки биогенного стока в Балтийское море с территории Калининградской области необходимо вести комплексные гидролого-экологические наблюдения в замыкающих створах малых рек, ведь их суммарная биогенная нагрузка на Балтийское море может быть достаточно высока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берникова, Т.А. Вклад малых рек в загрязнение прибрежной зоны Балтийского моря / Т.А. Берникова, М.Н. Шибаева, М.Н., Андриенко, В.А. Шкицкий // XXI Междунар. науч. конф. (7-10 сент.): материалы. – Калининград, 2004. – С. 208-209.

2. Берникова, Т.А. Изучение нагрузки на Балтийское море, Вислинский (Калининградский) и Куршский заливы от малых рек Калининградской области / Т.А. Берникова, М.Н. Андриенко, М.В. Шибаева, В.А. Шкицкий // История океанографии: VII Междунар. конгресс по истории океанографии (8-12 сент.): материалы: в 2 ч. – Калининград: КГУ, 2004. – Ч. 2. – С. 396-401.

3. Берникова, Т.А. Малые реки Калининградской области: проблемы и возможные пути их решения / Т.А. Берникова, Н.А. Цупикова // Комплексное изучение бассейна Атлантического океана: сб. науч. трудов / под ред. В.В. Орленка. – Калининград: РГУ им. И. Канта, 2006. – С. 50-57.

4. Горбунова, Ю.А. Поступление биогенных веществ с водосборного бассейна реки Преголи в Вислинский залив / О.В. Горбунова // Вестник РГУ им. И. Канта. – 2010. – №. 1. – С. 87-93.

5. Географический атлас Калининградской области / под ред. В.В. Орленка. – Калининград: КГУ: ЦНИТ, 2002. – 276 с.

6. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2017 году». [Электронный ресурс]. – URL: <https://minprirody.gov39.ru/upload/iblock/f48/%D0%B3%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%9C%D0%9F%D0%A0%20%D0%9A%D0%9E.pdf> (дата обращения 08.09.2022 г.).

7. Н.Н. Нагорнова Гидрохимическая характеристика малых рек Калининградской области [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gidrogeohimicheskaya-harakteristika-malyh-tek-kaliningradskoy-oblasti> (дата обращения: 09.09.2022).

8. Река Приморская [Электронный ресурс]. – URL: https://istok39.ru/reka_primorskaya (дата обращения: 15.09.2022).

9. Нагорнова, Н.Н. Геоэкологическая оценка состояния малых водотоков Калининградской области: автореф. дис. ... канд. географ. наук: 25.00.36 / Нагорнова Надежда Николаевна. – Калининград, 2012. – 21 с.

10. Методические рекомендации по измерению расходов воды рек аэрометодами. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 134 с.

11. Гидрология. Лабораторный практикум и учебная практика / Т.А. Берникова [и др.]. – М.: Колос, 2008. – 303 с.

12. Привезенцев, Ю.А. Гидрохимия пресных водоемов (практическое пособие для рыбаков). / Ю.А. Привезенцев. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 118 с.

13. Алекин, О.А. Основы гидрохимии. / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 443 с.
14. Сборник рекомендаций Хельсинской комиссии. Справочно-методическое пособие. Спб., 2008. – 331 с.
15. Погода и Климат. Климатический монитор. Погода в Калининграде [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=26702> (дата обращения: 09.09.2022).
16. А.Н. Ширчкова/ Характеристика гидрохимических условий реки Приморской по наблюдениям в осенне-зимний период [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/harakteristika-gidrohimicheskikh-usloviy-reki-primorskoy-po-nablyudeniyam-v-osenne-zimniy-period> (дата обращения: 09.09.2022).
17. Tatiana A Bernikova, Maria N. Shibaeva, Vladimir A. Shkitsky Nadezhda A. Tsoupikova The Primorskaya River // Transboundary waters and basins in the South-East Baltic / ed. by B. Chubarenko/ - Kaliningrad: Terra Baltica, 2008. P. 88-96.
18. Bemikova T., Nagornova N., Tsoupikova N., Shibaev S. Environmental Features of Watercourses in the Kaliningrad Region. In: The Handbook of Environmental Chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg [Электронный ресурс]. - URL: https://doi.org/10.1007/698_2017_108 (дата обращения: 10.09.2022).
19. Берникова, Т. А. Нагрузка на Калининградский залив со стороны малых рек / Т. А. Берникова, М. Н. Шибаева, В. А. Шкицкий // Экологические и рыбохозяйственные аспекты изучения прибрежных зон морей и внутренних водоемов: сб. науч. тр. - Калининград: Изд-во КГТУ, 2003. - С. 63-69.

CARRIAGE OF BIOGENIC SUBSTANCES INTO THE BALTIC SEA BY THE PRYMORSKAYA RIVER

¹Shirchkova Anastasia Nikolaevna, student of KSTU

²Tsvetkova Nadezda Nikolaevna, PhD in Geographic sciences, Associate Professor

^{1,2}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹stunish1397@gmail.com; ²nagornova@klgtu.ru

The article presents the results of monitoring the hydrochemical composition of the waters of the small Prymorskaya River, which drains the south-west of the Sambia Peninsula in the Kaliningrad region. The characteristic of water quality is given, the removal of mineral forms of nitrogen and phosphorus with the river runoff into the Baltic Sea in 2021 is calculated. There is shown a comparison results of research held in 1999.