ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
(ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»)

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов

Мурманск, Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»
(«ПИНРО» им. Книповича), 9-10 октября 2025 г.

Издательство ВНИРО
Москва, 2025

УДК 574.55:502:517.088.1
С56

Редакционная коллегия:
Соколов К.М., к.б.н., председатель комитета, ВРИО руководителя Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО»;
Долгов А.В., д.б.н., главный научный сотрудник лаборатории гидробиологии Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО»;
Пестрикова Л.И., к.б.н., ученый секретарь Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО»;
Стесько А.В., к.б.н., начальник Центра водных биоресурсов Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО»;
Жилин А.Ю., к.б.н., начальник Центра экологического мониторинга Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО»;
Рольский А.Ю., к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории морских биоресурсов Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО»;
Трофимов А.Г., к.г.н., ведущий научный сотрудник лаборатории промысловой океанографии Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО».

С56 **Современные** проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса. Материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов: сборник научных тезисов // составитель – Трофимов А.Г. М.: Изд-во ВНИРО, 2025. 176 с.

Логотип конференции – Мария Норкина

© ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», 2025
© Соколов К.М., Долгов А.В., Пестрикова Л.И., Стесько А.В., Жилин А.Ю., Рольский А.Ю., Трофимов А.Г., 2025

ISBN 978-5-85382-584-0



Участникам XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса»

Уважаемые коллеги!

ГНЦ РФ «Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии» традиционно выступает организатором Международной научно-практической конференции, которая объединяет молодых исследователей рыбной промышленности и смежных сфер из разных регионов России и зарубежья.

В этом году конференция собрала более 60 участников. География мероприятия впечатляет: от Мурманска и Санкт-Петербурга до Москвы, Нижнего Новгорода, с Дальнего Востока – Камчатки, Сахалина, Владивостока, и с запада страны – Калининграда. Особенно приятно видеть представителей научного сообщества – студентов Китайской Народной Республики. В работе конференции активно участвуют представители Российской академии наук, профильных вузов Росрыболовства.

Современная наука создаёт прочную основу для стабильной и эффективной работы рыбной отрасли. Научные разработки и рекомендации позволяют рационально управлять ресурсной базой и сохранять запасы водных биоресурсов, а также обеспечивают устойчивое развитие промысла, аквакультуры и переработки.

Хочу особо отметить высокую практическую ориентированность представленных работ. Среди докладчиков – активные участники морских экспедиций, обладатели грантов в таких актуальных областях, как генетика и океанология. Реализуемые ими проекты не только вносят вклад в фундаментальную науку, но и имеют прямое прикладное значение: на основе этих данных уточняются запасы водных биоресурсов и проводится разведка для рыбопромышленников, что, в конечном счете, обеспечивает продовольственную безопасность нашей страны. Ряд разработок находит применение не только на внутреннем рынке, но и имеет перспективы обмена научными знаниями с зарубежными коллегами.

Молодое поколение ученых не только продолжает лучшие традиции, но и формирует задел для будущих открытий.

Нынешняя конференция, уверен, придаст импульс перспективным направлениям рыбохозяйственной науки – как в теоретическом, так и в прикладном измерении, а также откроет новые возможности для профессионального роста молодых специалистов.

Уверен, что многие из вас в ближайшее время достойно представят нашу отрасль на крупных российских и международных площадках, таких как V Конгресс молодых ученых, а также международные конференции в Китае и Японии.

Желаю вам успешной работы, драйва и значимых свершений!

Руководитель Федерального агентства по рыболовству,
кандидат экономических наук
Илья Васильевич Шестаков



Уважаемые участники конференции, коллеги и друзья!

2025 год продолжает традицию проведения конференции молодых ученых и специалистов рыбохозяйственной науки в одном из филиалов ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО». В этом году она проходит в Мурманске, на площадке нашего Полярного филиала – «ПИНРО» им. Н.М. Книповича.

Это настоящий праздник науки, на котором наша молодежь может представить научному сообществу результаты своих исследований, получить не только опыт публичных выступлений, но и справедливые замечания коллег.

Мы приветствуем здесь молодых ученых и специалистов отрасли, а также смежных направлений науки, студентов и аспирантов высших учебных заведений страны, зарубежных коллег, участвующих в режиме онлайн.

Уверен, что эта, тринадцатая по счету Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов, в полной мере будет соответствовать своему названию – «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса», содействовать росту научного потенциала отрасли и страны в целом, а ее результаты найдут практическое воплощение в нашей работе.

Привлечение молодежи в рыбохозяйственную науку, создание условий для реализации ее научных амбиций и карьерного роста – важнейшие цели молодежной политики ВНИРО. И это уже дает результаты. Многие из недавних молодых ученых – участников прошлых конференций, сейчас руководят научными коллективами, возглавляют департаменты в нашем институте.

Искренне желаю всем участникам международной конференции ВНИРО успехов, новых открытий, впечатлений и контактов, уверенности в своих силах и удачи во всех начинаниях!

Директор ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»,
доктор экономических наук, доцент
Кирилл Викторович Колончин



Уважаемые коллеги, дорогие гости XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса»!

XIII конференция молодых ученых и специалистов проходит в Мурманске – родном портовом городе для тысяч рыбаков. Для нас большая честь приветствовать на Кольской земле ведущих ученых прикладной и академической науки, организаций высшего образования, а также представителей рыбопромышленного комплекса. Ваше присутствие на конференции – свидетельство неослабевающего интереса к ключевым проблемам изучения и освоения морских и пресноводных водных биоресурсов Российской Федерации, а также высочайшей оценки роли нашей организации как флагмана рыбохозяйственной науки на Европейском Севере России.

Тематика конференции охватывает широчайший спектр проблемных вопросов. В фокусе внимания участников находятся не только традиционные, но и новые вызовы, стоящие перед отраслью.

Особо отмечаем усилия в подготовке докладов конференции и присутствие здесь молодых ученых, аспирантов и студентов. Ваша энергия, свежий взгляд на проблемы и нестандартное мышление – это тот драйвер, который позволяет прикладной науке динамично развиваться, не останавливаясь на достигнутом. Для вас эта конференция – прекрасная площадка для того, чтобы представить свои первые результаты, получить ценные советы от опытных ученых и найти единомышленников для продолжения работы.

Уверен, что в ходе наших дискуссий и обмена мнениями появится не только множество конструктивных идей, но и будут намечены новые векторы совместных исследований. Наука – это всегда диалог, и сегодня мы постарались создать для него все условия.

Хочу выразить искреннюю благодарность всем, кто принял активное участие в подготовке этого форума: организаторам, членам программного комитета, а также авторам докладов, чей самоотверженный

труд в море, на пресноводных водоемах, предприятиях аквакультуры и в лабораториях наполнил нашу конференцию конкретным и важным содержанием.

Желаю участникам конференции плодотворной работы, интересных и содержательных дискуссий, новых открытий и полезных контактов. Пусть дни нашей конференции будут наполнены вдохновением и послужат укреплению профессионального сообщества во имя процветания рыбохозяйственной науки и устойчивого использования богатств наших водоемов.

ВРИО руководителя Полярного филиала
ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»
Константин Михайлович Соколов

UDC 504.054+594.124

Analysis of the Impact of Microplastic Pollution on the Virus-Mediated Toxicological Responses in Bivalve Mollusks

Haiping Ma, Xiangli Dong

National Engineering Research Center for Marine Aquaculture, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, China
e-mail: mahaiping1207@zjou.edu.cn

Microplastics (MPs) pollution is increasingly recognized as a major threat to marine ecosystems, yet its role as a vector for viral communities remains insufficiently understood. In this study, the *Mytilus coruscus* (*M. coruscus*) was used as a model to investigate the impact of biofilm-forming polyethylene (PE) MPs on viral functional genes in the digestive gland. Metagenomic analyses revealed that viral-associated genes were predominantly enriched in core pathways, including carbon metabolism, nucleotide metabolism, amino acid biosynthesis, and the biosynthesis of cofactors and secondary metabolites. Distinct functional features were observed among different sources: MPs biofilms were enriched in pathways related to peptidoglycan biosynthesis, amino sugar metabolism, and drug metabolism, reflecting adaptations for colonization and environmental resilience. By contrast, the digestive gland of mussels exposed to biofilm-bearing MPs showed significant enrichment in nucleotide metabolism, homologous recombination, and lipid-associated pathways, indicating a shift toward genetic information processing and viral replication. Collectively, these results demonstrate that MPs exposure drives the systematic reprogramming of viral functional genes through the remodeling of metabolic and regulatory pathways, thereby highlighting the potential biological risks of MPs in marine ecosystems.

UDC 594.124

The Influence of Signaling Pathways on the Growth Cycle of *Mytilus coruscus*

Xinyu Zhao, Xiangli Dong

Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Zhejiang Province, China
e-mail: dongxiangli@zjou.edu.cn

As a characteristic and dominant shellfish species in Zhoushan, Zhejiang Province, *Mytilus coruscus* exhibits remarkable adaptability to the environment. In terms of edibility, *M. coruscus* boasts extremely tender and smooth-textured meat, providing consumers with a delightful taste experience. Nutritionally, it is rich in various essential nutrients for the human body, such as abundant proteins, unsaturated fatty acids, minerals like calcium, iron, and zinc, as well as multiple vitamins, making it an excellent source of ingredients for a balanced diet. Meanwhile, *M. coruscus* also has significant medicinal value. Its meat can be used in traditional Chinese medicine, with the effects of tonifying the liver and kidneys, nourishing yin and suppressing wind. In the industry, its core advantages are evident: the diversity of nutrients meets the health needs of different consumer groups; its strong ecological adaptability reduces environmental risks during the aquaculture process; its rapid growth rate shortens the breeding cycle and improves aquaculture efficiency; the high yield per unit area means more output can be obtained within a limited farming space; and the low cost of farming management further enhances economic benefits. Moreover, *M. coruscus* plays a positive role in improving the aquatic ecosystem. By filtering and feeding on tiny organisms and organic debris in seawater, it helps purify water quality, maintain marine ecological balance, and contribute to the stable development of the entire marine ecological environment.

Despite the promising prospects of the *M. coruscus* industry, its current development is confronted with multiple bottlenecks. Long-term inbreeding and extensive farming practices have led to the degradation of germplasm resources, with increasingly prominent issues such as smaller individual sizes and weakened disease resistance. In some sea areas, the excessive pursuit of scale benefits has resulted in aquaculture densities far exceeding the environmental carrying capacity, triggering a series of reactions including water eutrophication and decreased dissolved oxygen levels. The low coverage rate of mechanized and intelligent equipment in the production process, coupled with heavy reliance on manual labor, severely restricts industrial efficiency. The ecological environment in aquaculture areas continues to deteriorate, with frequent occurrences of red tides and diseases threatening production stability. Additionally, the single-dimensional product structure and intense homogeneous competition seriously impede the sustainable development of the industry. Faced with this scenario where opportunities and challenges coexist, the cultivation of a new generation of superior *M. coruscus* strains is extremely urgent. The breeding of new varieties focuses on core objectives such as optimizing meat flavor, improving shell shape and color, enhancing stress and disease resistance, increasing nutritional content, and shortening the growth cycle. These efforts aim to break through the germplasm and technological barriers hindering industrial development. This initiative not only precisely meets the urgent demand of aquaculture farmers for high-yield and high-quality seedlings but also drives the entire industry towards a more refined

and high-end transformation. Through the implementation of the germplasm innovation strategy, it is expected to reshape the competitive advantages of the industrial chain, activate new drivers for the coordinated development of the ecological and economic sectors, and propel the *M. coruscus* industry into a new stage of high-quality development.

The mitogen-activated protein kinase (MAPK) cascade, serving as a central hub in the cell signaling transduction pathway, exhibits a high degree of conservation during the process of evolution. This sophisticated signaling system relies on a three-tiered phosphorylation cascade amplification mechanism (MAPKKK → MAPKK → MAPK), enabling it to effectively integrate and transmit diverse extracellular stimuli, including growth factors (such as epidermal growth factor, platelet-derived growth factor), pro-inflammatory cytokines (such as interleukin-1β, tumor necrosis factor-α), and carcinogenic initiators. Once activated, MAPK promptly translocates into the nucleus, where it phosphorylates key transcription factors (such as C-Myc, C-Jun, ATF2), thereby achieving precise regulation of fundamental biological processes such as cell proliferation, differentiation, cell cycle control, and embryonic development. However, current research on the MAPK signaling axis in mollusks like *M. coruscus* remains in its infancy, especially regarding the specific mechanisms by which it regulates species-specific physiological processes.

In-depth exploration of growth-related genes and their molecular regulatory mechanisms not only contributes to enriching the basic theoretical knowledge in the field of life sciences but also holds potential application value in multiple disciplinary areas. In recent years, whole-transcriptome sequencing technologies represented by RNA-seq have witnessed rapid development and become important tools for deciphering biological transcriptomes. These technologies have achieved a series of breakthroughs in research on plants, animals, and mammals. As an important economic shellfish in China, *M. coruscus* occupies a crucial position in the aquaculture industry. Nevertheless, current research predominantly focuses on its larval development stage, and there is a relative scarcity of exploration into the genetic basis of size differences among individuals and strategies for shortening the growth cycle at the molecular level. Although some progress has been made in studying growth-related genes using vertebrate and insect models, there are still numerous research gaps in the identification and functional analysis of genes regulating development in mollusks such as *M. coruscus*.

To address these research deficiencies, this study selected six *M. coruscus* individuals with biological replicates that grew under the same aquaculture environment and collected foot tissue samples. The foot, as a highly metabolically active part closely related to movement and byssus formation, can effectively reflect the gene expression characteristics associated with growth. By conducting whole-transcriptome sequencing and combining bioinformatics analysis methods, we systematically screened signaling pathways significantly associated with growth phenotypes. The research focused on key signaling pathways that are highly conserved in evolution and involved in regulating protein synthesis and cell proliferation, and we used real-time quantitative PCR (RT-qPCR) technology to verify the expression of the selected key genes. This study aims to reveal the dynamic expression patterns of genes in related signaling pathways during the growth and development of *M. coruscus*, analyze the molecular regulatory network behind size differences among individuals, and ultimately construct a theoretical model and establish a target gene database, providing a solid theoretical basis and data support for the genetic improvement of growth traits in bivalves.

УДК 639.371.7

Выращивание клариевого сома в УЗВ как перспективного объекта аквакультуры Мурманской области

А.В. Абрашкина, А.В. Абрашкин, П.П. Кравец

ФГАОУ ВО «МАУ», г. Мурманск
e-mail: sascha_s1996@mail.ru

Актуальность исследования выращивания объектов тепловодной аквакультуры в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) в условиях Мурманской области обусловлена значимостью направления для развития аквакультуры региона. Географическое положение области характеризуется суровыми климатическими условиями, что создает предпосылки для внедрения современных технологий аквакультуры, позволяющих преодолеть природные ограничения и обеспечить круглогодичное производство высококачественной рыбной продукции. В данной работе рассматривается клариевый сом (*Clarias gariepinus*) как перспективный объект аквакультуры. Сом распространен на большей части Африки, а также на Ближнем Востоке – в Иордании, Ливане, Израиле и Турции. Первые работы по искусственному воспроизводству объекта, выращиванию и формированию эффективной технологии разведения датируются началом 1970-х годов. Эксперименты проводили в Танзании, Замбии, Кении и других странах Африки. До 1975 г. опыты искусственного воспроизводства успеха не имели. Существенным прорывом стали исследования по стимуляции сома гипофизами карповых. С помощью инъектирования было получено первое потомство, что позволило этому направлению развиваться значительно более интенсивно.

Завоз клариевого сома в Россию пришелся на период общего экономического спада в стране, когда в связи с подорожанием энергоносителей (нефть, газ, уголь) резко сократилось количество рыбоводных хозяйств, температурные условия которых позволяли работать с объектами тепловодной аквакультуры. В России первым сомоводческим предприятием стал опытно-промышленный рыбоводный цех Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК). В 1994 г. из Нидерландов была поставлена партия мальков клариевого сома из 150 особей средней массой 0,04 г. Использовали собственную схему подращивания. Отобранные в ремонтное стадо особи сома содержали в сменной воде при температуре 24–25 °С и концентрации растворенного кислорода 4–6 мг/л. Как только особи достигали половой зрелости, их разделяли по половому признаку и содержали раздельно. В декабре 1994 г. производителей проинъектировали препаратами гипофизов карпа и получили первое потомство. Работы, проведенные рыбоводным цехом НЛМК, дали старт коммерческому выращиванию клариевого сома, и примерно с 2010 г. началось массовое распространение технологии по территории России.

Сегодня эту рыбу успешно выращивают как в южных регионах страны (Кубань, Астраханская область), так и в более северных (Санкт-Петербург, Карелия, Коми, Архангельская область), где возможности УЗВ-технологии позволяют проводить круглогодичное выращивание.

Цель работы – освоить технологию выращивания клариевых сомов до товарного размера в условиях Мурманской области на базе УЗВ Мурманского арктического университета (МАУ) при поддержке Фонда содействия инновациям.

При поиске поставщика рыбопосадочного материала были рассмотрены 5 предприятий: НПК «Омега-Про» (г. Химки); ООО «Агрофирма «Липецк» (г. Липецк), рыбное хозяйство Somoff (г. Санкт-Петербург), рыбохозяйства в городах Пенза и Октябрьский. Длительность транспортировки играет одну из ключевых ролей при выборе питомника, так как долгая перевозка может негативно сказаться на выживаемости малька. В итоге в июле 2024 г. рыбопосадочный материал (500 шт.) приобрели в рыбном хозяйстве «Somoff» (г. Санкт-Петербург, Красное Село). Данное хозяйство специализируется на разведении клариевого сома и молоди форели и имеет развитую инфраструктуру для производства высококачественного посадочного материала. Транспортировку осуществляли в двух канистрах из пищевой пластмассы емкостью 50 л. Малек не питался за 1 сут до отправки и весь период транспортировки железнодорожным транспортом.

Сразу после доставки в Мурманск малька высаживали в карантинный бассейн аквакомплекса университета для санитарной передержки. Общий объем отхода за период транспортировки составил 8 %. В карантинном бассейне малька содержали 1 мес., затем пересаживали в УЗВ.

Мониторинг гидрохимического режима в УЗВ проводили еженедельно. В ходе всего периода исследования суммарная концентрация аммиака и ионов аммония варьировала от 2,56 до 18,3 мг/л, нитратов – от 5,23 до 10,51 мг/л и нитритов – от 0,02 до 1,32 мг/л.

В процессе выращивания малька клариевого сома его взвешивали, начальная масса была 17,4 ± 4,9 г. Через 90 дней (в октябре 2024 г.) она достигла 252,0 ± 50,6 г, прирост варьировал от 2 до 3 г/сут, что соответствует литературным данным. Коэффициент массонакопления снижался по мере увеличения массы от 0,172 до 0,076. Особи с большей начальной массой имели и большую скорость роста. Смертность рыб, вызванная каннибализмом, составила до 10 %, гибель от иных причин: прыжки из бассейна – до 2 %, заболевания неизвестной этиологии – до 22 %, оценка показателей интерьера, не представленная в данной работе, – 36 %.

В марте 2025 г. в бассейнах УЗВ МАУ содержалось 134 особи клариевого сома (68 самок, 66 самцов). Масса самок варьировала от 1,2 до 1,65 кг, самцов – от 0,66 до 0,83 кг. В условиях аквакомплекса МАУ первое потомство клариевого сома было получено в марте 2025 г., когда возраст производителей составил 9 мес.

Выращивание клариевого сома в установках замкнутого водоснабжения в условиях Мурманской области позволило оценить его перспективы как нового объекта аквакультуры для развития данного направления в регионе. Полученные результаты исследования могут быть использованы как для дальнейшего развития теоретических основ аквакультуры, так и для практической реализации проектов по выращиванию клариевого сома в условиях замкнутого водоснабжения в северных регионах России.

УДК 664.38

Получение и использование структурированного гидролизата из субпродуктов обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)

Н.К. Александров, Д.Л. Альшевский, Ю.Н. Коржавина, М.П. Белова

ФГБОУ ВО «КГТУ», г. Калининград
e-mail: nikesha98@mail.ru

Согласно данным ФАО («Fish to 2030: prospects for fisheries and aquaculture»), в 2022 г. мировой объем продукции аквакультуры впервые превзошел рыболовный промысел, составив 94,4 млн т против 91 млн т. Такое изменение в рыбном хозяйстве не может не отразиться на отечественном рыбопромышленном комплексе. По данным Федерального агентства по рыболовству («Итоги деятельности Федерального агентства по рыболовству в 2024 году и задачи на 2025 год»), в России за последние 5 лет объем аквакультуры вырос на 33,1 %, составив в 2024 г. 380,6 тыс. т, при этом к 2030 г., по распоряжению Правительства РФ от 08.09.2022 № 2567-р, этот показатель должен быть 618 тыс. т. Наиболее распространенными объектами аквакультуры в настоящее время в России являются лососевые, карповые, растительноядные и осетровые рыбы.

Ассоциация рыбоводов России «Росрыбхоз» отмечает необходимость популяризации продукции из карпа и новые подходы к ее реализации. В связи с этим возникает проблема неэффективной переработки вторичных продуктов разделки рыбы, в том числе с получением продукции высокой добавленной стоимости.

К вторичному рыбному сырью относятся субпродукты, которые, согласно ГОСТ 34884-2022, включают в себя головы, приголовные и прихвостовые части, кости, плавники и т.д. в ходе разделки. Данное сырье имеет пищевую ценность ввиду наличия соединительнотканных белков и минеральных веществ, однако требует особых методов переработки для перевода компонентов в усвояемый человеком вид. Перспективным способом такой переработки является ферментативный гидролиз сырья, позволяющий получать биоактивные аминокислоты и пептиды в пригодной для пищевых целей форме. Полученные таким образом гидролизаты обладают биотехнологической и физиологической значимостью за счет антиоксидантных свойств, что делает целесообразным вовлечение вторичного рыбного сырья в процесс изготовления новых пищевых компонентов.

В рамках исследований из субпродуктов обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), включая головы, приголовную часть, хвосты и плавники, получен ферментативный гидролизат. Показана целесообразность использования ферментного препарата «Протозим» (комплекс протеаз микробиального происхождения) для гидролиза измельченных голов, хвостов и плавников, смешанных с равной массой воды, в количестве 0,05 % к массе смеси сырья и воды. Вместе с тем интенсивность гидролиза достигается тем, что до внесения фермента в смеси в течение 25 мин поддерживалась температура 85 °С, в момент внесения препарата и при гидролизе продолжительностью 3 ч температура составляла 60 °С. По завершении процесса инактивацией фермента (при 90 °С) и удаления твердого

остатка получается жидкий гидролизат, содержащий аминный азот в количестве 74,6 мг на 100 г.

В жидком виде гидролизат применим в пищевой продукции ограниченно, поэтому дальнейшая переработка подобных гидролизатов заключается или в их высушивании до порошкообразного состояния, или в структурировании полисахаридами. В настоящем исследовании вторым методом получены образцы структурированного гидролизата из жидкого гидролизата субпродуктов карпа. В качестве структурообразователя использовалась многофункциональная смесь КФ СТАБИПРО ФЭТ, состоящая из альгината натрия, сульфата кальция и пирофосфата натрия. Определено, что концентрация распределенного в гидролизате структурообразователя напрямую влияет на его физические и реологические свойства. Оптимальная концентрация многофункциональной смеси в структурированном гидролизате – 4 %, поскольку при данном количестве достигается равномерная плотная структура образца, устойчивая к нагреву. Меньшее количество смеси требует более длительного времени на структурирование, а при 2 %-ной концентрации и ниже образец не способен выдержать воздействия температуры свыше 80 °С, теряя форму. При необходимости, внося более 4 % смеси, можно интенсифицировать производственный процесс и повысить прочностные свойства структурированного гидролизата.

Для обоснования использования структурированного гидролизата в пищевой продукции получена опытная партия рыбных колбас и формованных рыбных хлебов с его внесением в виде равномерно распределенных в фарше измельченных кусочков. В состав структурированного гидролизата в зависимости от рецептуры дополнительно входили или паприка, или ферментированный рис в количестве 0,4 %, вносимые при изготовлении совместно с многофункциональной смесью. Благодаря этому структурированный гидролизат вместо серо-коричневого невзрачного цвета приобретал оттенки красного, что улучшило рисунок на разрезе изделия. Полученные образцы изделий обладали высокими органолептическими характеристиками.

Таким образом, по результатам настоящих исследований показана возможность использования вторичного сырья разделки карпа для получения структурированного гидролизата, который может найти применение в качестве пищевого компонента формованных рыбных изделий. Определены режимы гидролиза и оптимальная концентрация многофункциональной смеси при изготовлении структурированного гидролизата; предложено внесение ферментированного риса или паприки для улучшения его цветовых свойств; показана возможность получения формованной рыбной продукции с использованием структурированного гидролизата.

УДК 574.587

Некоторые особенности распределения донной фауны бухты Восточная острова Рикорда (залив Петра Великого, Японское море)

А.Д. Андрюшина[1, 2]

[1]Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток
[2]Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток
e-mail: alexandra.andryushina@tinro.vniro.ru

Изучение макробентоса мягких грунтов залива Петра Великого имеет вековую историю, однако прибрежная зона с глубинами до 20 м охвачена дночерпательными съемками все еще слабо. Это касается и островной зоны арх. Императрицы Евгении. Данный архипелаг вытянут от п-ова Муравьёва-Амурского с севера на юг и является естественной границей между Амурским и Уссурийским заливами. Представлен пятью крупными о-вами Русский, Попова, Рикорда, Рейнеке и Шкота, а также парой десятков малых островов. К настоящему времени наибольшее количество публикаций посвящено бентосу акваторий вблизи крупных о-вов Русский и Попова, тем не менее акватории прочих островов практически не исследованы.

Цель работы – описать состав, структуру и особенности распределения макробентоса мягких грунтов бухты Восточная о-ва Рикорда (залив Петра Великого).

Полузакрытая бухта Восточная вдается на 0,9 км в юго-восточный берег о-ва Рикорда. Ширина между ее входными мысами составляет 1,43 км. Площадь водного зеркала равна 0,97 км^2. Бухта укрыта от западных и северо-западных ветров, но обращена на восток, в открытое море, вследствие этого для нее характерна высокая волновая нагрузка, даже в тихую погоду здесь ощутима зыбь. Бухта достаточно глубоководная, глубина в центральной части достигает 19 м. По направлению к северо-западному берегу глубины уменьшаются постепенно, к бортам бухты – более резко. Донные отложения на большей части акватории песчаные и илисто-песчаные, вдоль бортов наблюдаются выходы коренных пород, валунно-глыбовые навалы и галечники. В бухту впадает несколько ручьев.

Материал собран сотрудниками ТИНРО 31 августа 2023 г. с борта моторного катера. Всего выполнено 15 дночерпательных станций в диапазоне глубин от 6,0 до 21,5 м по заранее спланированной сетке станций. На каждой из станций с помощью дночерпателя Ван Вина (площадь захвата – 0,1 м^2, глубина отбора пробы – 0,1–0,25 м) производился отбор трех количественных проб макробентоса. Гранулометрический состав проб оценивали визуально, а затем промывали в гидробиологическом сите с ячеей 1х1 мм, после чего фиксировали 4 %-ным раствором формалина для последующей камеральной обработки. В лабораторных условиях бентосные пробы повторно промывали проточной водой, изымали из них всех животных, проводили сортировку и видовую идентификацию, подсчитывали и после обсушивания на фильтровальной бумаге взвешивали на электронных весах с точностью до 0,001 г. Полученные параметры обилия пересчитывали

на 1 м^2 площади дна. Расчет тотальной биомассы макробентоса осуществляли в ГИС MapInfo Professional методом диаграмм Воронова (полигонов Тиссена), построенных для каждой станции. При расчете биомассы кормового бентоса не учитывали крупных Bivalvia и Gastropoda с размером раковины более 50 мм, а также Asteroidea.

В пределах обследованного участка мягких грунтов бухты Восточная макробентос был представлен только беспозвоночными животными, растительность отсутствовала. Всего было идентифицировано 33 вида, а также 11 таксонов на уровне рода и 11 на уровне семейства из 18 таксономических групп. Наибольшее число таксонов отмечено у Polychaeta (18) и Bivalvia (14). Чаще других встречались 8 видов многощетинковых червей – *Glycera capitata* (частота встречаемости 100 %), *Spiophanes uschakowi* (100 %), *Goniada maculata* (80 %), *Scoloplos armiger* (80 %), *Scalibregma inflatum* (67,7 %), *Lumbrineris* sp. (60 %), *Chaetosone setosa* (53,3 %) и *Maldane sarsi* (40 %), а также по одному виду равноногих ракообразных – *Tecticeps glaber* (46,7 %), брюхоногих моллюсков *Philine* sp. (40 %), двустворчатых моллюсков *Acila insignis* (53,3 %), морских звезд *Patiria pectinifera* (40 %) и офиур *Amphiodia fissa* (67,7 %). На одной станции одновременно попадалось от 7 до 20 видов. Наибольшее видовое разнообразие отмечено на выходе из бухты на илисто-песчаном грунте, наименьшее – в кутовой северо-восточной части на крупном песке.

Донные животные были распределены неравномерно при разбросе значений биомассы от 36,2 до 244,3 г/м^2 и плотности поселения от 253 до 33487 экз./м^2. На большей части бухты (66,7 % от общей площади дна) показатели биомассы превышали 100 г/м^2, плотность поселения больше 8 тыс. экз./м^2 занимала 73,3 % площади. Повышенные биомассы (более 200 г/м^2) макрозообентоса наблюдались компактно в центральной и северо-восточной частях бухты в диапазоне глубин 12,5–16,0 м, плотности поселения (более 20 тыс. экз./м^2) – на двух разобщенных небольших пятнах в центральной и северо-западной частях бухты на глубинах 8 и 11 м соответственно. Пятнистый тип распределения беспозвоночных обычно связывают с неоднородностью условий обитания и количеством доступной пищи. Средняя биомасса макрозообентоса составила 142,79 ± 18,14 г/м^2, плотность поселения – 12387,6 ± 2271,8 экз./м^2. По сравнению с другими бухтами залива Петра Великого, средняя биомасса бухты Восточная соответствует среднему значению, а средняя плотность поселения – максимальной величине.

Ключевую роль в формировании общей биомассы бентосного населения играли Polychaeta (66,1 % от общей биомассы) и Asteroidea (13,0 %), на отдельных станциях заметными также были Bivalvia (6,8 %), Ophiuroidea (5,4 %), Gastropoda (3,8 %) и Isopoda (1,0 %), в формировании численности – только Polychaeta (98,5 %). На уровне видов наиболее весомый вклад в распределение биомассы среди многощетинковых червей вносили *S. uschakowi*, *Lumbrineris* sp., *S. inflatum* и *M. sarsi*, морских звезд – *P. pectinifera*, двустворчатых моллюсков – *Mactra chinensis*, офиур – *A. fissa*, брюхоногих моллюсков – *Cryptonatica jantostoma,* равноногих ракообразных – *T. glaber*. Численность была сформирована преимущественно за счет *S. uschakowi*. Характер локализации полихет данного вида четко соответствовал общему распределению численности макрозообентоса. Выявленные нами массовые скопления *S. uschakowi* с плотностью поселения до 31439 экз./м^2 в прибрежной зоне залива Петра Великого прежде никогда не фиксировались. Связано

это может быть со вспышкой его численности на фоне увеличения содержания органического вещества в данной бухте.

Общая биомасса макрозообентоса в бухте Восточная на площади 1,01 км^2 оценена в 149,4 т. Основное значение имели Polychaeta (особенно *S. uschakowi* – 63,81 т), Asteroidea, Bivalvia и Ophiuroidea, суммарно составившие 91,5 % от общей величины. Биомасса кормового бентоса – 119,4 т. Преобладающими кормовыми объектами выступают Polychaeta (80,8 %).

Таким образом, в августе 2023 г. в составе макрозообентоса мягких грунтов бухты Восточная зарегистрировано 33 вида беспозвоночных, 11 таксонов на уровне рода, а также 11 на уровне семейства из 18 таксономических групп. Более половины из них формировали Polychaeta (18) и Bivalvia (14). Общее распределение донной фауны оказалось очень неравномерным. Участки с повышенной биомассой (более 200 г/м^2) и численностью (более 20 тыс. экз./м^2) были пространственно разобщены между собой. Основу характера распределения биомассы определяют 9 видов из 6 категорий бентоса: Polychaeta (*S. uschakowi*, *Lumbrineris sp.*, *S. inflatum* и *M. sarsi*), Asteroidea (*P. pectinifera*), Bivalvia (*M. chinensis*), Ophiuroidea (*A. fissa*), Gastropoda (*C. janthostoma*) и Isopoda (*T. glaber*), численности – только Polychaeta (*S. uschakowi*). Средняя биомасса макрозообентоса бухты Восточная находилась на уровне 142,79 ± 18,14 г/м^2, плотность поселения – 12387,6 ± 2271,8 экз./м^2. На долю кормового бентоса пришлось 79,9 % от общей биомассы, что является высоким значением.

УДК 574.5+(581.19:582.5)

Межгодовая изменчивость метаболома *Nuphar lutea* (L.) Sm. (Nymphaeaceae) в озере Кузнечное

В.В. Аникина [1, 2]

[1]Санкт-Петербургский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга»), г. Санкт-Петербург
[2]ФГБУН «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН», г. Санкт-Петербург
e-mail: vapity94@mail.ru

Впервые проведено хромато-масс-спектрометрическое исследование эфирного масла кубышки желтой (*Nuphar lutea* (L.) Sm.), произрастающей в оз. Кузнечное на территории Ленинградской области на Карельском перешейке на пике развития растения в фазу цветения и плодоношения в 2020 и 2021 гг., в целях изучения межгодовой изменчивости компонентного состава низкомолекулярных органических соединений (НОС) и оценки возможности использования ее низкомолекулярного метаболома (НМ) для индикации экологического состояния водоемов. Приведены лимнологические характеристики водоема в месте произрастания кубышки желтой. Основной исследовательский метод работы – газовая хромато-масс-спектрометрия (ГХ-МС). Выявлено, что при изменяющихся условиях среды обитания в разные годы, в том числе в зависимости от определенного биотического окружения (фитопланктон) и абиотических факторов, растения способны синтезировать различное число НОС. Снижение трофического статуса озерной экосистемы и уменьшение развития цианобактерий как доминирующего компонента фитопланктона приводит к значительному увеличению содержания всех групп компонентов в НМ кубышки желтой. Изменчивость НМ кубышки желтой может служить индикатором стабильности/изменения состояния водной экосистемы. Выявленные у *N. lutea* из оз. Кузнечное, типичного для Карельского перешейка, высокие количественные показатели содержания НОС, особенно веществ-аллелохемиков, позволяют рассматривать кубышку желтую, произрастающую в озерах перешейка, в качестве недоиспользуемого природного ресурса ценных НОС, имеющих потенциал разнопланового хозяйственного применения.

УДК 593.73

Распределение массовых видов медуз летом 2025 г. в северо-западной части Тихого океана

Е.Д. Антоненко

Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток
e-mail: elizaveta.antonenko@tinro.vniro.ru

Медузы имеют большое значение в морских экосистемах. В качестве неотъемлемой части трофической цепи они являются как хищниками, так и жертвами, а их численность и распределение могут служить показателями климатических изменений. В последние годы изучение желетелого планктона приобретает все большую актуальность в связи с тем, что увеличение численности медуз может оказывать негативное влияние на состояние рыбных запасов и промысел. Исследуемые в данной работе массовые виды кишечнополостных представляют собой крупных потребителей зоопланктона, что делает их прямыми трофическими конкурентами промысловых рыб-планктофагов. Они могут конкурировать с рыбой за пищу, потребляют икру и молодь, и при вспышках численности препятствуют полноценному промыслу, забивая рыболовные сети, что приводит к негативным экономическим последствиям.

Цель настоящей работы – показать особенности распределения массовых видов желетелого зоопланктона летом 2025 г. в эпипелагиали северо-западной части Тихого океана.

В основу работы положены материалы комплексной учетной траловой съемки, выполненной в начале лета на научно-исследовательском судне «ТИНРО» в северо-западной части Тихого океана. В качестве орудия лова использовался разноглубинный канатный трал 80/396 м с мелкоячейной (дель 10 мм) вставкой в кутце.

В результате проведения пелагической съемки летом 2025 г. был определен видовой состав и даны количественные характеристики медуз, встречающихся в рассматриваемой акватории. Всего в уловах разноглубинного трала было отмечено 6 видов сцифомедуз: *Chrysaora melanaster*, *Phacellophora camtshchatica*, *Aurelia limbata*, *Aurelia aurita, Aurelia labiata, Cyanea capillata*, а также гидромедузы *Aequorea* sp. и *Calycopsis nematophora*.

Среди всех видов желетелого планктона наиболее часто наблюдались и доминировали по численности и биомассе 3 вида – *Chrysaora melanaster, Phacellophora camtshchatica, Aequorea* sp. В 2025 г. по биомассе абсолютно преобладала *Chrysaora melanaster*, ее доля среди всех медуз составила 81,7 %, в то время как доля *Aequorea* sp. не превышала 10,7 %, доля *Phacellophora camtshchatica* – 6,6 %.

Область распределения сцифомедузы *Chrysaora melanaster* охватывала почти всю зону, на которой проводилась учетная съемка (тихоокеанские Южно-Курильская, Северо-Курильская промысловые подзоны и прилегающие открытые воды северо-западной части Тихого океана). Частота встречаемости данного вида в уловах составила 93 %, наиболее плотные скопления медуз обнаруживались в открытых океанских водах южных Курильских о-вов. Плотность уловов была

отмечена в пределах от 1,5 до 9035 кг/км^2 при среднем значении на результативное траление 1078,5 кг/км^2. Размерный состав хризаоры в результате выполненной пелагической съемки включал особей с диаметром купола от 8 до 51 см (в среднем 25,1 см).

Вторыми по численности были гидроидные медузы рода *Aequorea*, частота их встречаемости составила 85 %. Плотность распределения биомассы была в пределах от 2,1 до 1122,7 кг/км^2. Средняя биомасса по всей исследованной акватории составила 157,1 кг/км^2. В уловах встречались особи с диаметром купола от 8 до 29 см, средняя длина 16,8 см.

Третьим доминирующим видом являлась *Phacellophora camtshchatica*. Частота ее встречаемости составила 76 %. Плотность уловов данного вида была в диапазоне от 2,4 до 782,4 кг/км^2 при среднем значении на результативное траление 104,8 кг/км^2. Диаметр купола фацеллофоры варьировал от 7 до 52 см, средняя длина 17,04 см.

Общая биомасса всего желетелого планктона летом 2025 г. была оценена в 1347,9 тыс. т, численность – в 4054,53 млн экз. Численность и биомасса медуз *Chrysaora melanaster* составили 1036,2 млн экз. и 1101,3 тыс. т соответственно, фацеллофоры – 228,52 млн экз. и 89,75 тыс. т, эквореи – 465,8 млн экз. и 144,8 тыс. т.

В 2024 г. доминирующими видами по численности и биомассе также являлись медузы *Chrysaora melanaster, Phacellophora camtshchatica* и *Aequorea* sp. Частота встречаемости хризаоры составила 68 %, эквореи – 56 %, фацеллофоры – 59 %.

Плотность уловов медуз *Chrysaora melanaster* была в пределах от 19,9 до 3479,7 кг/км^2 при среднем значении на результативное траление 846,9 кг/км^2.

Плотность распределения биомассы эквореи находилась в диапазоне от 3,5 до 1691,1 кг/км^2. Средняя биомасса по всему району исследований 151,4 кг/км^2.

Плотность уловов у *Phacellophora camtshchatica* варьировала от 1,4 до 804,7 кг/км^2 при среднем значении на результативное траление 86,6 кг/км^2.

Суммарная биомасса медуз в период выполнения пелагической траловой съемки летом 2024 г. составила 792,02 тыс. т, численность – 4405,6 млн экз. Численность и биомасса хризаоры оценены в 726,5 млн экз. экз. и 615,8 тыс. т соответственно, эквореи – в 344,2 млн экз. и 106,5 тыс. т, фацеллофоры – в 161,44 млн экз. и 55,9 тыс. т.

По данным учетных траловых съемок, выполненных в северо-западной части Тихого океана в 1991–2009 гг., основой биомассы кишечнополостных были медузы *Chrysaora melanaster*. Их доля варьировала в пределах 44–60 %. Субдоминантами являлись *Aequorea* sp. и *Phacellophora camtshchatica*, чьи доли составляли 20 и 14 % соответственно.

Максимальная биомасса медуз в северо-западной части Тихого океана была отмечена в первой половине 1990-х годов, когда в отдельные годы она достигала 1,2 млн т, а по данным траловых съемок в верхней эпипелагиали СЗТО, проводимых летом в прикурильских водах в 2000-е годы, максимальные оценки биомассы желетелого планктона достигали 0,4 млн т. В первой половине 1990-х годов основу биомассы медуз составляли Chrysaora spp., в 2004–2009 гг. преобладали, как правило, виды рода Aequorea.

В отличие от большинства крупных представителей пелагических сообществ продолжительность жизни медуз не превышает 1 года, их биомасса и численность

подвержены значительным межгодовым изменениям. Так, в восточной части Берингова моря от 1975 к 2000 г. биомасса желетелого планктона возросла в 100 раз, а после 2000 г. резко снизилась. Из литературных источников известно, что численность и биомасса большинства видов медуз умеренных широт во многом зависят от динамики температурных условий. При более высокой температуре поверхности океана размер популяций, темпы полового и бесполого размножения медуз повышаются. Для северных районов Тихого океана влияние средней температуры поверхностных вод на выживаемость и рост медуз весьма значительно.

Данные о видовом составе и обилии медуз в северо-западной части Тихого океана, полученные по результатам пелагической съемки в 2025 г., показали большие изменения, которые произошли за последние 25 лет. Так, по сравнению с 1990 и 2000-ми годами, значительно возросла доля *Chrysaora melanaster*, при этом общая биомасса всех медуз более чем в три раза превышает средние показатели биомассы, оцененной в 1991–2009 гг.

В последние годы в северо-западной части Тихого океана отмечаются значительные изменения океанологических условий, которые в определенной степени влияют на характер распределения и обилие гидробионтов, населяющих пелагиаль. Результаты исследований показали, что период с 2021 г. по настоящее время гидрологически можно отнести к аномально теплому с преобладанием интенсивных положительных аномалий температуры поверхности океана в течение всего года. Как показали результаты расчетов, средняя температура поверхностных вод в августе–сентябре с тихоокеанской стороны Курильских о-вов за последние четыре года повысилась на 1–2 °С. Таким образом, можно предположить, что общая численность и биомасса желетелого планктона возросли в результате влияния значительного потепления поверхностных вод в северо-западной части Тихого океана.

УДК628.394.6 (470.21)

Некоторые результаты микробиологических исследований внутренних водоемов Мурманской области в 2025 г.

Д.Д. Басангова, М.Н. Харламова

ФГАОУ ВО «МАУ», г. Мурманск
e-mail: dbasangova78@gmail.com

Актуальность мониторинга состояния водных объектов в Кольском Заполярье обусловлена комплексом природно-климатических, социально-экономических и экологических факторов, определяющих их непреходящее значение для региона. Высокая рекреационная значимость озер Мурманской области связана с их интенсивным использованием населением для активного отдыха, рыбной ловли, спортивно-оздоровительных мероприятий в течение короткого летнего сезона. Хозяйственная ценность водоемов проявляется в их использовании как источников водоснабжения, приемников ливневых стоков с урбанизированных территорий, а также в роли естественных биофильтров, поддерживающих баланс природных и урбанизированных ландшафтов.

Целью настоящей работы являлась комплексная оценка динамики санитарно-микробиологического состояния водоемов Мурманска в весенне-летний период 2025 г. Для исследования было выбрано пять озер (Глубокое, Ледовое, Среднее, Семеновское и Окуневое), не используемых для питьевого водоснабжения. Выбор объектов исследований обусловлен необходимостью охвата:

1. Различных типов антропогенной нагрузки;
2. Представительности географического распределения;
3. Вариативности гидрологического режима;
4. Социальной значимости для населения города.

Отбор проб воды проводился в три этапа: 19 мая, 2 июня и 16 июня 2025 г. Перечисленные озера находятся на значительном отдалении друг от друга, в разных районах города и подвержены антропогенному воздействию в различной степени. Процедура отбора проб выполнялась в соответствии с требованиями ГОСТ 31942-2012 «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа». Для отбора использовались стерильные пакеты одноразового применения, прошедшие предварительный контроль стерильности по методике высева из бульона на питательный агар в соответствии с Приложением ДА ГОСТ 31942-2012.

Пробы отбирались с глубины 10–30 см от поверхности воды с соблюдением асептических условий, исключающих контаминацию. Согласно требованиям нормативных документов (ГОСТ 31942-2012, ГОСТ Р 59024-2020), отбор проб производился на участках с глубиной водоема не менее 1,0–1,5 м.

Транспортировка проб в лабораторию осуществлялась в строго регламентированные сроки, не превышающие шести часов с момента отбора. Данное требование обусловлено необходимостью минимизации времени между отбором пробы и началом ее анализа, что является критически важным для сохранения исходных микробиологических характеристик воды. Также соблюдался температур-

ный режим транспортировки – использовались термоизолирующие сумки, чтобы сохранить температуру проб не выше 25 °С.

Лабораторные исследования проводились по методикам, регламентированным МУК 4.2.3963-23 «Бактериологические методы исследования воды». Оценивались следующие микробиологические показатели, имеющие ключевое значение для санитарно-гигиенической оценки качества воды:

1. Общие колиформные бактерии (ОКБ) – метод основан на способности колиформных бактерий сбраживать лактозу в питательной среде с образованием газа, кислоты и характерных колоний. Положительный результат подтверждается при следующих условиях: в среде накопления (лактозо-пептонная среда – ЛПС) есть помутнение и газообразование; на среде Эндо выросли типичные колонии: темно-красные с металлическим блеском (лактозоположительные) или розовые (лактозоотрицательные); результат также считается положительным в сомнительных случаях (небольшое газообразование, нечеткие признаки колоний). Если бактерии обнаружены: указывают НВЧ (наиболее вероятное число) обобщенных колиформных бактерий в 100 см^3, рассчитанное по специальным таблицам.

2. Термотолерантные колиформные бактерии (*Escherichia coli*) – анализ количества *E. coli* (кишечной палочки) или термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ) применяется для контроля качества воды в поверхностных водоемах. Это позволяет оценить характер и источник микробного загрязнения, если оно превышает нормы. Если содержание *E. coli* превышает 1000 КОЕ/100 см^3, это свидетельствует о свежем загрязнении и недостаточной самоочищающей способности водоема, что может создавать эпидемиологический риск.

3. Энтерококки – при анализе воды титрационным методом ЛПС служит для одновременного накопления общих колиформных бактерий и энтерококков. Сначала проводят высев из ЛПС для определения ОКБ. Затем из всех пробирок с ЛПС, где наблюдается помутнение (независимо от наличия газа), делают высев со дна на специальные дифференцирующие среды для энтерококков (например, МИС, энтерококкагар, азидная среда Сланеца-Бертли и др.). Учет результатов проводят согласно п. 8.4.2 методики МУК 4.2.3963-23Ф.

4. Колифаги – представляют собой вирусы, избирательно поражающие клетки кишечной палочки (*E. coli*). При культивировании на питательной среде, засеянной кишечной палочкой («газон»), они образуют зоны лизиса (бляшки), которые становятся видимыми через 18 ± 2 ч инкубации при температуре 37 ± 1 °С. Определение количества колифагов является обязательным параметром при оценке качества воды. Повышенное содержание этих вирусов указывает на потенциальную эпидемиологическую опасность водного объекта, связанную с вирусным загрязнением. Количественная оценка колифагов (в бляшкообразующих единицах – БОЕ) проводится в ситуациях, когда прямое выявление кишечных вирусов технически сложно или невозможно. Данный метод служит надежным индикатором активности и распространенности бактериофагов, способных к репродукции в клетках *E. coli*, что косвенно свидетельствует о степени вирусного загрязнения воды.

5. Наличие сальмонелл – поиск бактерий *Salmonella* в воде проводят при неблагоприятной санитарной обстановке или при превышении нормы по коли-индексу. Обнаружение этих бактерий указывает на эпидемическую опасность водоема, и такой водоем нельзя использовать для отдыха. Метод определения

Salmonella качественный (по МУК 4.2.3963-23). Исследуют 1000 мл воды, засевая по 500 мл в две среды накопления: среду Раппапорта-Василиадиса (РВС) и селенитовый бульон.

Полученные результаты сравнивались с нормативами, установленными СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» для водных объектов водопользования. Для количественной оценки содержания общих колиформных бактерий и выражения результатов в наиболее вероятном числе (НВЧ) клеток в 100 см^3 исследуемой воды применялся официальный статистический метод, использующий стандартные таблицы Приложения 5 МУК 4.2.3963-23 «Бактериологические методы исследования воды. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы».

Результаты исследований выявили неоднородную картину санитарного состояния исследуемых вод. В трех водоемах (оз. Окуневое, Семеновское и Среднее) выявлено стабильное соответствие гигиеническим нормативам на протяжении всего периода наблюдений. Показатели ОКБ не превышали 100 КОЕ/100 см^3, что значительно ниже предельно допустимой концентрации для исследуемых зон (500 КОЕ/100 см^3). Содержание *E. coli* во всех пробах было менее 30 КОЕ/100 см^3 при нормативе 100 КОЕ/100 см^3. Энтерококки и колифаги не обнаруживались, это свидетельствует об отсутствии фекального загрязнения. Сальмонеллы не были выделены ни в одной из проб объемом 1 см^3.

Напротив, два других водоема (оз. Глубокое и Ледовое) продемонстрировали неудовлетворительные результаты по микробиологическим показателям. При первом отборе проб, проведенном 19 мая 2025 г., в обоих водоемах было зафиксировано экстремально высокое содержание общих колиформных бактерий, превышающее 11 000 КОЕ/100 см^3. Данный показатель в 22 раза был выше установленного СанПиН 1.2.3685-21 норматива для зон рекреации (500 КОЕ/100 см^3), что свидетельствовало о критическом уровне микробного загрязнения и делало эти водоемы полностью непригодными для любого вида водопользования.

Ко второму сроку наблюдений (2 июня 2025 г.) была отмечена положительная динамика, однако ее степень значительно различалась между объектами. В оз. Ледовое содержание ОКБ снизилось до 430 КОЕ/100 см^3. В то же время во втором водоеме (оз. Глубокое) улучшение показателей было менее выраженным – уровень ОКБ составил 2400 КОЕ/100 см^3, что все еще в 4,8 раза превышало допустимый предел.

К третьему сроку мониторинга (16 июня 2025 г.) тенденция к улучшению качества воды получила дальнейшее развитие. В оз. Ледовое было зафиксировано снижение содержания ОКБ до 91 КОЕ/100 см^3, что полностью соответствовало критериям СанПиН даже для организованного купания. В оз. Глубокое также наблюдалось снижение уровня микробного загрязнения до 930 КОЕ/100 см^3. Важно отметить, что во всех пробах из всех пяти озер содержание *E. coli* не превышало 30 КОЕ/100 см^3, энтерококки и колифаги не обнаруживались, а сальмонеллы не были выделены. Это свидетельствует о том, что повышенное содержание ОКБ, вероятно, связано не с фекальным загрязнением, а с другими факторами.

Обсуждая полученные результаты, следует отметить несколько возможных причин выявленной динамики. Высокие показатели ОКБ в мае, вероятно, связаны с сезонным поступлением в водоемы загрязняющих веществ с талыми водами.

Активное таяние снежного покрова приводит к выносу в водоемы органических веществ с прилегающих территорий.

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Установлено, что три водоема (оз. Окуневое, Семеновское и Среднее) характеризуются стабильно благоприятным санитарным состоянием и соответствуют требованиям СанПиН 1.2.3685-21.

2. Выявлена динамика улучшения качества воды в двух других водоемах (оз. Глубокое и Ледовое) к середине июня, что, вероятно, связано с завершением сезонных процессов (таяния снега и льда), способствующих поступлению загрязняющих веществ с водосбора.

3. Отсутствие во всех пробах патогенных микроорганизмов (сальмонелл) и показателей фекального загрязнения (*E. coli*, энтерококков) свидетельствует о том, что повышенное содержание ОКБ связано с природными факторами, а не с прямым антропогенным воздействием.

УДК 597-1.044:678.5.06(265)

Сравнение методов растворения желудочно-кишечного тракта рыб для выявления полимеров и микропластика

П.С. Беляев, А.В. Согрина

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
e-mail: belyaev.pashek@mail.ru

Тихоокеанская треска *Gadus macrocephalus* (Tilesius, 1810) широко распространена в северной части Тихого океана, включая Берингово море. Исследования показывают, что морские одноклеточные организмы могут потреблять микропластик, что указывает на возможность его попадания в пищеварительные тракты более крупных организмов, включая рыбу. Отечественные и зарубежные ученые применяют различные методы, основанные на растворении органики химическими веществами и выделении частиц микропластика. В России методика изучения рыбы на загрязнение микропластиком в доступных литературных источниках представлена в малом количестве, что и определило актуальность исследования. Цель работы – установление наиболее эффективного метода выявления полимеров и микропластика с помощью растворения желудочно-кишечного тракта тихоокеанской трески.

Материалом для анализа послужили 8 проб желудочно-кишечного тракта тихоокеанской трески, выловленной в Беринговом море с помощью трала. Средняя длина рыбы составила 73 см, средняя масса – 3,3 кг. В целях определения оптимального способа выявления полимеров и микропластика в ЖКТ рыб были использованы методики:

– классический метод переваривания мясного фарша (МУК 4.2.2747-10);

– ускоренный метод переваривания мясного фарша (МУК 4.2.2747-10);

– метод Люшер.

Желудочно-кишечный тракт разделяли на 3 части для каждого метода по 2 пробы, средняя масса которых составляла 190 г.

Расход реактивов для проведения растворения желудочно-кишечного тракта рыб:

– в **классическом методе** в пробы желудочно-кишечного тракта тихоокеанской трески добавляли 1000 мл дистиллированной воды, 7 мл – концентрированной соляной кислоты и 15 г – свиного пепсина, затем помещали в термостат при температуре 39 °С на 18 ч;

– в **ускоренном методе** в пробы добавляли 1000 мл дистиллированной воды, 10 мл – концентрированной соляной кислоты и 30 г – свиного пепсина, далее пробы располагали в термостате при температуре 42 °С на 4 ч;

– в **методе Люшер** пробы растворяли с помощью 10%-ного раствора КОН (300 мл в соотношении 1:2) и помещали в термостат при температуре 60 °С на 24 ч.

В процессе нахождения проб в термостате их содержимое периодически перемешивалось с использованием магнитной мешалки. По завершении переваривания оставшаяся масса была вылита на сито с размером ячеек 0,1 мм. После

этого проводили микроскопический анализ получившегося осадка. Микроскопия осуществлялась с помощью микроскопа «Микромед МС-5-ZOOM LED».

В результате проведенных исследований установлено, что в классическом методе обнаружены 62 паразитические формы рода Anisakis и 2 органических полимера. Ускоренный метод переваривания показал аналогичную степень растворимости, но за значительно более короткий период времени – 4 ч, при этом в осадке было обнаружено 14 нематод рода Anisakis. Метод с использованием 10%-ного раствора KOH показал наивысшую степень растворимости проб. Однако в результате микроскопического анализа осадка не обнаружены ни полимеры, ни микропластик. Отсутствие данных частиц может быть связано с тем, что тихоокеанская треска является менее загрязненным видом рыб с точки зрения содержания микропластика.

Сравнительный анализ методов растворения желудочно-кишечного тракта тихоокеанской трески показал, что все три метода обладают высокой эффективностью. Тем не менее самым быстрым оказался ускоренный метод. Это делает его более подходящим для комплексного изучения, поскольку он сохраняет паразитические формы для последующего анализа, в отличие от метода Люшер, который растворяет паразитов и не подходит для паразитологических исследований.

В дальнейшем работы будут продолжены в целях совершенствования методов растворения для эффективного выявления паразитов, полимеров и микропластика в рыбах различных видов.

УДК 592 (268.45)

Комплексный подход к оценке распределения камчатского краба в Баренцевом море

Д.Ю. Блинова, С.В. Баканев, Н.Н. Лукин

Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), г. Мурманск
e-mail: lazareva@pinro.vniro.ru

Камчатский краб, являющийся одним из ключевых объектов промысла в Баренцевом море, играет важную экологическую и экономическую роль. Интродуцированный во второй половине XX в., этот объект сформировал устойчивую популяцию, динамика которой в последние 10-летия испытывает комплексное воздействие климатических изменений и антропогенной нагрузки. Потепление вод, сокращение ледового покрова и усиление адвекции атлантических вод в последнее время приводят к трансформации условий среды обитания, вызывая смещение ареала и перестройку популяционной структуры. Эти изменения обусловливают необходимость продолжения разработки точных методов оценки запаса камчатского краба, учитывающих пространственно-временную изменчивость распределения беспозвоночных и комплексное взаимодействие антропогенных, абиотических и биотических факторов.

Традиционные методы оценки численности, основанные на траловых съемках, имеют существенные ограничения, включая неоднородность покрытия акватории, методические различия между съемками, а также влияние стохастических шумов, обусловленных изменчивостью условий среды. Особую проблему представляет экстраполяция данных на необследованные участки, которая может приводить к систематическим погрешностям в расчетах индексов плотности. Кроме того, прогнозирование долгосрочных изменений ареала в условиях меняющегося климата требует применения комплексных моделей, интегрирующих биологические, океанографические и климатические данные. Специализированные ежегодные съемки камчатского краба, выполнявшиеся в 2017–2025 гг. в юго-восточной части Баренцева моря, не полностью охватывали промысловые скопления, что снижало репрезентативность оценок. В то же время экосистемные траловые съемки, регулярно проводящиеся в регионе, ранее не рассматривались как надежный источник информации из-за разреженной сетки станций (около 30 миль, в 2 раза больше чем на специализированной съемке) и методических особенностей, потенциально ведущих к занижению плотности скоплений краба. Однако современные методы пространственно-временного моделирования, в частности обобщенные аддитивные модели со смешанными эффектами (GAMM), открывают возможности для интеграции таких разнородных данных и повышения точности оценок.

Современные статистические подходы, реализованные в библиотеке sdmTMB для R, позволяют учитывать и корректировать систематические смещения, вызванные различиями в дизайне съемок. Это дает возможность не только нивелировать эффект редкой сетки станций экосистемных съемок, но и исполь-

зовать их ключевое преимущество – широкое пространственное покрытие – для экстраполяции данных на необследованные акватории и более точного определения границ ареала. Таким образом, ранее игнорировавшиеся данные экосистемных съемок теперь могут быть включены в комплексный анализ для получения более надежных и точных оценок запаса, учитывающих пространственно-временную динамику и автокорреляцию.

Целью исследования является реализация комплексного подхода к оценке запаса камчатского краба, который объединяет данные как специализированных, так и экосистемных съемок с использованием GAMM-моделирования для пространственно-временной стандартизации индекса численности и прогнозирования изменений ареала в условиях меняющегося климата.

Материалом для работы послужили сведения специализированных донных траловых съемок камчатского краба, выполненных в августе-сентябре 2017–2025 гг. в юго-восточной части Баренцева моря, а также экосистемных траловых съемок в тот же период на обширной акватории от 30 до 60° в.д. и от 68 до 72° с.ш. Специализированные съемки выполняли донным тралом типа 22М с длительностью тралений 15 мин и средней скоростью 2,6 уз, при этом среднее количество станций за съемку составило 123, а площадь съемки – 56,7 тыс. км^2. Экосистемные съемки проводили с использованием донного трала Campelen с аналогичной продолжительностью тралений, но со скоростью 3,0–3,2 уз; для анализа использовались станции, выполненные южнее 72° с.ш., где периодически регистрировали уловы камчатского краба, со средним количеством 66 и площадью акватории 260,4 тыс. км^2.

Для пространственно-временной стандартизации индекса промыслового запаса и интеграции данных съемок двух типов использовалась обобщенная аддитивная модель со смешанными эффектами с пространственно-временными гауссово-марковскими случайными полями, реализованная в библиотеке sdmTMB в среде R. Индекс плотности моделировался с использованием распределения Твиди с логарифмической функцией связи, что позволяет учитывать непрерывный характер данных, включая нулевые уловы. В модель также в качестве фиксированных эффектов включали категориальные факторы года и типа съемки и сглаживающие функции непрерывных предикторов: придонной температуры, глубины и удаленности от берега, которые были выявлены как наиболее значимые в предварительном анализе с применением обобщенных аддитивных моделей. Пространственно-временные случайные эффекты моделировались с помощью гауссово-марковских случайных полей для учета автокорреляции между наблюдениями. Выбор наилучшей модели осуществлялся на основе минимизации информационного критерия Акаике.

Анализ данных специализированных и экосистемных съемок с применением пространственно-временной модели sdmTMB выявил ряд значимых закономерностей в распределении промыслового запаса камчатского краба. Наилучшее соответствие данным продемонстрировала модель, включающая категориальные эффекты года и типа съемки, а также пространственно-временные случайные эффекты с независимой структурой (IID), которая достигла значения AIC = 17931,26 и прошла все проверки валидности. Ключевым результатом стало количественное оценивание систематического смещения между типами съемок: коэффициент для экосистемной съемки был −0,78 (SE = 0,11). Экспоненцирование

этого коэффициента позволяет рассчитать относительную уловистость экосистемной съемки по сравнению со специализированной, которая составила exp(−0,78) = 0,458, т. Е. 45,8 %. Это означает, что при прочих равных условиях экосистемная съемка фиксирует менее половины плотности запаса по сравнению со специализированной съемкой, что подчеркивает критическую важность учета этого методического смещения при интеграции разнородных данных.

Модельные оценки индекса численности промысловых самцов показали выраженную межгодовую динамику за 9-летний период. Пик численности запаса был зарегистрирован в 2018 г. и составил 82,6 млн экз., после чего последовало резкое уменьшение до 33,7 млн экз. в 2024 г. Наибольшее сокращение произошло между 2018 и 2020 гг., когда индекс снизился на 42,5 %. После 2020 г. наблюдалась его относительная стабилизация на более низком уровне с умеренными колебаниями в диапазоне 33,7–46,2 млн экз. В 2025 г. отмечен незначительный рост оценки до 36,2 млн экз. Пространственная структура распределения характеризовалась умеренным диапазоном пространственной корреляции (параметр Matern range = 83,69 км) и значительной пространственной дисперсией (SD = 1,36), что отражает формирование протяженных кластеров скоплений краба в юго-восточной части Баренцева моря. Визуализация предсказанного распределения выявила устойчивую приуроченность высоких плотностей к традиционным промысловым районам, в то время как на периферии области моделирования преобладали низкие и нулевые значения плотности. Полученные результаты демонстрируют, что учет систематического смещения между съемками и пространственно-временной структуры данных позволяет получать согласованные временные ряды индекса численности даже при объединении разнородных данных, обеспечивая надежную основу для принятия управленческих решений.

Таким образом, проведенное исследование подтвердило эффективность методологии пространственно-временного моделирования (sdmTMB) в рамках комплексного подхода к интеграции данных разнородных съемок и получению стандартизованных оценок запаса баренцевоморского камчатского краба. Установлено, что экосистемные съемки систематически недооценивают плотность распределения на 54,2 % (относительная уловистость – 45,8 %) по сравнению со специализированными. Анализ данных за 2017–2025 гг. выявил значительную межгодовую динамику с пиком запаса в 2018 г. и его последующим снижением, а также выраженную пространственную неоднородность распределения. Разработанный подход позволяет минимизировать методические неопределенности и сформировать надежную основу для принятия управленческих решений, а также открывает перспективы для оценки влияния климатических факторов на состояние ресурса.

УДК 592 (268.45)

Зообентос мелководий полуострова Канин

Д.Ю. Блинова, К.С. Рольская, И.Е. Манушин, В.С. Вязникова, А.С. Кудряшова

Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), г. Мурманск
e-mail: lazareva@pinro.vniro.ru

Мелководья вблизи м. Канин Нос, вдоль побережья п-ова Канин, расположены на границе Белого и Баренцева морей и представляют значительный интерес для исследований, поскольку являются зоной взаимодействия вод двух морей с различными гидрологическими режимами. Кроме того, в летний период здесь фиксируются крупные скопления самок камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*), оказывающие существенное влияние на структуру донных сообществ.

Акватория изучаемого района имеет ряд особенностей, вызванных высокой гидродинамикой за счет взаимодействия сильных течений: Беломорского и Прибрежной ветви Мурманского течения. В результате поверхность дна неоднородна и состоит как из жестких грунтов (камни, ракуша, балянуша), так и участков с основой из ила и песка различной фракции.

В данной работе приведено сравнение исследованной акватории с двумя участками мурманского побережья с различными гидрологическими условиями: Варангер-фьорд и губа Териберская.

Варангер-фьорд – акватория на западе мурманского побережья, ее отличительной особенностью является многолетнее повышение теплосодержания вод, за счет которого происходит увеличение количественных и качественных показателей макрозообентоса. Кроме того, Варангер-фьорд был одной из первых акваторий, заселенных камчатским крабом, и, согласно исследованиям, это скопление считается изолированным.

Губа Териберская – акватория в средней части мурманского побережья с менее стабильными гидрологическими условиями, интенсивным промыслом и возрастающим туристическим прессом.

Цель работы – рассмотреть количественные показатели макрозообентоса мелководий вблизи п-ова Канин, сравнить полученные значения с другими акваториями южной части Баренцева моря.

Материалом для работы послужили 57 количественных проб макрозообентоса, отобранных дночерпателем на 19 станциях в районе м. Канин Нос в 2020 г. Ст. 1–8 располагались в Баренцевом море, ст. 9–11 – на границе Баренцева и Белого морей, остальные – в Воронке Белого моря.

Пробы были отобраны по стандартной методике дночерпателем Ван Вина с площадью захвата 0,1 м^2 в трехкратной повторности. Расчет продукции осуществлялся по формуле Манушина.

В результате исследования в пробах, собранных на мелководьях п-ова Канин, был идентифицирован 271 таксон макрозообентоса, относящийся к 12 типам. Наибольшее видовое богатство отмечено среди полихет, высших раков

и двустворчатых моллюсков. Средняя видовая плотность составила 47 ± 4 таксон/0,3 м². Наименьшие значения (14–16 таксон/0,3 м²) зафиксированы на станциях в Белом море (ст. 16, 17) на глубинах 22–24 м, что, вероятно, может быть связано с большим распреснением данной акватории. Полученная видовая плотность (таксон/0,3 м²) выше, чем в губе Териберская, и значительно меньше, чем в Варангер-фьорде.

Несмотря на высокое видовое богатство, другие количественные показатели (биомасса, плотность и продукция) бентоса в целом были более низкими по сравнению с другими районами Баренцева моря, такими как губа Териберская и Варангер-фьорд. Средняя общая биомасса зообентоса составила 9,9 ± 4,7 г/м², плотность – 1528 ± 267 экз./м², а продукция – 25,4 ± 4,2 г/м²*год$^{-1}$. Наибольшая биомасса была отмечена на ст. 13 – 93,1 г/м². На других станциях биомасса не превышала среднего значения.

Доминирование определенных видов на разных станциях объясняется спецификой грунтов и гидрологическими условиями. Максимальная биомасса (93,1 г/м²) была зафиксирована на ст. 13 за счет крупных двустворчатых моллюсков *Tridonta borealis* – типичных сестонофагов, адаптированных к обитанию на мягких илистых грунтах.

Значение плотности распределения бентоса в исследуемой акватории в среднем составило 1528 ± 267 экз./м². Наиболее высокая плотность (3790 экз./м²) зарегистрирована также на ст. 13 и обусловлена полихетами массовых видов *Galathowenia oculata*, *Bipalponephtys neotena* и *Scoloplos acutus*. Эти виды являются r-стратегами, способными быстро занимать свободное пространство и достигать высокой численности на мелководьях. Кроме того, высокая плотность отмечена на ст. 8 благодаря массовому поселению мелкого моллюска *Boreacola maltzani*.

Значения продукции зообентоса также были низкими относительно других прибрежных акваторий Баренцева моря. Средняя продукция по району составила 25,4 ± 4,2 г/м²*год$^{-1}$. Наибольшая продукция была также отмечена на ст. 13 – 79,7 г/м²*год$^{-1}$.

Наименьшие количественные показатели характерны для станций в Белом море (ст. 17) и на мелководьях восточной части района (ст. 3, 4). Низкий уровень этих значений бентоса на фоне высокого биоразнообразия, вероятно, является следствием двух основных факторов: высокой гидродинамической активности в районе мыса, препятствующей формированию устойчивых и высокопродуктивных сообществ, а также возможного воздействия камчатского краба, периодически мигрирующего в этот район. В пределах территориального моря Российской Федерации в Баренцевом море камчатский краб распределяется от Варангер-фьорда до п-ова Канин. Значительные скопления отмечаются в Воронке Белого моря к югу от м. Канин Нос, где южная граница их распространения в 2008–2013 гг. проходила по параллели 67°40′ с.ш. Краб – активный хищник-эврифаг, может существенно снижать биомассу и численность донных организмов, выедая наиболее крупных и массовых представителей бентоса.

При сравнении гидрологических и экологических условий трех акваторий (мелководья вблизи п-ова Канин, Варангер-фьорд и губа Териберская) предполагается, что сообщество зообентоса в районе п-ова Канин может иметь стабиль-

ный характер, типичный для подобного участка моря. Наличие воздействия камчатского краба незначительно, поскольку в период линьки и спаривания, которое происходит на мелководьях, крабы практически не питаются.

Сообщества макрозообентоса на мелководьях п-ова Канин характеризуются высоким таксономическим разнообразием, но низкими значениями биомассы, плотности и продукции. Пространственное распределение и доминирование тех или иных видов определяется типом грунта и гидрологическим режимом. Полученные данные служат важной основой для мониторинга экосистемы в условиях длительного потепления и продолжающейся экспансии камчатского краба.

УДК 595.3 (285.2) (571.12)

Продукционные характеристики популяций раков в озерах Тюменской области в 2022–2024 гг.

Е.В. Бражников, К.В. Куцанов, А.Г. Герасимов, Л.Ф. Разова

Тюменский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень
e-mail: opb@gosrc.vniro.ru

Раки являются ценными промысловыми беспозвоночными, играющими значимую роль в промышленном и любительском рыболовстве. Целью работы было получение данных о современном состоянии популяции раков рода Pontastacus и среды их обитания в оз. Андреевское, Янтыково, Кучаково, Липовое и Буторлыга Тюменской области. Общая площадь исследованных водоемов составила 6400 га. В соответствии с классификацией по площади оз. Янтыково, Кучаково и Липовое относятся к малым водоемам, а Андреевское и Буторлыга – к средним.

Сбор первичного материала осуществлялся раколовками закрытого типа с ячеей 20 мм. Орудия лова размещались в линию от берега вглубь водоема, расстояние между раколовками – 20 м. В качестве приманки использовалась освежеванная рыба. Исследования проводились в летний и осенний периоды в 2022–2024 гг. На каждом водоеме выполнялось от 12 до 20 станций с установками раколовок, которые проверялись один раз в сутки. Сбор и обработка материалов проводились согласно общепринятым методикам.

Параметры среды измерялись следующим образом: температура и уровень растворенного кислорода – при помощи термооксиметра HACH HQ30d (США); соленость – с помощью рефрактометра Milwaukee MA887; прозрачность воды – диском Секки. Линейные размеры раков устанавливали штангенциркулем Skole (Россия) с точностью до 1 мм, массу – на электронных весах Ohaus (США) с точностью до 0,01 г. Длина рака измерялась по спине без учета щетинок плавней. Пол определяли по расположению половых отверстий и строению первой пары брюшных ножек.

По данным за 2022–2024 гг., все исследованные водоемы являются пресноводными, соленость воды была равна 0. Газовый режим преимущественно благоприятный: содержание растворенного кислорода в июне варьировало от 6,8 до 13,4 мг/л, в сентябре – от 5,9 до 10,4 мг/л. Озера не подвержены заморам. Прозрачность воды составляла 0,5–1,0 м. Температура воды в июне колебалась от 16,0 до 24,0 °С, в сентябре – от 3,2 до 17,0 °С, что соответствует процессу осеннего перемешивания и достижению гомотермии. Абиотические факторы среды оставались оптимальными для роста и развития популяций раков в водоемах Тюменской области.

За период исследований 2022–2024 гг. численность раков в озерах варьировала от 15 до 136 экз./га.

В половой структуре популяций раков в озерах Тюменской области в 2022 и 2024 гг. количество самцов и самок было приблизительно одинаковым, тогда как в 2023 г. преобладали самцы.

Сравнительный анализ размерно-массовых характеристик раков за весь период исследований из оз. Андреевское, Кучаково, Буторлыга, Янтыково и Липовое показал, что среднемноголетние значения длины и массы тела раков варьировали от 100,0 до 122,1 мм и от 31,4 до 55,5 г соответственно.

Продуктивность биомассы раков в водоемах в 2022–2024 гг. составляла от 0,5 до 9,9 кг/га, что определяет эти водоемы как низкопродуктивные. Сумма промысловых запасов в 2022–2024 гг. колебалась от 1,9 до 14,9 т.

Таким образом, анализ продукционных характеристик раков в озерах Тюменской области в 2022–2024 гг. показал, что их запасы находятся на низком уровне, что, вероятно, обусловлено высоким давлением со стороны любительского и промышленного рыболовства. Значительная часть запасов приходилась на оз. Андреевское, поскольку оно составляет 59 % от общей площади исследованных озер.

УДК 597.552.5

Особенности биологии и учета численности ряпушки в Ладожском озере в осенний период 2024 г.

М.А. Бурова, И.А. Тыркин

Санкт-Петербургский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга»), г. Санкт-Петербург
e-mail: m.burova2002@gmail.com

Ладожское озеро входит в 20 самых крупных пресноводных водоемов планеты. Его площадь составляет 17872 км^2.

Озеро имеет важное значение для рыбного промысла в Ленинградской области. Основная зона, в которой осуществляется рыбная ловля, занимает около 50 % от его общей площади. Наибольшее количество рыбы ловят в южной части водоема (до 90 %). Промышленную добычу ведут на более обширных пространствах как на глубоководных северных участках, так и на мелководных южных, любительский лов осуществляют преимущественно на мелководных.

Ихтиофауна водоема разнообразна. Ее формирование началось примерно 11 тыс. лет назад. За это время в воды Ладоги мигрировала рыба из Балтийского Ледникового и Анцилового озер, а также ряд гидробионтов был вселен человеком (пелядь, карп, байкальский омуль и др.). По разным оценкам, в настоящее время в водоеме обитают от 43 до 58 видов рыб и рыбообразных. Невзирая на многообразие ихтиофауны, с точки зрения промысла в XXI в. интерес представляют только некоторые: сиг, судак, ряпушка, корюшка, окунь, плотва, ерш, лещ.

Ряпушка *Coregonus albula* (Linnaeus, 1758) – вторая по численности рыба в уловах рыбодобывающих предприятий. Она обитает во всем Ладожском озере, но главным образом в его центральной и северной частях. Летом при продолжительных северных ветрах она перемещается в южную часть озера. В литературных источниках отмечается ее склонность к образованию групп, различающихся по размерно-возрастным показателям: группа в восточной части озера в районе устья р. Обжи, стадо вблизи о-ва Мантсинсаари и шхерное стадо. Ряпушка восточного стада имеет наименьшие размеры по сравнению с особями из других стад и составляет наибольшую долю в уловах рыбодобывающих предприятий Ленинградской области.

В статье «Биологическая характеристика и уловы европейской ряпушки *Coregonus albula* (Linnaeus, 1758) Ладожского озера в настоящее время» А.Г. Леонов с соавторами отмечают, что масса ряпушки значительно варьирует, в то время как длина подвержена меньшим изменениям. Так, из данных, собранных с 2001 по 2010 г. следует, что наибольшую среднюю массу имели особи, выловленные в 2005 г. (14,1 г), а наименьшую – в 2007 г. (9,9 г). Средняя длина изменялась от 10,4 см в 2007 г. до 11,7 см в 2003 г. Средневзвешенные возраст, длина и масса ряпушки в уловах за этот промежуток времени составили соответственно 1,9 лет, 11,4 см и 13,4 г. В уловах отмечались особи возрастом от 1 до 6 лет.

Следует отметить, что у ряпушки есть более быстрорастущая форма – рипус (*Coregonus albula ladogenus* Pravdin). Ее отличительные особенности – это темп роста, возраст, абсолютная плодовитость.

В XX в. доля объекта в уловах составляла 20–30 % за год, в XXI в. она снизилась до 11 %. Тенденция к снижению доли ряпушки сохраняется и после 2011 г., когда ряпушка и рипус были объединены в одну единицу запаса. В среднем за 2000–2023 гг. доля первой составляла около 12 % от удельной массы в годовом улове.

Цель данной работы – изучение численности и размерно-возрастной структуры ряпушки в осенний период 2024 г.

В 1986–2023 гг. ее вылов значительно колебался, максимальный пришелся на 1990 г. и составил 1781 т. Далее количество уловов пошло на спад и минимальный улов в размере 35 т был отмечен в 2021 г.

Одной из причин снижения лова является закрытие предприятия «Верный путь» в 2006 г., которое занималось специализированной добычей ряпушки в южной части водоема. Также резкое снижение уловов наблюдалось с 2019 г. из-за введенного запрета на траловый лов в Ладожском озере. Сейчас лов ряпушки в озере в границах Ленинградской области осуществляют сетями и мережами.

О добыче ряпушки в южной части Ладоги в 2024 г. можно судить по информации Северо-Западного ТУ Росрыболовства: у промысловых организаций с марта по декабрь, в октябре и ноябре были максимальные уловы (в среднем за месяц – до 9 т, общий за 2024 г. – 42,2 т).

В связи со снижением добычи ряпушки и данных из промысловых уловов стало недостаточно сведений для достоверной оценки численности объекта. Сбор недостающих сведений осуществлял Санкт-Петербургский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» за счет научно-исследовательского лова. В 2024 г. его проводили в сентябре–октябре с судна «Сабрина» тралом с минимальной ячеей в кутовой части 20 мм. Общее количество тралений превысило 30. Обрабатывали материалы по стандартным методикам.

Ряпушка встречалась во всех тралениях в ходе научно-исследовательского лова и составила 27–100 % (в среднем 54 %). Всего выловили 392 экз. По данным, полученным из массовых промеров, длина особей изменялась в диапазоне 5,5–15,3 см, при этом наиболее часто встречались особи длиной от 6,0 до 8,9 см (40 %) и от 11,0 до 13,9 см (43 %), масса –1,6–32,9 г. В процессе изучения возрастного состава ряпушки было обнаружено 4 возрастных группы: от сеголеток до 4-леток. Наиболее массовыми оказались 3-летки (43 %) поколения 2022 г. и сеголетки (31 %). Средневзвешенные возраст, длина и масса составили 1,2+ лет, 10,3 см, 11,4 г соответственно. Таким образом, по сравнению с данными прошлых лет основные биологические показатели ряпушки в 2024 г. уменьшились – длина на 1,1 см, масса на 2 г.

Для мониторинга состояния промыслового стада и оценки численности ряпушки Ладожского озера необходимо продолжать научно-исследовательский лов в осенний период.

УДК 579.68

Микробиологические исследования озера Ильмень в 2025 г.

А.А. Быстрова[1,2], *М.С. Исаченко*[1], *С.А. Дьякова*[1]

[1]Санкт-Петербургский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга»), г. Санкт-Петербург
[2]Новгородский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («НовгородНИРО»), г. Великий Новгород
e-mail: isachenko@niorh.vniro.ru

Оз. Ильмень является одним из крупнейших пресноводных водоемов северо-запада России и представляет собой уникальную и динамичную гидросистему. Его экологическое состояние определяется сложным взаимодействием абиотических факторов, включая значительные сезонные колебания уровня воды, специфические термические условия и возрастающую антропогенную нагрузку. В последние 10-летия комплексное воздействие сельскохозяйственной деятельности, урбанизации и рекреационного освоения водосборного бассейна привело к интенсификации процессов эвтрофирования, что проявляется в ухудшении ключевых показателей качества воды, трансформации структуры планктонных сообществ и нарушении кислородного режима. Микробиологические показатели служат интегральными индикаторами экологического состояния водных экосистем, что обусловлено их ключевой ролью в биогеохимических циклах и высокой чувствительностью к изменениям среды. Для оз. Ильмень, характеризующегося мелководностью, интенсивным водообменом и значительной антропогенной нагрузкой на водосборный бассейн, применение микробиологических критериев оценки приобретает особую значимость. Структура бактериопланктона оперативно реагирует на поступление аллохтонного органического вещества, позволяя выявлять начальные стадии эвтрофирования, которые могут не обнаруживаться традиционными гидрохимическими методами.

В условиях активного перемешивания водной массы и пространственной гомогенизации загрязняющих веществ именно анализ соотношения физиологических групп гетеротрофных бактерий (сапротрофных и олиготрофных) позволяет верифицировать трофический статус водоема.

Пробы воды отбирали из поверхностного горизонта в июле 2025 г. батометром Паталаса в объеме 500 мл, согласно ГОСТ 31942-2012. Сетка станций включала 8 точек в основной акватории озера.

Для определения общей численности бактерий (ОЧБ) в воде пробы фиксировали 40%-ным раствором формальдегида до концентрации 2 %. Микроорганизмы подсчитывали под люминесцентным микроскопом МИКМЕД – 26 на темных нуклеопоровых фильтрах (диаметр пор 0,20 мкм) с применением флюоресцентного красителя – флуорохрома ДАФИ (4,6-диамидино-2-фенилиндол дигидрохлорид). Для установления численности сапротрофных бактерий использовали питательный агар (Nutrient agar M001, производство HiMedia), олиготрофных бактерий – голодный агар с содержанием питательных веществ 50 мг/л. Колонии

микроорганизмов в зависимости от скорости роста считали через 2–15 сут инкубации.

Общая численность бактерий в период отбора проб варьировала от 3,29 до 4,63 млн кл./мл. Минимальное значение ОЧБ отмечено в центральной части озера (58.304444, 31.390278), максимальное – вблизи дельты р. Мста (58.361944, 31.475833). Значение ОЧБ в поверхностном слое воды соответствовало категории загрязненных вод (**α-мезосапробность).**

В составе бактериопланктона – культивируемые гетеротрофные бактерии, ответственные за трансформацию органического вещества, в частности сапротрофы участвуют в утилизации растворенного органического вещества. Данная группа бактерий активно развивается при высоких концентрациях питательных веществ, в эту группу входят как истинные сапротрофы, автохтонные обитатели водной среды, так и условно-патогенные и патогенные бактерии, способные вызывать сапронозные инфекции. Вышеуказанные свойства сапротрофных бактерий определяют актуальность их исследования в системе экологического мониторинга водной среды. В период исследования количество сапротрофных бактерий находилось в пределах 0,1–1,1 тыс. КОЕ/мл. Наименьшее количество клеток обнаружено вблизи дельты р. Мста, наибольшее – в северо-западной части акватории озера (58.280556, 31.251389). **Значение сапротрофных бактерий** соответствовало категории чистых вод (ксено- и олигосапробность). По соотношению к ОЧБ количество сапротрофных бактерий было невелико, индекс сапробности (коэффициент Разумова) отвечал чистым водам.

К гетеротрофам также относят олиготрофные бактерии, которые растут при содержании органических веществ менее 50 мг/л. Поскольку в норме содержание растворенного органического вещества в поверхностных водах водоемов невелико, преобладающей группой в гетеротрофном бактериопланктоне являются именно олиготрофы. При наличии в среде органического загрязнения олиготрофные бактерии замедляют или прекращают рост, в то время как сапротрофы занимают доминирующее положение. Количество олиготрофов в водах оз. Ильмень варьировало от 0,1 до 0,7 тыс. КОЕ/мл. Минимальное количество олиготрофов в пробах воды зафиксировано в центральной части озера и у северного побережья вблизи устья р. Веряжа (58.319444, 31.09), максимальное – в северо-западной части озера. Соотношение численности сапротрофов к олиготрофам (коэффициент Кт) в исследуемом районе превышало 1, что указывало на дисбаланс в составе гетеротрофного бактериопланктона.

Таким образом, пространственная структура бактериопланктона в оз. Ильмень характеризовалась относительной однородностью, что обусловлено специфическим сочетанием морфометрии и гидрологического режима водного объекта. В отличие от других крупных озер северо-западного региона, таких как Ладожское, Онежское и Сайма, для которых характерна выраженная пространственная неоднородность микробных сообществ, оз. Ильмень демонстрировало противоположное явление. Его морфометрические параметры – малая глубина, отсутствие значительных перепадов рельефа дна, а также широкая и открытая акватория – создавали условия для относительно равномерного перемешивания водных масс. В совокупности с гидрологическими особенностями, включая высокую подвижность водных слоев, влияние многочисленных впадающих рек, таких как Мста и Ловать, быстрое обновление вод приводило к тому, что бакте-

риопланктон распределялся по всей акватории более равномерно. В течение всего вегетационного сезона здесь не формировались устойчивые зоны концентрации или локальные очаги повышенной численности микроорганизмов. Количество сапротрофных бактерий в исследуемых пробах воды варьировало в пределах 0,1–1,1 тыс. КОЕ/мл, что позволяло отнести данный водоем к категории «чистые воды». Такой показатель свидетельствовал об отсутствии значительного избытка легкодоступных органических соединений, которые обычно служат субстратом для интенсивного развития сапротрофных микроорганизмов. Вместе с тем численность олиготрофных бактерий также оставалась сравнительно низкой и находилась в диапазоне 0,1–0,7 тыс. КОЕ/мл, что указывало на ограниченное развитие этой физиологической группы и могло быть связано с особенностями гидрохимического режима и доступности органического вещества в более устойчивых формах. Высокий уровень общей численности бактерий, вероятно, обусловлен значительным вкладом некультивируемых форм микроорганизмов, в том числе представителей различных экологически значимых групп, таких как серобактерии, участвующие в сернокислотном цикле, железобактерии, играющие важную роль в биогеохимическом круговороте железа, а также цианобактерии, способные к фотосинтезу. Следовательно, высокая ОЧБ отражает не столько активное развитие сапротрофной или олиготрофной микробиоты, сколько специфику микробного сообщества оз. Ильмень, включающего широкий спектр некультивируемых популяций, которые имеют существенное значение для функционирования водной экосистемы.

УДК 597.2/.5

Гаплотипическое разнообразие корейской востробрюшки *Hemiculter leucisculus* (Basilewsky, 1855) на юге Дальнего Востока России по данным гена *cox1* мтДНК

К.С. Вайнутис[1], М.Е. Шаповалов[2], А.Н. Воронова[3], Р.А. Максимов[1], Н.Е. Зюмченко[4]

[1]Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток
[2]Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток
[3]Тихоокеанский государственный медицинский университет, г. Владивосток
[4]Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток
e-mail: vainutisk@gmail.com

Корейская востробрюшка *Hemiculter leucisculus* (Xenocyprididae, Cypriniformes) – вид-интродуцент, способный адаптироваться в условиях стабильных, самоподдерживающихся пресноводных биоценозов. *Hemiculter leucisculus* широко распространен в водоемах Восточной Азии. Ранее показаны морфологические особенности и обозначен локалитет *H. leucisculus* в Лучегорском водохранилище. Позднее на основе фрагмента гена *cytb* мтДНК были реконструированы филогенетические связи *H. leucisculus* из Китая, Южной Кореи, Вьетнама и России (оз. Ханка). Расширенный популяционно-генетический анализ *H. leucisculus* впервые был проведен в Китае на основе фрагмента гена *cytb*. Было показано разделение этого вида на четыре дочерние группы в семи речных системах Китая. Исследования гаплотипического разнообразия *H. leucisculus* в речных системах Азии на основе гена *cox1* мтДНК отсутствуют.

Целью настоящего исследования является оценка гаплотипического разнообразия *Hemiculter leucisculus* в водоемах Средней, Юго-Восточной и Северо-Восточной Азии на основе анализа нуклеотидных последовательностей гена *cox1* мтДНК.

Половозрелые особи корейской востробрюшки *Hemiculter leucisculus* были отловлены в октябре 2022 г. в Лучегорском водохранилище (Пожарский район, север Приморского края). Для молекулярно-генетического анализа отобраны шесть особей, ткани которых были предварительно зафиксированы в 96%-ном этаноле.

Тотальная ДНК была выделена методом щелочного лизиса HotShot из шести образцов *H. leucisculus*. Проведена классическая ПЦР с применением предподготовленной смеси реактивов DreamTaq Green PCR Master Mix (Thermo Scientific, USA) и универсальных «фолмеровских» праймеров для получения баркодингового («фолмеровского») участка гена *cox1* митохондриальной ДНК: прямой – LCO1490; обратный – HCO2198. Секвенирование «фолмеровского» фрагмента *H. leucisculus* проведено с применением пары праймеров LCO1490 и HCO2198. Дополнительно для популяционно-генетического анализа из генного банка GenBank загружено 558 нуклеотидных последовательностей гена *cox1* мтДНК *H. leucisculus*. Выравнивание нуклеотидных последовательностей и расчет генетических дистанций проводили в программе MEGA11, гаплотипирование всех последовательностей *cox1 H. leucisculus* – в программе DnaSP6.

Длина полученных последовательностей гена *cox1* мтДНК составила 694 п.н. Внутривидовая дивергенция изучаемых образцов 0 %. Всего на основе анализа 564 нуклеотидных последовательностей выявлено 66 гаплотипов *H. leucisculus*, распределенных в различных локалитетах России, Китая, Южной Кореи, Японии, Тайваня, Вьетнама, Узбекистана, Азербайджана. Наши образцы представляют гаплотип H1, который насчитывает 42 последовательности из Южной Кореи, Китая и России. Три гаплотипа представлены наибольшим количеством последовательностей: 140 (H2), 112 (H4) и 82 (H24).

Неукорененное филогенетическое дерево показывает достоверное разделение на две основные гаплогруппы *Hemiculter leucisculus*: L1 (39 гаплотипов) и L2 (26 гаплотипов). Это согласуется с диапазонами генетических p-дистанций: между гаплогруппами L1 и L2 – 3,57–5,75 %; внутри L1 – менее 2 %; внутри L2 – менее 2 %. Общий диапазон p-дистанций внутри *H. leucisculus* – 0,20–5,75 %. Генетическая дивергенция между H1 и 38 гаплотипами (L1) из Южной Кореи, Китая, Тайваня, Японии, Узбекистана и Азербайджана – 0,2–1,59 %. Остальные 26 гаплотипов (L2) отличались от H1 на 4,17–5,16 %. В соответствии с принятым для карповых рыб внутривидовым диапазоном дистанций значения внутри L1 и L2 согласуются с внутривидовым диапазоном, а дистанции между ними перекрываются с верхними значениями внутривидового и нижними межвидового интервала. Такой уровень дивергенции (3,57–5,75 %) не соответствует межвидовому и, вероятно, может указывать на отношения между подвидами. В этом случае необходим тщательный пересмотр диагностических признаков особей из двух гаплогрупп L1 и L2. Традиционно у корейской востробрюшки не принимается разделение на подвиды в связи с отсутствием достоверных данных об их морфологии в регионах Средней и Восточной Азии. В частности, на территории Приморского края обитают представители гаплогруппы L1 в бассейнах оз. Ханка и р. Уссури (р. Контровод), при этом обе гаплогруппы могут быть обнаружены в Китае, в том числе в единых речных бассейнах – Янцзы, Цзиньшацзян.

Кроме того, на основе анализа BLASTN установлено, что гаплотип H13 (Ухань, провинция Хубэй, Китай) был неверно идентифицирован как *H. leucisculus* и фактически является китайским пескарём *Sarcocheilichthys sinensis* (совпадение 99,84 %). Дивергенция H13 по отношению к 65 гаплотипам *H. leucisculus* находится на межродовом уровне – 14,88–17,46 %.

Предварительные результаты генетического анализа корейской востробрюшки *Hemiculter leucisculus* Лучегорского водохранилища (север Приморского края) показывают однородность гаплотипического состава, а именно представленность единым гаплотипом H1. Идентичный гаплотип *H. leucisculus* также встречается в оз. Ханка (юг Приморского края) и водах Южной Кореи и Китая. На данный момент из всех известных гаплотипов *H. leucisculus* H2, загруженный в генный банк из Южной Кореи, Китая и Узбекистана, является самым богатым по количеству последовательностей (140). Всего выявлено 66 гаплотипов *H. leucisculus*, из которых H13 неверно идентифицирован как *H. leucisculus* и фактически является китайским пескарём *Sarcocheilichthys sinensis*. Значения генетических дистанций между 65 гаплотипами *H. leucisculus* (0,2–5,75 %) соответствуют внутривидовому диапазону дивергенции. Таким образом, на основе расширенного генетического анализа подтверждается распространение корейской востробрюшки *H. leucisculus* в водах восьми стран – Россия, Китай, Южная Корея, Япония, Тайвань, Вьетнам, Узбекистан, Азербайджан.

УДК 639.371/374

Показатели крови судака *Sander lucioperca* в аквакультуре при выращивании с разной плотностью посадки и на разных кормах

М.М. Вылка, А.А. Лютиков

Санкт-Петербургский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга»), г. Санкт-Петербург
e-mail: vylka.maxim@yandex.ru

Из пресноводных окуневых рыб судак является перспективным и в то же время наиболее сложным объектом аквакультуры и искусственного воспроизводства. Данный вид широко распространен в пресных водоемах Европы и Азии, обитает на опресненных участках Балтийского, Черного, Азовского, Каспийского и Аральского морей. В настоящее время аквакультура судака активно развивается в европейских странах. В России это направление также вызывает интерес. Для повышения эффективности выращивания судака необходимо совершенствование биотехнологии его культивирования с изучением условий содержания рыб и разработкой специализированных кормов. В связи с этим на рыбоводном хозяйстве «Форват» (Ленинградская область) проводились опыты, в ходе которых были определены оптимальные плотности посадки судака в рыбоводные садки и испытаны наиболее перспективные кормовые белковые компоненты, способные адекватно заменить рыбную муку в кормах для судака.

Оценку влияния на физиологическое состояние судака плотностей посадки (эксперимент 1) и включение белковых компонентов в корма проводили на основе исследования гематологических показателей, что и являлось целью настоящей работы. Также на основе полученных данных были определены наиболее оптимальные условия культивирования судака.

Исследование проводили на разновозрастных особях судака (1–3+), выращенных на рыбоводном хозяйстве ООО «Форват, Центр технологий разведения сиговых рыб. Сиговый питомник» (Ленинградская область) по индустриальной технологии. Во время исследований рыб содержали в рыбоводных садках площадью 2,5 м^2, глубиной 2 м, размер ячеи 12–16 мм.

Определение оптимальной плотности посадки при формировании ремонтно-маточного стада судака проводили в нескольких вариантах, для этого использовали двух- и трехлеток (1+ и 2+). При кормлении четырехлетних (3+) особей прменяли экспериментальные рецептуры с включением заменителей рыбной муки: концентрата соевого белка «Протефид» (15 % от суммы всех компонентов корма), концентрата горохового «Протелон» (15 %), муки из личинки черной львинки (15 %), высокобелкового продукта микробиосинтеза под торговым названием «гаприн» (13 %). Результаты выращивания сравнивались с данными, полученными при кормлении рыбы кормом, содержащим в качестве основного белкового компонента рыбную муку (около 50 %) – контрольный вариант. Корректировку экспериментальных рецептур проводили в Департаменте прикладных исследований комбикормов и научного сопровождения производств ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», изготовление кормов – на производственной базе филиала

«ВНИРО» по пресноводному рыбному хозяйству «ВНИИПРХ». В работе использовали стандартные методы обработки ихтиологического материала и гематологического анализа.

По результатам исследований определено, что оптимальная плотность посадки рыб при садковом способе выращивания, при которой не наблюдается снижение рыбоводно-биологических и гематологических показателей для двух- и трехлеток судака, составляет 42 и 19 экз./м^3 соответственно. У рыб не произошло снижение размерно-массовых показателей, сохранился нормальный темп роста. Показатели крови также находились на нормальном уровне без патологических отклонений. Содержание гемоглобина в крови рыб составило 60–65 г/л, доля незрелых эритроцитов 1,5–2,5 %, количество лейкоцитов на 500 эритроцитов 6,0–2,5 шт. У двух- и трехлеток судака из вариантов с повышенными плотностями посадки до 84 и 38 экз./м^3 соответственно содержание гемоглобина в крови рыб оказалось ниже на 10–15 %, а количество лейкоцитов – на 20–25 %. Сдвигов в лейкоцитарной формуле не обнаружено.

При выращивании судака с применением кормов, содержащих соевую и гороховую муку, муку из личинок черной львинки, высокобелковую микробиологическую добавку (гаприн), отмечалось ухудшение параметров крови. Оно выражалось в снижении содержания гемоглобина в крови (ниже 60 г/л) и повышении скорости оседания эритроцитов (1,6–1,8 мм/ч, при условной норме 1,0–1,2 мм/ч) по сравнению с контрольной группой рыб. В лейкоцитарной формуле патологических сдвигов не обнаружено.

Повышение плотности посадки рыбы в садки и бассейны имеет экономическое значение. В проведенных опытах по формированию ремонтно-маточных стад судака физиологические показатели свидетельствовали о нормальном состоянии рыб при содержании в рыбоводных садках с плотностью посадки 42 экз./м^3 для особей 1+ и 19 экз./м^3 для особей 2+.

У судака (3+) при использовании кормов с заменителями рыбной муки на соевый и гороховый концентраты, муки из личинок черной львинки и высокобелковой микробиологической добавки (гаприн) происходит ухудшение гематологических показателей по сравнению с контрольной группой рыб, выращенных с использованием в качестве основного белкового компонента рыбной муки.

Полученные материалы исследования позволят оптимизировать технологию индустриального выращивания судака, а также скорректировать процесс кормления рыб путем подбора наиболее безопасных для рыбоводства компонентов корма.

УДК 574.58

Количественные характеристики планктонных и донных беспозвоночных Тетюшинского плеса Куйбышевского водохранилища (Республика Татарстан)

М.А. Гвоздарева, А.В. Мельникова

Татарский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Казань
e-mail: g.margarita@tatarstan.vniro.ru

Тетюшинский плес представляет собой суженную часть Куйбышевского водохранилища и характеризуется значительными глубинами, которые в районе бывшего русла превышают 30 м. В этой части акватории происходят смешение волжских и камских водных масс и преобразование речной воды в водохранилищную. Сама водохранилищная водная масса образуется уже от г. Ульяновск до Жигулевской ГЭС. Таким образом, на разных участках Куйбышевского водохранилища сформировались два типа биоценозов: речной и озерный.

В данной работе проведена оценка количественного развития планктонных и донных беспозвоночных Куйбышевского водохранилища в районе Тетюшинского плеса по материалам гидробиологической съемки в период 2020–2024 гг. Пробы отбирались ежегодно в вегетационный период (весна, лето, осень) на двух станциях: левобережье и русло. Актуальность настоящей работы заключается в оценке современного состояния таксономического и количественного развития рассматриваемых групп гидробионтов на акватории Тетюшинского плеса.

Гидрохимические и гидрологические параметры водной среды рассматриваемой акватории в ходе экспедиционных исследований имели следующие значения: температура поверхностного слоя – 14,92 ± 1,68 °С, прозрачность – 1,61 ± 0,15 м, содержание растворенного в воде кислорода – 9,31 ± 0,35 мг/л, скорость течения – 0,452 ± 0,191 м/с.

В качестве основного орудия сбора зоопланктона использовали малую сеть Джеди (диаметр верхнего кольца 12 см) из газа с размером ячеи 82 мкм. Отбор проб осуществлялся тотально – облавливался весь столб воды от дна до поверхности. Зообентос отбирали дночерпателями Петерсена или ДАК (площадь захвата которых 1/40 м^2) по две пробы на каждой станции. Отобранный грунт промывали через сито размером ячеи 0,27–0,33 мм. Весь материал фиксировали 40 %-ным раствором формалина из расчета его концентрации в пробе 4 %. Таким образом, всего было собрано и обработано около 80 проб. Камеральная обработка материала проводилась в лабораторных условиях согласно общепринятым в гидробиологии методикам.

Фауна **планктонных беспозвоночных** характеризовалась присутствием 82 таксонов, из них 33 принадлежало типу Rotifera, 49 – подтипу Crustacea. Основу фауны Rotifera формировали представители 9 семейств (сем.) и 1 отряда Bdelloida (видовая идентификация данной группы осуществляется преимущественно витально). Наибольшим разнообразием отличались сем. Brachionidae (13 таксонов) и Synchaetidae (9). Обнаруженные виды ракообразных относились к 2 группам: Cladocera (26 %) и Copepoda (34 %). Ветвистоусые ракообразные включали

представителей 8 семейств, где по числу таксонов превалировали Chydoridae (6). Подкласс веслоногих ракообразных характеризовали 3 отряда: Cyclopiformes (15), Calaniformes (9), Harpactiformes (4) и их неполовозрелые особи (науплиальная и копеподитная стадии развития). Следует отметить, что в большинстве гидробиологических проб встречались также представители мероплактона (велигеры дрейссен и мелкие бентические формы).

К «руководящим» видам (частота встречаемости *P*> 75 %) относились *Keratella quadrata* (Müller, 1786) и *Bosmina (Bosmina) longirostris* (O.F. Müller, 1785), их доля от общего таксономического состава составляла 2 %. На долю «доминирующих» (*P*>50 %) и «субдоминирующих» видов (*P*>25 %) приходилось по 12 %, остальные (73 %) составляли группу «случайные или редкие» виды. В среднем удельное видовое разнообразие соответствовало значению 17±1 таксон/проба.

Средние количественные показатели зоопланктона Тетюшинского плеса составляли 17,60 ± 4,02 тыс. экз./м^3 по численности и 0,15±0,06 г/м^3 по биомассе. Наибольший вклад в значение плотности вносили неполовозрелые особи веслоногих ракообразных (46 % общих значений), по биомассе доминировали ветвистоусые ракообразные (52 %). Высокие индексы доминирования по численности отмечались для *Synchaeta kitina* (Rousselet, 1902) (2,94), *Euchlanis dilatata* (Ehrenberg, 1832) (2,19), *K. quadrata* (Müller, 1786) (2,64), по биомассе – для *Daphnia galeata* (Sars, 1863) (2,23).

В сезонном отношении количественные показатели численности и биомассы планктонной фауны характеризовались более высокими значениями летом (32,57 ± 7,04 тыс. экз./м^3 и 0,32 ± 0,12 г/м^3 соответственно), чем осенью (3,09 ± 0,95 тыс. экз./м^3 и 0,01 ± 0,001 г/м^3). Весной плотность находилась на уровне 14,39 ± 5,76 тыс. экз./м^3, биомасса – на уровне 0,05 ± 0,02 г/м^3. Весной и осенью по численности доминировали мелкие представители планктонной фауны – Rotifera (51 и 33 % соответственно) и неполовозрелые Copepoda (42 и 49 %). Летом доля младшевозрастных веслоногих рачков в целом не изменилась (47 %), однако значительно снизился вклад коловраток (13 %) и вырос – мероплактона, в частности за счет велигеров двустворчатого моллюска *Dreissena* sp. (29 %). По биомассе весной преобладали Rotifera (37 %) и неполовозрелые Copepoda (44 %), которые, в свою очередь, доминировали и осенью (47 %), летом – Cladocera (60 %).

Количественные показатели планктонных беспозвоночных глубоководного и мелководного участков несколько отличались. Средняя численность зоопланктона на русле (14,75 ± 5,03 тыс. экз./м^3) была меньше, чем на мелководье (19,45 ± 6,32 тыс. экз./м^3). Биомасса, наоборот, оказалась выше на глубоководном участке (0,19 ± 0,10 г/м^3) в отличие от биомассы на прибрежном участке (0,08 ± 0,02 г/м^3). Данные различия были обусловлены тем, что в русле основной вклад в биомассу вносили крупные ветвистоусые ракообразные (63 %,), а на участке около берега – мелкие коловратки (22 %) и неполовозрелые веслоногие ракообразные (31 %).

Межгодовая динамика количественных показателей планктонных беспозвоночных значительно различается, что объясняется изменением факторов окружающей среды (температурным и уровенным режимами вод, сроками наступления ледостава и вскрытия ото льда и т.д.), а также доминированием различных групп зоопланктона. Так, наблюдалась устойчивая тенденция повышения численности зоопланктона с 6,32±2,77 тыс. экз./м^3 (2020 г.) до 33,30 ± 12,12 тыс. экз./м^3 (2024 г.)

и отмечалось увеличение доли велигеров дрейссенид (до 36 % в 2023 г.). По биомассе тоже прослеживался рост значений с 0,06 ± 0,03 г/м^3 (2020 г.) до 0,27 ± 0,22 г/м^3 (2023 г.). Однако в 2024 г. этот показатель снизился до 0,11 ± 0,06 г/м^3 и был ниже, чем в 2021 г. (0,16 ± 0,05 г/м^3), что обусловлено значительным снижением роли Cladocera.

Донная фауна Тетюшинского плеса была представлена 60 таксономическими единицами. Выявленный состав относился к группам Nematoda, Annelida (Polychaeta, Oligochaeta и Hirudinea), Mollusca (Bivalvia и Gastropoda) и Arthropoda (Crustacea и Insecta). Класс ракообразных на данном участке включал представителей из отрядов Cumacea и Amphipoda. Фауна насекомых характеризовалась присутствием таксонов из отрядов Coleoptera и Diptera. Наиболее разнообразно в таксономическом отношении были представлены двукрылые насекомые, на их долю приходилось около 33 % состава донной фауны рассматриваемой акватории, на втором месте располагались олигохеты (22 %).

Удельное таксономическое разнообразие составило 10±1 таксонов на пробу. Наибольшей частотой встречаемости (*P*, %) характеризовались полихета *Hypania invalida* (Grube, 1860) (71 %), олигохета *Limnodrilus* sp. (69 %), хирономида *Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum* (Meigen, 1804) (63 %) и двустворчатый моллюск *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897) (59 %).

Среднегодовые количественные показатели зообентоса рассматриваемой акватории по численности составили 4658 ± 684 экз./м^2, по биомассе – 935,65 ± 281,07 г/м^2. В зависимости от абиотических условий эти значения находились в диапазоне 160–22480 экз./м^2 и 0,20–9286,68 г/м^2 соответственно. Основу обилия донной фауны формировали представители группы Mollusca (49 % от средней численности и 99 % – по биомассе). Максимальное значение индекса доминирования отмечалось для двустворчатого моллюска *D. bugensis* (по численности – 3,72 и биомассе – 5,62), на долю которого приходилось 40 и 90 % средних количественных показателей соответственно.

Наибольшая численность донной фауны отмечалась в осенний период (5464 ± 910 экз./м^2), наибольшая биомасса – в весенний (1263,58 ± 610,56 г/м^2), тогда как в другие сезоны значения их существенно не отличались (в пределах ошибки средней). Численность в весенний период составила 4256 ± 1426 экз./м^2, в летний – 4355 ± 1098 экз./м^2. Биомасса летом соответствовала значению, равному 732,89 ± 417,81 г/м^2, осенью – 758,40 ± 357,09 г/м^2. Во все сезоны по обилию преобладали моллюски, составляя по численности более 38 %, по биомассе более 90 %.

В пространственном отношении донная фауна наибольшим развитием характеризовалась на прибрежье (численность – 5089 ± 898 экз./м^2 и биомасса – 1104,07 ± 497,28 г/м^2), чем на русле (4277 ± 1026 экз./м^2 и 786,65 ± 302,44 г/м^2 соответственно). На мелководье основной вклад по плотности вносили моллюски (49 %) и ракообразные (35 %), на русле доминировали преимущественно моллюски (49 %). Основу биомассы на обоих биотопах формировали Mollusca (> 98 %).

Анализ межгодовой динамики выявил, что наибольшие значения плотности донной фауны наблюдались в 2020 г. (6060 ± 1512 экз./м^2) и 2023 г. (6113 ± 1357 экз./м^2), биомассы – в 2020 г. (1947,5 ± 8821 г/м^2). Во все рассматриваемые годы основу обилия на данной акватории формировали моллюски, в частности *D. bugensis*, для которых отмечена соответствующая картина изменения показате-

лей. Такие межгодовые изменения в основном связаны с колебанием уровня воды и температурным режимом в Куйбышевском водохранилище. Так, в 2023 г. наблюдался очень низкий уровень воды, который в вегетационный период составил в среднем 51,19 м БС, что привело к осушению мелководных участков и повлияло на качественное и количественное развитие зообентоса в 2024 г.

Согласно «шкале трофности», Тетюшинский плес Куйбышевского водохранилища по степени развития планктонных беспозвоночных соответствовал «ультраолиготрофному» типу водоема и классу «очень низкий», по зообентосу – «политрофному» и «очень высокому» соответственно.

Таким образом, Тетюшинский плес Куйбышевского водохранилища характеризовался присутствием 82 таксонов зоопланктона и 60 – зообентоса. Наиболее богато были представлены коловратки и двукрылые насекомые соответственно. Среднегодовые показатели численности и биомассы планктонных беспозвоночных составили 17,60 ± 4,02 тыс. экз./м^3 и 0,15 ± 0,06 г/м^3, донных – 4658 ± 684 экз./м^2 и 935,65 ± 281,07 г/м^2. Существенную роль в формировании этих показателей в планктонной фауне играли неполовозрелые особи Copepoda (по численности) и Cladocera (по биомассе), в донной фауне – Mollusca, за счет *D. bugensis.* В период проведения исследований для зообентоса наблюдалось снижение количественного развития главным образом в результате сокращения роли двустворчатых моллюсков на данной акватории. В то же время с 2020 по 2024 г. у зоопланктона прослеживалось четкое увеличение численности (за счет велигеров дрейссенид), однако для биомассы такая закономерность отмечалась только до 2023 г. Рост численности планктонной личинки дрейссенид, которые относятся к временному компоненту зоопланктона, позволяет предположить, что в будущем при стабильных факторах окружающей среды это приведет к увеличению обилия бентосной формы этого моллюска.

УДК 595.745(285)(571.12)

Трихоптерофауна водоема-охладителя Тюменской ТЭЦ – 1

А.Г. Герасимов[1], А.А. Герасимова[2], Т.А. Шарапова[2]

[1] Тюменский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень
[2] Тюменский научный центр СО РАН, г. Тюмень
e-mail: a.gerasimov@gosrc.vniro.ru

Ручейники (Trichoptera) – группа насекомых с полным превращением, личиночная стадия которых проходит в разнообразных пресных водоемах. Большинство их личинок развиваются только в чистой воде, и ручейники таким образом являются биоиндикатором экологических условий водной среды. Разнообразие способов питания сказывается на образе жизни и «строительной» деятельности. Так, хищные насекомые способны к строительству ловчих сетей. Некоторые представители ручейников на личиночной стадии (Ecnomidae) строят извилистые трубки, превышающие длину особи. На стенках таких «домиков» личинки собирают растительную или животную пищу.

Несмотря на более чем 100-летний период изучения фауны ручейников (на преимагинальных стадиях развития) России, включая территорию Западной Сибири, видовой состав и распространение этих насекомых изучены крайне недостаточно, как и видовой состав ручейников искусственных и трансформированных экосистем. Целью работы было выявление таксономического разнообразия ручейников на личиночной стадии развития в зооперифитоне и зообентосе водоема-охладителя Тюменской ТЭЦ – 1 (оз. Оброчное) под воздействием повышенной температуры воды.

Водоемом-охладителем Тюменской ТЭЦ – 1 является старица р. Тура (оз. Оброчное). Площадь данного водоема – 0,2 км^2. Озеро имеет вытянутую форму, что увеличивает остывание нагретых вод при прохождении теплоносителя по водоему.

Трихоптерофауну зооперифитона и зообентоса изучали с 2016 по 2018 гг. с июня по октябрь: в 2016 г. пробы отбирали на 5 станциях, в 2017 и 2018 гг. – на 7. Точки отбора отличались температурой воды и скоростью течения. Максимальная температура воды за период исследования (28,0–39,4 °С) отмечалась на 2 станциях с течением (ст. 1 – 0,13 м/с, ст. 3 (сбросной канал) – 0,72 м/с) и без течения (ст. 2). Зона умеренного подогрева (температура ниже на 4–5 °С) – на 2 станциях: на течении (ст. 5 – 0,54 м/с) и без течения (ст. 4). Ст. 6 приближена к естественным условиям и играла роль фоновой (без течения, в отдалении от сброса теплоносителя), температура воды изменялась от 1,8 до 24,3 °С за период проведения работ. Ст. 7 находится вблизи сброса подогретых вод в р. Тура.

Всего для анализа использовали данные 495 проб. На каждой станции отбирали 3 пробы зообентоса и 3 зооперифитона (кроме ст. 3 и 7, там только перифитон). В 2016 г. было взято 135 проб (75 перифитона и 60 бентоса), в 2017 и 2018 гг. – по 180 проб (105 перифитона и 75 бентоса).

За период исследований отмечены личинки 11 таксонов ручейников, относящиеся к 7 семействам и 10 родам, из них в зооперифитоне – 11 (*Ecnomus*

tenellus (Rambur, 1842); *Neureclipsis bimaculata* (Linnaeus, 1758); *Oecetis ochracea* (Curtis, 1825); *O. lacustris* (Pictet, 1834); *Mystacides longicornis* (Linnaeus, 1758); *Athripsodes* sp.; *Hydropsyche ornatula* (McLachlan, 1878); *Brachycentrus subnubilis* (Curtis, 1834); *Orthotrichia tragetti* (Mosely, 1930); *Tricholeiochiton fagesii* (Guinard, 1879), *Limnophilus* sp.), в зообентосе – 3 (*O. ochracea, M. longicornis*; *N. bimaculata*). Из всех перечисленных ручейников 2 вида относятся к голарктическим (*N. bimaculata* и *M. longicornis*) и 7 – к палеарктическим (*E. tenellus*, *O. ochracea, O. lacustris*, *H. ornatula, B. subnubilis, O. tragetti, T. fagesii*). Ручейники *T. fagesii* были встречены единично, они являются редкими на юге Тюменской области, *E. tenellus* обнаружен на территории Тюменской области впервые в перифитоне.

Бóльшая часть ручейников зафиксирована в перифитоне, где их индивидуальная численность на отдельных станциях достигала 2000 экз./м^2 (*H. ornatula*, ст. 7 в октябре 2018 г.). В доминирующий комплекс трихоптерофауны за все годы исследований входили *N. bimaculata* и *H. ornatula*. Изучение развития *N. bimaculata* в летне-осенний период показало, что наибольшая численность была в июле 2016–2017 гг. при температуре воды 28 °С и составила 46–60 % от общей численности личинок ручейников. При повышении температуры воды до 36–39 °С снижалась численность *N. bimaculata.*

Личинки *H. ornatula* чаще всего отмечали в июне–июле 2018 г. на течении (ст. 1, 3, 5 и 7), когда температура воды не превышала 25–30 °С. В летне-осенний период 2016 г., вероятно, из-за высокой температуры воды (34–39 °С) *H. ornatula* отсутствовала в пробах с июля по сентябрь.

Исследование водоема-охладителя показало, что в зонах повышенного подогрева воды, когда температура достигала максимальных значений (до 39 °С), ручейники отсутствовали. Бóльшее видовое разнообразие отмечалось в июне на станциях с температурой воды до 30 °С и осенью (сентябрь–октябрь), когда температура воды составляла 10–20 °С. При высоких значениях температуры воды (35–39 °С) встречались единичные экземпляры *N. bimaculata* и представители семейства Leptoceridae, при минимальных (6,0–8,5 °С в октябре) – *N. bimaculata* и *H. ornatula*.

В водоеме-охладителе Тюменской ТЭЦ – 1 ручейники зафиксированы как в бентосе, так и в перифитоне, всего 11 видов. Доминантами являлись *N. bimaculata* и *H. ornatula*. Оптимальная температура воды для роста и развития ручейников составляла 23–28 °С. При температуре воды, достигающей 39 °С, личинки ручейников погибали.

УДК 504.423

Особенности гидрохимических условий северо-западной части Тихого океана в летний период 2025 г.

Е.Н. Голубева[1], Е.Ю. Малыгин[2]

[1]Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
[2]Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток
e-mail: fish@tinro-centr.ru

Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») в летний период на регулярной основе проводит комплексную съемку акватории северо-западной части Тихого океана (СЗТО). Этот район – один из важнейших для мирового рыболовства. Воды СЗТО отличаются высокой продуктивностью, что связано с наличием хорошо выраженных фронтальных зон, взаимодействием субарктических и субтропических водных масс, а также с активной циркуляцией, обусловленной течениями Куросио и Ойясио, их ветвями и синоптическими вихрями. Эти процессы играют определяющую роль в формировании условий нагула и миграций основных промысловых видов рыб, что делает мониторинг в СЗТО особо актуальным. Цель работы – выявление особенностей гидрохимических условий СЗТО в летний период 2025 г.

Основой для исследования послужили данные комплексной экспедиции в июне–июле 2025 г. на НИС «ТИНРО» в СЗТО. Всего за период работ было выполнено 92 гидрологические станции, на каждой из которых был произведен отбор проб воды на стандартных горизонтах 0, 20, 50, 100, 200, 500 и 1000 м. Гидрохимические исследования включали определение концентраций растворенного кислорода (метод Винклера) и биогенных элементов (кремний и фосфаты) по стандартным методикам. Отбор проб воды осуществлялся батометрами Нискина. Анализ выполнялся на борту судна не позднее 12 ч после отбора. Для визуализации данных использовались специализированные программные пакеты (Ocean Data View, SURFER).

В поверхностном слое концентрация растворенного кислорода варьировала в диапазоне 5,5–8,5 мл/л (90–125 % насыщения). Значения ниже 7,0 мл/л наблюдались в океанической части полигона в зоне смешения субарктических и трансформированных субтропических водных масс, а ниже 6,5 мл/л – в области трансформированных субтропических вод. Максимальные значения отмечались в прибрежных районах у о-ва Шикотан и юго-восточной части п-ова Камчатка.

На горизонте 50 м средняя концентрация растворенного кислорода составила 7,3 мл/л. Наиболее высокие показатели (7,6 мл/л) были зафиксированы в локальной области антициклонического вихря восточнее пролива Буссоль, что свидетельствует о его влиянии на вертикальную структуру вод. Минимальные концентрации кислорода (около 6,0 мл/л) отмечались в поверхностном слое в океанической части съемки, а также в проливе Фриза.

Концентрации биогенных элементов имели следующие значения: кремний варьировал в диапазоне от 0 до 45 μM с минимальными значениями в южной и юго-восточной частях полигона, занятых трансформированными субтропиче-

скими водами. Концентрации фосфатов составляли 0,05–2,00 μM. Южная часть полигона и локальная область у юго-восточной Камчатки характеризовались низкими показателями (менее 1,00 μM), тогда как в водах северной и западной частей акватории концентрации фосфата были выше 1,50 μM.

Проведенные исследования показали, что летом 2025 г. в СЗТО концентрация растворенного кислорода в поверхностном слое практически не отличалась от показателей прошлого года, но была несколько ниже, чем в 2023 г. Влияние антициклонического вихря Буссоль отразилось на распределении гидрохимических параметров, начиная с глубины 50 м, где была зафиксирована локальная область с повышенным содержанием кислорода (7,6 мл/л). Концентрации кремния на поверхности были несколько ниже прошлогодних значений, в то время как содержание фосфатов в поверхностном слое практически не отличалось от прошлогоднего.

УДК 93+639.2

Становление китайского промышленного рыболовства с момента образования Китайской Народной Республики и его влияние на мировой промысел

П.А. Демчук

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток
e-mail: andreypd2006@mail.ru

Становление промышленного рыболовства в Китайской Народной Республике (КНР) связано с многолетними преобразованиями. Изменения коснулись и общества, и экономики, и политики, что, в итоге, привело Китай к лидерству по мировому вылову рыб и других гидробионтов. К моменту образования КНР в 1949 г. в стране наблюдалось массовое разрушение морской инфраструктуры. Первоочередная причина – Вторая мировая война, которая в Китае унесла жизни около 35 млн человек (мирных жителей и воинов). Поэтому одной из основных задач страны после окончания войны было восстановление экономики, в том числе сектора рыболовства.

Периодом подъема промышленного рыболовства КНР являются 1950–1980-е годы. Это время можно охарактеризовать как постепенное возрождение судостроения. Началось создание независимой судостроительной промышленности, в первое время тесно связанное с сотрудничеством с СССР. Китай активно внедрял советские технологии сначала в сферу военно-промышленного комплекса, а затем – в промышленное рыболовство. Техническая помощь одной социалистической страны другой создала основу для появления в КНР новых технологий и проведения индустриализации, а следовательно – для развития промышленности во всех сферах. Однако резкое ухудшение отношений с СССР (1956 г. – XX съезд КПСС) вызвало ощутимые трудности в формировании отрасли. Китай стал развивать рыбную промышленность самостоятельно.

В 1977 г. Дэн Сяопин предложил стратегию развития рыбной промышленности, которая заключалась в двух направлениях. Первое основывалось на продолжении заимствования и применения передовых зарубежных технологий. Второе предусматривало строительство китайских судов и их продвижение на международном рынке. Под реализацию этой стратегии в 1979 г. была проведена реформа системы управления рыболовной отраслью в рамках политики «реформ и открытости» – рыбная отрасль определена как приоритетное направление китайской экономики. Правительство Китая начало оказывать активную государственную поддержку рыболовству.

В 1979–1989 гг. в рыбную промышленность Китая было вложено около 3 млрд юаней, что позволило создать комфортные условия для модернизации рыболовства, также этому способствовал приток инвестиций из зарубежных стран. Первым знаковым событием в развитии отрасли стал отказ от контроля за ценами на рыбную продукцию, что увеличило экономические возможности в дальнейшем развитии рыболовства.

Одновременно с проведением реформ Китай осуществлял закупку зарубежных технологий производства судового оборудования в виде лицензий, среди них – технологии производства судовых малых и среднеоборотных дизельных двигателей, генераторных установок, подъемных механизмов и т.д. В качестве примера этой инициативы в 1980-х годах китайская компания Weichai привлекала технологии австрийской Steyr и изготовляла двигатели серии WD615. С использованием данных наработки было налажено производство новых двигателей – WD10 и WD12, которые отличались высоким качеством. Weichai также производила двигатели серии 226B совместно с немецкой Deutz. Китайские инженеры получили ценный производственный опыт. Китай переводил множество зарубежных научных работ, связанных с рыболовством, что помогло продвигать инновации в области техники промышленного рыболовства – электрические системы для судов и орудия лова.

Эффективность принятых решений по совершенствованию промышленного рыболовства в Китае отразилась на объемах вылова. По данным о динамике внешней торговли продукцией рыболовства и объемам импорта и экспорта с 1984 по 2004 гг. можно видеть, что если в 1992 г. вывоз рыбной продукции составлял около 500 тыс. т (около 1,8 млрд $ США), то к 2002 г. – 2500 тыс. т (4 млрд $ США). Аналогичная ситуация была и по ввозу, в 1988 г. Китай импортировал около 600 тыс. т рыбы-сырца (500 млн $ США), а к 2000 г. – 2500 тыс. т (2 млрд $ США). В тот период произошло увеличение выработки продукции на душу населения – от 7 до 10 кг. В 2003 г. общий вылов КНР составлял 14,6 млн т, в 2005 г. – 14,3 млн т, а в 2011 г. – 14,9 млн т.

В наши дни промышленное рыболовство КНР характеризуется высокой интенсивностью отрасли и большими объемами добычи, страна занимает одно из ведущих мест в мире по вылову. Например, в 2022 г. общий вылов Японии составил около 3 млн т, Норвегии – 2,6 млн т, США – 4,3 млн т, России – 5 млн т, Китая – 13,2 млн т. По итогам 2024 г. Китай занял первое место в мире по объемам добычи водных биоресурсов. Данную тенденцию можно объяснить как технологическим прогрессом, так и экономическим скачком Китая в XXI в.

Растущий спрос на морепродукты и активная торговля произведенной рыбопродукцией способствуют увеличению объемов вылова. Модернизация техники рыболовства позволяет КНР достичь значимых результатов в развитии отрасли.

Из современных инноваций в области совершенствования рыболовных судов наиболее значимой является строительство судов из композиционных материалов. Китайская компания Weihai Zhongfu Xigang Ship Co., Ltd, специализирующаяся на исследованиях в сфере рыболовства, проектирования и конструкции траулеров, производит промысловые суда из композиционных материалов. На основе этой технологии компания создает суда различных типов, например, малое универсальное рыболовное судно, его длина составляет 7,4 м, скорость достигает 8 уз, главный дизельный двигатель обладает мощностью 105 л.с. Кроме того, из композиционных материалов производятся траулеры длиной 18 м с дизельным двигателем мощностью 278 л.с. Активно выпускаются траулеры-тунцеловы, их характеристики: длина – 29,18 м, мощность двигателя – 352 л.с., скорость – 10,5 уз. Они предназначены для ведения промысла ярусом продолжительностью до 20 сут.

Примеры, приведенные выше, показывают достойный уровень развития судостроения в современном Китае, что свидетельствует о значительных достижениях страны в промышленном рыболовстве.

В 2020 г. в г. Циндао провинции Шаньдун началось строительство Guoxin-1 – первого в мире судна водоизмещением 100 тыс. т. Длина этого гиганта составляет 249,9 м, ширина – 45,0 м. Судно создано в рамках проекта по выращиванию водных биоресурсов на значительном удалении от берега с использованием мобильных плавучих ферм для разведения рыбы и ее последующего лова (рыбу сначала выращивают внутри судна, затем выпускают в море для дальнейшего нагула, а потом вылавливают). Судно устойчиво к неблагоприятным погодным условиям, способно выдержать 9-балльный шторм. Официальный спуск на воду – в 2022 г.

Китай ведет взаимовыгодное сотрудничество с Россией в области рыболовства. В 2024 г. специально для Мурманской области было построено судно «Тармо», переданное рыболовецкому колхозу «Энергия», для развития собственного рыбоперерабатывающего производства. Мурманчанам также был передан среднетоннажный рыболовный морозильный траулер «Кулой» длиной 46,6 м, шириной 10,6 м и мощностью в 2000 л.с., развивающий скорость до 11 уз. Судно оснащено современным оборудованием, позволяющим вести промысел в северных акваториях. Аналогичный траулер был построен для Архангельской области.

К 2024 г. стабильный рост промышленного рыболовства Китая привел к тому, что объем производства морепродуктов, продаваемых в стране, превысил 37 млн т. Активно поддерживается развитие морской аквакультуры. На сегодняшний день в Китае функционирует около 169 морских ферм, что эффективно повышает уровень воспроизводства и использования морских биоресурсов.

Таким образом, страна с момента образования КНР демонстрирует высокие темпы развития промышленного рыболовства, она смогла восстановить отрасль после Второй мировой войны и достичь значительных успехов. В настоящее время КНР занимается интенсивным производством новых модернизированных рыболовных судов, оснащая их самым современным оборудованием, активно сотрудничает с зарубежными странами в вопросах поставок произведенных в Китае рыболовных судов и производственных технологий. Эта политика позволяет Китаю занимать лидирующие позиции в мире в промышленном рыболовстве.

УДК 574.587

Зообентос нижнего течения реки Малиновка (бассейн реки Уссури, Приморский край) в весенне-летний период 2025 г.

Т.В. Ермакова, Е.И. Барабанщиков

Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток
e-mail: tatiana.ermakova@tinro.vniro.ru

Река Малиновка является левым притоком первого порядка р. Большая Уссурка (бассейн р. Уссури) и берет начало в горах Центрального Сихотэ-Алиня. Длина реки составляет 274 км, площадь бассейна – 6490 км².

Материалом для работы послужили сборы зообентоса в р. Малиновка в 20 км от г. Дальнереченск с апреля по июнь 2025 г. Взятие проб производилось бентометром Леванидова из газа с ситом № 77, рамкой со сторонами 0,25×0,25 м и длиной сачка 1,5 м. Пробы отбирались захватом верхнего слоя грунта на участке со сторонами 0,25×0,25 м с последующей первичной промывкой в сачке и отделением крупных частей грунта (камней, палок). После этого пробы промывались от наилка через капроновое сито и фиксировались в пластиковых бутылках 4%-ным раствором формалина. Дальнейшая обработка материала была выполнена по стандартной гидробиологической методике в лабораторных условиях. Всего было собрано и обработано 22 пробы.

В составе зообентоса р. Малиновка за период исследований обнаружено 35 таксонов беспозвоночных.

Были отмечены следующие животные:

– Ephemeroptera (larvae): *Ephemera sachalinensis* Matsumura, 1911, *Ephemerella* sp., *Heptagenia* sp., *Potamanthus luteus* (Linnaeus, 1767), *Rhithrogena lepnevae* Brodsky, 1930, *Siphlonurus* sp., *Baetis* sp.;

– Plecoptera (larvae): *Alloperla* sp., *Isoperla* sp., *Neoperla ussuriensis* Sivec et Zhiltzova, 1996, *Suwallia* sp., *Oyamia nigribasis* Banks, 1920;

– Trichoptera (larvae): *Triaenodella* sp.;

– Diptera (larvae): Athericidae indet., Ceratopogonidae indet., Chironomidae indet., Simuliidae indet., Limoniidae indet.;

– Odonata (larvae): *Gomphus epophthalmus* Selys, 1872, *Macromia amphigena fraenata* (Martin, 1907), *Nihonogomphus ruptus* (Selys et Hagen, 1858), *Ophiogomphus obscurus* Bartenev, 1909, *Sieboldius albardae* Selys, 1886.;

– Coleoptera (larvae): Coleoptera indet.;

– Heteroptera (larvae): *Aphelocheirus* sp., *Notonecta* sp.;

– Mollusca: *Euglesa* sp., *Radix auricularia* (Linnaeus, 1758), *Sphaerium* sp.;

– Copepoda: *Cyclops vicinus* Uljanin, 1875, *Eucyclops speratus* (Lilljeborg, 1901), *Heterocope appendiculata* Sars G.O., 1863;

– Oligochaeta indet.;

– Collembola indet.;

– Hydracarina indet.;

– Nematoda indet.

Представленные таксоны беспозвоночных относятся к типичным обитателям зообентоса ритральной зоны бассейна р. Уссури. Они характерны для данного

зоогеографического района и ранее были отмечены в бассейне р. Уссури на разных ее участках.

В конце апреля на разных участках реки общая численность зообентоса колебалась от 96 до 1584 экз./м², биомасса – от 269 до 67157 мг/м². Доминантный комплекс как по численности, так и по биомассе в основном формировался за счет личинок амфибиотических насекомых: подёнок *Siphlonurus* sp., *Ephemera sachalinensis*, веснянок *Isoperla* sp., *Alloperla* sp. Также встречались малощетинковые черви (Oligochaeta).

В начале мая общая численность донных организмов варьировала от 32 до 976 экз./м², биомасса – от 335 до 2665 мг/м². Ядро донного сообщества по численности и биомассе составляли личинки подёнок *Siphlonurus* sp., малощетинковые черви (Oligochaeta) и полужесткокрылые *Notonecta* sp.

В середине мая на различных участках р. Малиновка общая численность организмов зообентоса составляла от 16 до 544 экз./м², биомасса – от 3 до 62741 мг/м². В составе сообществ по численности и биомассе преобладали малощетинковые черви (Oligochaeta), имаго водных полужесткокрылых *Aphelocheirus* sp. и личинки амфибиотических насекомых: подёнок *Rhithrogena lepnevae*, комаров-звонцов (Chironomidae), стрекоз *Sieboldius albardae*, *Gomphus epophthalmus*.

В конце мая на разных участках реки общая численность донных беспозвоночных колебалась от 64 до 176 экз./м², биомасса – от 118 до 14915 мг/м². Доминантный комплекс сообществ по численности и биомассе состоял из личинок амфибиотических насекомых: подёнок *Rhithrogena lepnevae*, *Ephemerella* sp., *Ephemera sachalinensis*, *Baetis* sp., веснянок *Neoperla ussuriensis* и комаров-звонцов (Chironomidae). Также встречались мелкие двустворчатые моллюски *Euglesa* sp., водяные клопы *Aphelocheirus* sp. и малощетинковые черви (Oligochaeta).

В начале июня численность зообентоса на разных участках р. Малиновка варьировала от 48 до 352 экз./м², биомасса – от 15 до 5748 мг/м². Ядро донного сообщества по численности и биомассе составляли личинки амфибиотических насекомых: подёнок *Ephemera sachalinensis*, *Baetis* sp., *Rhithrogena lepnevae*, веснянок *Oyamia nigribasis*, стрекоз *Nihonogomphus ruptus*, комаров-звонцов (Chironomidae), мошек (Simuliidae). Кроме того, встречались мелкие двустворчатые моллюски *Euglesa* sp. и малощетинковые черви (Oligochaeta).

Таким образом, в течение весенне-летнего сезона в р. Малиновка отмечалась значительная динамика численности и биомассы донных животных, в первую очередь связанная с прохождением ряда сильных дождей и последовавшими за ними паводками, а также с массовым выходом имаго прежде всего веснянок (Plecoptera), подёнок (Ephemeroptera) и ручейников (Trichoptera). В целом донное сообщество р. Малиновка можно охарактеризовать как олиготрофное с элементами мезотрофии и эвтрофии на отдельных участках.

УДК 581.526.325(262.81)

Развитие поверхностного фитопланктона Среднего Каспия в летний период 2025 г.

Т.Н. Зимина, А.Г. Ардабьева

Волжско-Каспийский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИИРХ»), г. Астрахань
e-mail: tanyshka_0704@mail.ru

Исследование фитоценоза Каспия проходит в рамках экологического мониторинга. Приведенные результаты исследований количественного состава фитопланктона позволяют проанализировать развитие кормовой базы рыб, что необходимо при анализе всех последующих звеньев трофической цепи. Цель работы – изучение состояния фитопланктона Среднего Каспия в летний период 2025 г.

Объектом исследования являлся фитопланктон Среднего Каспия в летний период 2025 г. на разрезе г. Дербент – м. Песчаный. Материал отбирали с поверхностного слоя. Всего собрано и обработано в соответствии с общепринятой методикой П.И. Усачева (1961 г.) 9 проб. Для сравнительной характеристики приведены данные за 2022–2023 гг.

Качественный состав фитопланктона на разрезе г. Дербент – м. Песчаный летом включал 33 вида из 4 основных групп водорослей. Преобладающей группой выступали диатомовые водоросли (12 таксономических единиц). Синезеленые и динофитовые занимали равные доли общего числа видов – по 8 форм. Зеленых водорослей было обнаружено всего 5 форм.

Наибольшее видовое развитие наблюдалось в западном районе (24 вида), практически столько же видов встречено в центральном (20 видов), наименьшее количество отмечено в восточном районе (12 видов). На западе разреза преобладали диатомовые виды, в центральном районе – динофитовые водоросли, в восточном районе значение этих групп было сходным.

Распределение видов фитопланктона по экологическим группам равномерное и составило по 24 % пресноводных, солоноватоводных и морских, кроме солоноватоводно-пресноводных видов (21 %) и видов с неясной экологией (7 %).

Численность фитопланктона на разрезе – 5611,1 тыс. кл./м^3, максимальная величина выявлена на западе акватории работ (8650 тыс. кл./м^3). Минимальное количественное развитие отмечено на востоке (3300 тыс. кл./м^3).

Основу численности фитоценоза в целом на разрезе и его центральной части формировали зеленые водоросли. На западе доминировали синезеленые водоросли (2800,0 тыс. кл./м^3), практически на уровне была численность зеленых (2700 тыс. кл./м^3). В восточном районе отмечалось снижение развития зеленых водорослей и увеличение диатомей, которые стали здесь доминировать. Развитие таких видов, как *Binuclearia lauterbornii* из группы зеленых и *Oscillatoria* sp. из синезеленых водорослей, имело наибольшее влияние на общую численность фитоценоза.

Общую биомассу фитопланктона на разрезе (34,6 мг/м^3) формировали в большей степени диатомовые (16,9 мг/м^3) и динофитовые (15,7 мг/м^3) водоросли.

Среди диатомей выделялась крупноклеточная *Pseudosolenia calcar-avis,* динофлагилят – виды рода Prorocentrum.

Биомасса постепенно уменьшалась от западного к восточному району исследованной акватории. В центральном районе не наблюдалось высоких биомасс, в среднем 22,1 мг/м^3. При этом на западе доминировали диатомовые водоросли, далее к востоку их масса снижалась более чем в 10 раз, и преобладающими были динофлагиляты.

В летний период 2025 г. биомасса фитопланктона на разрезе г. Дербент – м. Песчаный в поверхностном слое относительно 2022–2023 гг. снизилась в восточном и центральном районах, тогда как на западе отмечено ее значительное повышение с 5 до 92 мг/м^3.

Таким образом, на разрезе г. Дербент – м. Песчаный в летний период 2025 г. в поверхностном слое наблюдалось развитие фитопланктона с преобладанием диатомовых водорослей. Наибольшее их количество зафиксировано в западном районе разреза.

На формирование численности в большей степени повлияли зеленые водоросли, биомассы – диатомовые и динофитовые водоросли. Особенно активно фитопланктон развивался в западном районе разреза. По сравнению с 2022–2023 гг. именно в этой части происходило увеличение биомассы, тогда как в центральной и восточной частях она снизилась, что должно положительно сказаться на развитии гидробионтов последующей трофической цепи.

УДК 639.51

Подбор кормов для выращивания австралийского красноклешневого рака совместно с фитокультурами в УЗВ

А.В. Иванова, П.П. Кравец, Е.С. Шерстюк

ФГАОУ ВО «МАУ», г. Мурманск
e-mail: ivanovaav3@mauniver.ru

Одним из перспективных объектов тепловодной аквакультуры является австралийский красноклешневый рак (далее АККР), работы по которому начаты в 1980-е годы. По сравнению с другими ракообразными данный объект характеризуется высокими темпами роста, непритязательностью к условиям содержания. Параллельно с выращиванием раков можно получать урожаи неприхотливых и экологически чистых растений: листовой салат, базилик и др. Производство органической продукции с улучшенными характеристиками («зеленой») может стать одним из драйверов развития российского растениеводства на многие годы вперед. Одним из факторов, сдерживающих отечественную аквакультуру АККР, является отсутствие отечественных кормов для ракообразных. Зарубежные корма имеют высокую стоимость, а в их состав входят усилители цвета, которые используются для содержания раков в декоративных аквариумах. Вариантом наиболее комплексной и экологически чистой аквакультуры раков является сити-ферма по совместному выращиванию раков и фитокультур.

Цель работы – подобрать оптимальный корм для выращивания раков в установках замкнутого водоснабжения для разработки проекта сити-фермы. Такая ферма предполагается в Мурманской области, исходя из доступности сырья и кормов в данном регионе. Исследования выполняли на базе аквариального комплекса МАУ с ноября 2024 г. по апрель 2025 г. Объектом исследования служила молодь АККР, объединенная в 4 группы раков по 3 экз. в каждой, длиной 5, 8 и 10 см. Выбор размерных групп обусловлен наиболее частой встречаемостью особей таких размеров на рынке. Мальков к продаже предлагали компании CoralFish, CF-prom, Ростов Лобстер, Агросервер, Аквафермер. Выбор периода выращивания был обусловлен тем, что в течение 5–6 мес. при соблюдении температурного режима и регулярного кормления АККР достигают товарной массы от 50 г. Состав кормов подбирали, основываясь на максимальной экономии средств, доступности и дешевизне компонентов, но при сохранении их полноценности. Кормление осуществляли по следующей схеме:

– 1 группа – тушки рыб (треска, пикша, мойва);

– 2 группа – комбикорм компании Bisko для ракообразных (размер гранул 2 мм);

– 3 группа – натуральный корм (огурцы, креветки, говяжья печень);

– 4 группа – пастообразная смесь на основе гранулированных кормов и фарша из пикши с добавлением пробиотика и рыбьего жира.

Для составления проекта сити-фермы разработано технико-экономическое обоснование: анализ рынка, расчет себестоимости, окупаемости и средств, необходимых для реализации, маркетинговый и финансовый планы.

Результат выращивания молоди АККР в течение 5 мес. показал, что кормосмесь на основе гранулированного корма и фарша пикши с добавлением пробиотика давала лучший результат в качестве экспериментальной смеси – на ней отдельные особи достигали массы 72 г (4 группа). Для остальных вариантов кормов максимальные показатели массы не превысили 41 г. На основании полученных данных отмечено, что кормовую смесь можно применять при кормлении австралийского рака в УЗВ.

Сырье для производства кормов рекомендовано закупать в магазинах Мурманска и области. Предварительная расчетная себестоимость производства 1 кг товарного рака – 600-650 руб./кг, предлагаемая цена реализации – 1500–2000 руб./кг. Производственная мощность – около 100 кг с одной УЗВ. Также возможно использование малька рака для последующей продажи в качестве посадочного материала (от 2 см), которое принесет дополнительный доход (за 40 дней выращивания получить около 400–500 растений). Начальная расчетная себестоимость производства одного растения составляет 15 руб./шт., предлагаемая цена реализации – 70 руб./шт. Исходя из расчетов, на реализацию подобной сити-фермы по совместному выращиванию раков и фитокультур потребуется около 4 млн руб. Срок окупаемости проекта – 53 мес. (4 года и 4 мес.). Средние показатели рентабельности продаж – 28 %, к концу 8-го года – 66 %.

При выращивании АККР важно уделять внимание сбалансированному кормлению, состав рецептуры кормов способен влиять на эффективность их потребления и стать причиной снижения скорости роста и выживаемости молоди. Развитие и совершенствование технологий выращивания ракообразных, в том числе с применением метода аквапоники, способствует удовлетворению растущего спроса на экологически чистую продукцию. Сити-фермы позволяют выращивать продукцию даже в труднодоступных регионах, таких как Арктика, что может улучшить качество жизни местных жителей и обеспечивать их свежими продуктами круглый год.

УДК 551.46 (265.54)

Влияние климатических факторов на термохалинные параметры в прибрежной зоне Амурского залива

И.С. Карбаинов

Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток
e-mail: fish@tinro-centr.ru

Изменение термохалинных параметров моря является одной из важнейших причин изменения состояния морских экосистем. Аномальные погодные условия, особенно экстремальные атмосферные осадки, напрямую влияют на жизнь морских организмов. Амурский залив, на берегу которого расположен г. Владивосток, играет промысловую, рекреационную и промышленную роль для населения. Такие природные и климатические факторы, как сток пресной воды из р. Раздольная, открытость северо-западным ветрам в период зимнего муссона создают особые условия для нереста рыб и зимнего ледостава. Не менее важно изучение и летнего периода, когда выпадает наибольшее количество атмосферных осадков и происходит максимальный прогрев воды, что способствует появлению в водах залива тропических видов рыб. Для регулярного получения новых сведений о термохалинных параметрах и прогнозирования их изменений выполняется ежегодный мониторинг. Так, в конце июня 2025 г. вследствие аномального повышения среднемесячной температуры воздуха до 17,7 °С (на 3,2 °С выше относительной нормы за последние 10 лет), вода прогрелась до 25,9 °С.

Цель настоящего исследования – изучение влияния климатических факторов на термохалинные параметры в прибрежной зоне Амурского залива.

Задачи, поставленные в работе, включают создание базы данных наблюдений, статистический анализ влияния климатических факторов на термохалинные параметры в прибрежной зоне Амурского залива, построение климатограмм.

Исходными материалами послужили ежедневные измерения температуры воды и солености океанологическим зондом до глубины дна 3 м, а также 8-срочные метеорологические наблюдения на станции Владивосток с 2017 по 2025 гг., представленные на сайтах ВНИИГМИ-МЦД и рп5.

Станция, с которой ведутся ежедневные наблюдения, расположена в центральной части восточного побережья Амурского залива, глубоко вдающегося в сушу и отгороженного от открытого Японского моря п-вом Муравьёва-Амурского и о-вами арх. Императрицы Евгении. Температура воды в течение года варьирует от −1,7°С в феврале до +23,1°С в августе. Большая часть Амурского залива зимой покрывается льдом, лишь его южная часть остаётся свободной от него. Большой объем пресной воды приносит р. Раздольная. Основной источник питания реки − это дожди. Летние паводки и обильные осадки сопровождаются значительным поступлением пресной воды в залив, что понижает солёность в августе до 25,3‰, тогда как её пик 34‰ наблюдается в феврале (в период наибольшего ледостава). Летний прогрев происходит неравномерно − вода постепенно прогревается, начиная с северной кутовой части.

Для изучения изменения и зависимости термохалинных параметров от температурно-влажностного режима в работе использованы материалы наблюдений метеорологической станции, расположенной неподалеку от исследуемой местности на расстоянии 3,5 км, а также материалы личных наблюдений за температурой поверхности воды.

Для исследуемого 9-летнего ряда наблюдений были посчитаны средние значения для представления годового хода температуры воды, среднемесячные значения температуры воздуха взяты за аналогичный период (2017–2025 гг.). Также для рядов были рассчитаны базовые статистические характеристики: коэффициент корреляции среднемесячных значений температуры воды и воздуха, среднее значение, стандартное отклонение.

По результатам были проанализированы взаимосвязи полученных значений и значения статистических величин.

Результаты и их обсуждение. В основном сильные положительные корреляции между температурами воды и воздуха наблюдаются в феврале, июне, июле, сентябре и ноябре, коэффициенты корреляции равны 0,98, 0,90, 0,98, 0,91 и 0,91 соответственно.

- В феврале, когда поверхность моря имеет самую низкую температуру в течение года, значение стандартного отклонения равно 0,1, и при понижении среднемесячной температуры воздуха на 1°С вода на поверхности охлаждается на 0,1 °С. При достижении среднемесячной температуры воздуха −8°С, вода охлаждается до минимума.
- В июне температура воздуха и температура воды изменяются синхронно, при этом температура воды выше температуры воздуха в среднем на 1,5°С.
- В июле при повышении среднемесячной температуры воздуха на 1°С вода на поверхности нагревается на 0,8°С.
- В сентябре при понижении среднемесячной температуры воздуха на 1°С вода на поверхности охлаждается на 1,3°С.
- В ноябре при понижении среднемесячной температуры воздуха на 1°С, вода на поверхности охлаждается на 0,6 °С, а при среднемесячной температуре воздуха ниже 0°С температура воды опускается ниже 6°С.

Также, судя по полученным данным, заметна разность между среднемесячными температурами воздуха и воды в различные сезоны года. В холодное время года она составляет 5,4°С со стандартным отклонением 0,8°С, а в тёплое – 2,1 и 0,9°С соответственно.

Как показал анализ среднегодовых значений температуры воздуха и температуры воды, при повышении среднегодовой температуры воздуха на 0,1°С, температура воды повышается на 1°С.

Значения среднемесячной солёности воды хорошо коррелируют с месячной суммой осадков в феврале и марте (r^2 равен 0,86 и 0,85 соответственно). Обильные осадки в марте и активное таяние льда способны понизить солёность до 11,6‰ (2021 г.). Это значит, что в марте солёность зависит от осадков так, что каждые 10 мм атмосферных осадков понижают солёность на 2,2‰, однако необходимо также учитывать и температуру воздуха, которая влияет на интенсивность таяния льда. При относительно равном количестве выпавших атмосферных осадков солёность воды была меньше в том месяце, когда среднемесячная температура была больше. Такая особенность наблюдается и в феврале, здесь эта величина

составляет 0,1‰/10 мм, потому как ледообразование ещё продолжается, а температуры остаются ниже нуля.

Исследование показало, что термохалинные параметры прибрежной зоны Амурского залива тесно связаны с климатическими факторами, причём температура воды имеет сильную положительную корреляцию с температурой воздуха в отдельные месяцы, а солёность в феврале и марте существенно зависит от суммы выпавших осадков и температурных условий, влияющих на ледообразование и таяние льда.

УДК 504.054

Особенности разлива тяжелого мазута в Керченском проливе в 2024 г.

М.Э. Киселевич, Д.В. Сухоленцев, В.В. Ениватов

ФГБОУ ВО «КГМТУ», г. Керчь
e-mail: invkerch@yandex.ru

Керченский пролив представляет собой один из наиболее экологически чувствительных районов Азово-Черноморского бассейна. Эта акватория служит местом миграции промысловых рыб 38 видов, является критически важной зоной для морских млекопитающих, включая черноморских афалин и азовки.

Пролив имеет стратегическое значение как транспортный коридор для перевозки нефтепродуктов. История экологических катастроф в данном регионе показывает его высокую уязвимость к антропогенным воздействиям. Предыдущий крупный разлив нефтепродуктов произошел 11 ноября 2007 г., когда в результате шторма затонули четыре судна, и в море попало около 2 тыс. т мазута. Катастрофа 2024 г. превысила масштабы предыдущего инцидента в 2,0–2,5 раза, что делает изучение ее последствий особенно актуальным.

Экологическая катастрофа произошла в условиях экстремальных погодных условий. Утром 15 декабря 2024 г. в южной части Керченского пролива во время шторма с силой ветра до 7 баллов потерпели крушение два танкера. «Волгонефть-212», перевозивший около 4,3 тыс. т мазута, получивший разлом корпуса у м. Такиль (в результате аварии погиб 1 член экипажа из 13), и «Волгонефть-239», перевозивший свыше 4,9 тыс. т мазута, сел на мель в районе м. Панагия на расстоянии 80 м от берега (экипаж из 14 человек полностью эвакуировали).

Общий объем перевозимого мазута составлял 9,2 тыс. т, из которых, по предварительным оценкам, в морскую среду попало от 3 до 4 тыс. т. Танкеры класса «Волгонефть» представляют собой устаревшие суда, построенные в советский период. Их техническое состояние стало предметом расследования, поскольку аналогичные суда уже являлись причинами экологической катастрофы в 2007 г. в том же Керченском проливе.

Особенность катастрофе придает тип разлившегося нефтепродукта – топочный мазут марки М100. Это первая в мировой практике авария с данным типом мазута в морских условиях. Ключевая характеристика мазута М100 – плотность, приближенная к плотности морской воды ($\geq$1000 кг/м^3). Отсюда специфическое поведение в водной среде, при котором в отличие от легких нефтепродуктов, он не образует устойчивую поверхностную пленку, распределяясь в толще воды, может находиться в различных слоях или оседать на дно. Важной является температурная характеристика загрязнителя – при низкой температуре мазут загустевает, а при повышении – разжижается. Тяжелый мазут М100 демонстрирует принципиально иное поведение по сравнению с легкими нефтепродуктами. Вместо формирования поверхностных пятен он образует эмульсию с морской водой переменной плотности, может перемещаться в придонных слоях под действием течений, при штормовом волнении поднимается в толщу воды, а также оседает на морском дне, создавая долговременные очаги загрязнения.

Исследования показали, что при прогреве воды в летний период осевший на дне мазут может частично всплывать, создавая вторичное загрязнение поверхности. Это требует особого долгосрочного планирования мероприятий по экологической реабилитации пострадавших районов.

Анализ спутниковых данных показал сложную динамику распространения загрязнения. К 19 декабря 2024 г. фиксировали крупные нефтяные шлейфы длиной до 25 км в районе Керченского пролива. К концу декабря 2024 г. загрязнение распространилось вдоль северного побережья Черного моря от Тамани до Анапы, охватив около 70 км береговой линии.

В январе 2025 г. масштабы загрязнения продолжали расширяться, и 2 января его обнаружили у берегов Керчи протяженностью 1,8 км и в Ленинском районе п-ова Крым протяженностью 2,1 км. Мазутные пятна достигли Севастополя 3 января, а спутниковые снимки зафиксировали их у побережья городов Феодосия, Алушта и Судак 6 января.

Распространение загрязнения проходило под воздействием комплекса факторов. Поверхностные течения определяли основное направление переноса с востока на запад, ветра обеспечивали изменение направления дрейфа, придонные течения вихревого характера – перенос осевшего на дно мазута к поверхности, а приливно-отливные процессы способствовали проникновению загрязнения в прибрежную зону.

Тяжелый мазут оказывает многофакторное воздействие на морские экосистемы. Бентосные сообщества подвергаются отравлению, особенно страдают донные организмы, такие как мидии и ракообразные. Фитопланктон и водоросли испытывают нарушение фотосинтетических процессов, что влияет на всю пищевую цепь. Создается потенциальная угроза миграционным путям промысловых рыб.

Ликвидация разлива тяжелого мазута М100 потребовала применения специализированных технологий, отличных от традиционных методов борьбы с нефтяными разливами. Для локализации поверхностного загрязнения было установлено более 4,0 км боновых заграждений. Обработку 7,5 тыс. км^2 акватории специальными биосорбентами осуществляли для связывания мазутных частиц. К механической очистке берегов привлекли более 4 тыс. волонтеров для ручной очистки берегов, а постоянное отслеживание распространения загрязнения вели с использованием спутникового мониторинга.

На ликвидацию последствий катастрофы было выделено 1,4 млрд руб. из Резервного фонда Правительства Российской Федерации. Средства направлялись на мониторинг загрязнения водной среды, локализацию и ликвидацию загрязнения, обследование затонувших фрагментов судов, а также определение мест возможных выходов оставшихся на судах нефтепродуктов.

Разлив мазута М100 в Керченском проливе представляет уникальную возможность для изучения поведения тяжелых нефтепродуктов в морской среде. Впервые в мировой практике появилась возможность исследовать долгосрочную динамику распределения тяжелого мазута в морских экосистемах, особенности воздействия на различные группы морских организмов, эффективность различных методов ликвидации при работе с тяжелыми нефтепродуктами, а также процессы самоочищения морской среды от специфических загрязнителей.

Долгосрочные последствия данной катастрофы будут проявляться в течение нескольких лет, поскольку осевший на дне мазут может периодически всплывать при изменении температурных условий, создавая повторные эпизоды загрязнения.

По истечении 11 мес. выявлены долгосрочные последствия экологической катастрофы: загрязнение донных отложений и существенное снижение туристической привлекательности региона. По оценкам специалистов, на полное восстановление экосистемы может потребоваться от 10 до 15 лет, при условии проведения всех необходимых восстановительных мероприятий.

УДК 579

Вакцинация как метод контроля вибриоза: обзор существующих вакцин и перспективы разработки новых препаратов

Т.С. Комогорцева, С.Л. Рудакова, Л.К. Плакун

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
e-mail: komogortseva@vniro.ru

Цель нашей работы – провести сравнительный анализ существующих вакцин против вибриоза на основе литературных данных для дальнейшего применения в профилактике болезней рыб в аквакультуре.

Современные разработки и испытания вакцин против вибриоза направлены на создание надежных препаратов, адаптированных под местные условия и виды рыб, которые способны обеспечить долгосрочную защиту и улучшить состояние аквакультурных систем. Методы вакцинации включают внутрибрюшинные инъекции, иммерсионное (купальное) введение и оральное применение. Наиболее эффективным признан инъекционный метод, обеспечивающий мощный иммунный ответ, в то время как купание и оральные вакцины удобны для массовой обработки, но менее эффективны. Активно ведется работа над вакцинами с возможностью орального применения, что значительно упростит процесс иммунизации в условиях крупных производств. В мировой практике применяются несколько типов вакцин против вибриоза:

1. Инактивированные вакцины наиболее распространены и признаны эффективными. Производятся на основе убитых (чаще формалином инактивированных) бактериальных клеток, которые в сочетании с адъювантами формируют устойчивые эмульсии. Внутрибрюшинное или иммерсионное введение таких вакцин демонстрирует высокую иммуногенность и длительную защиту. Применение адъювантов, таких как гидроокись алюминия или масляные эмульсии Montanide ISA 70, существенно повышает их эффективность. В России инактивированные вакцины с использованием местных штаммов вибрионов были разработаны и апробированы в начале 2000-х годов, с подтвержденной защитой до 90 % рыбы при экспериментальном введении.

2. Живые аттенуированные вакцины, содержащие ослабленные штаммы *Vibrio anguillarum*, способны вызывать долговременный клеточный и гуморальный иммунитет, обеспечивая защиту и на мукозальном уровне, менее распространены из-за рисков восстановления вирулентности, сложностей производства и хранения.

3. Субъединичные и рекомбинантные вакцины пока показывают более низкую, но перспективную эффективность в экспериментах. Они находятся на стадии исследований, включают выделение и использование отдельных иммуногенных белков, что потенциально снижает риски побочных реакций. Их безопасность высока, а возможность производства стандартизированных препаратов привлекает внимание к дальнейшему развитию этой группы вакцин.

4. Векторальные и плазмидные ДНК-вакцины содержат гены, кодирующие ключевые антигены вибриона, которые доставляются в организм рыб с помощью

безопасных вирусных векторов или плазмид. После введения вакцина обеспечивает экспрессию этих антигенов в клетках рыбы, что стимулирует формирование специфического иммунного ответа.

5. Разработка мРНК-вакцин и применение нанотехнологий также обсуждаются, хотя эти направления пока в основном ориентированы на вирусные инфекции и требуют адаптации под бактериальные патогены.

Примерами успешного применения являются отечественные разработки вакцин для лососевых рыб, тестируемые в промышленных условиях, а также зарубежные практики, подтверждающие высокую эффективность вакцин в снижении смертности и поддержании здоровья рыб. В России известны два основных разработчика вакцины против вибриоза рыб – Татьяна Владимировна Безгачина, кандидат биологических наук, паразитолог и специалист по болезням гидробионтов, ранее заведующая лабораторией болезней рыб ФГБНУ «ВНИРО» и Алексей Евгеньевич Дрошнев, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ихтиопатологии ФГБНУ «ФНЦ–ВНИИЭВ им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН». Их препараты отличаются по биологическому составу, технологии производства, адъювантам и способам введения. Т.В. Безгачиной создана бивалентная инактивированная вакцина, основанная на двух тщательно отобранных штаммах *Vibrio anguillarum* №2 и VUR-19 с высоким уровнем стандартизации и очистки (патенты № 2284830, № 2284831, № 2295974, № 1268172 и др.). В качестве адъюванта использовали гидроокись алюминия, что обеспечивало хорошую переносимость и минимальные побочные эффекты при использовании вакцины на рыбах. Клиническому, патологоанатомическому и бактериологическому исследованию было подвергнуто 3500 экземпляров молоди массой 8–30 г, в том числе 3200 экземпляров радужной форели и 300 экземпляров стальноголового лосося. Технология производства вакцины Т.В. Безгачиной ориентирована на массовое промышленное производство с однократной вакцинацией, преимущественно иммерсионным (купальным) способом – кратковременным погружением рыб в суспензию с концентрацией около 2×10^8 микробных клеток на см³. Этот метод облегчает массовую вакцинацию, снижает стресс, формирует иммунитет, сохраняющийся до 12 месяцев и снижающий заболеваемость примерно у 90 % рыб.

Разработанные вакцины А.Е. Дрошнева с использованием отечественных штаммов *Vibrio anguillarum* разного состава поливалентные и бивалентные (патент № 2723580). В составе препаратов в качестве адъювантов применяли как гидроокись алюминия, так и масляные эмульсии Montanide ISA 70. Его подход включает как иммерсионную, так и инъекционную вакцинацию, где инъекции с масляным адъювантом обеспечивают сильный и длительный иммунный ответ, но сопровождаются более выраженными местными воспалительными реакциями и повышенной смертностью в начальный период после введения. Радужную форель массой 200–250 г прививали исследователи из лаборатории ихтиопатологии Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН (ВНИИЭВ, г. Москва). Работы проводили в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) на коммерческой ферме. Температура воды в течение всего эксперимента составляла 13–15 °С. Вакцинация по методу А.Е. Дрошнева, согласно исследованиям, требует периодических ревакцинаций при иммерсионном способе, но дает высокую защиту (до 97%) при инъекционных методах.

Таким образом, метод Т.В. Безгачиной ориентирован на промышленную массовую вакцинацию с максимальной стандартизацией и минимальными побочными реакциями, что особенно важно для крупномасштабных хозяйств. Метод А.Е. Дрошнева более вариативен, гибко подстраивается под конкретные хозяйственные условия и позволяет применять различные схемы вакцинации и составы адъювантов, что способствует оптимальному формированию иммунитета в зависимости от биологических и технологических факторов, однако требует присутствия квалифицированного персонала.

В странах СНГ доминируют инактивированные вакцины с адъювантами, сертифицированные для промышленного применения, которые показывают успешное снижение массовых вспышек вибриоза в хозяйствах аквакультуры. В Финляндии большинство рыб на рыбоводных хозяйствах вакцинированы против *Vibrio Anguillarum*. Периодически бывают вспышки вибриоза, но они незначительны. В Норвегии и Канаде (Zoetis Вибрин, патент № 810 630) широко применяют инактивированные формалиновые вакцины против *Vibrio anguillarum* для атлантического лосося. Вакцинацию проводят с ранних стадий (молодь от 5–30 г), с повторными иммунизациями в случае необходимости. Это существенно снижает заболеваемость вибриозом в аквакультуре. В Японии и некоторых европейских странах (Испания, патент EP1001016A на вакцину ANTI-VIBRIO ANGUILLARUM (GAVA-3)) для профилактики вибриоза у лососевых рыб используют вакцины, разработанные на основе местных штаммов *Vibrio*, адаптированных к эндемичным патогенам, что улучшает защиту в конкретных условиях. Вакцинируют рыб массой не менее 10–15 г, преимущественно интраперитонеальной инъекцией, которая считается наиболее эффективной, но трудоемкой и дорогостоящей. Вспышки вибриоза случаются периодически, однако эффективное применение вакцин позволяет снизить заболеваемость и смертность. Наблюдаются также новые серотипы бактерий, что требует обновления вакцинных препаратов. В США (патенты US 4223014A и US5284653A) и Австралии активно экспериментируют с живыми аттенуированными и рекомбинантными вакцинами, добиваясь положительных результатов в защитной эффективности и увеличении иммунитета рыб. Вакцинация проводится с использованием современных методов на ранних стадиях роста рыб (обычно от 10–15 г), с применением повторных бустерных введений для поддержания защиты. Вспышки заболевания сводятся к минимуму, но все же периодически регистрируются.

В результате проведенного анализа существующих вакцин против вибриоза мы выявили, что для эффективной профилактики необходимы адаптированные инактивированные вакцины с современными адъювантами и преимущественным применением внутрибрюшинного метода введения. Массовая вакцинация возможна иммерсионными и оральными способами, хотя они менее иммуногенны. Российские разработки показывают высокую эффективность, а инновационные типы вакцин требуют дальнейших исследований и внедрения. Кроме того, вакцинация снижает потребность в антибиотиках, что положительно влияет на экологическую обстановку в водоемах, снижает риск формирования антибиотикорезистентных штаммов у патогенов. Комплексный подход с постоянным обновлением вакцин и оптимизацией методов иммунизации является ключом к устойчивому контролю вибриоза в аквакультуре.

УДК 576.89

Паразиты рыб Москвы-реки и других водоемов в 2025 г.

К.Г. Котова[1], М.С. Тарасова[1], Е.С. Ламекина[1], А.А. Гневашева[1], Е.А. Лебедева[1], И.К. Рявкин[1], М.К. Нерсесов[1], И.И. Гордеев[1,2]

[1] ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва
[2] ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
e-mail: gordeev_ilya@bk.ru

Паразиты – это одна из наиболее распространенных экологических групп живых организмов. Паразитарная нагрузка многогранно влияет на численность животных и растений, а их количество и разнообразие косвенно являются показателем устойчивости всей экосистемы. Большинство паразитов в течение жизненного цикла сменяет по несколько хозяев (поликсенный жизненный цикл), зачастую находящихся на разных трофических уровнях.

Водоемы в окрестностях населенных пунктов подвергаются антропогенной нагрузке, которая оказывает значительное воздействие на местные сообщества, в частности на рыбное. Паразиты могут передаваться человеку при поедании рыбы, рыбной продукции и продуктов ее переработки и отсутствии мер по предупреждению заболеваний, вызывать гельминтозы. Помимо алиментарного пути заражения гельминтами, при купании в водоеме церкарий трематод может проникнуть через кожные покровы. Ежегодный мониторинг паразитофауны в окрестностях Звенигородской биологической станции им. С.Н. Скадовского Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (ЗБС МГУ), который ведут с 2019 г. в рамках студенческих самостоятельных работ, позволяет получать многолетний ряд данных о зараженности рыб гельминтами и эктопаразитами. Благодаря этому имеется возможность наблюдать колебания численности гельминтов у одних и тех же рыб и строить гипотезы о факторах (изменение гидрохимических показателей, постройка плотин и водохранилищ, температурный режим и т.д.), приведших к этим изменениям.

Работы проводили с 23 по 27 июня 2025 г. на ЗБС МГУ и ее окрестностях. Облавливали рыбу на небольшом участке Москвы-реки вблизи ЗБС МГУ, в карьере около с. Никольское, а также на Волковском болоте (карьер Сима) и Казенном пруду, который расположен вблизи Национального парка «Лосиный остров», с помощью сачков Киналева.

В Москве-реке были пойманы 55 особей горчака (*Rhodeus sericeus amarus*), 11 плотвы (*Rutilus rutilus*), 9 голавля (*Leuciscus cephalus*), 5 ельца (*Leuciscus leuciscus*) и по 2 особи верховки (*Leucaspius delineatus*), уклейки (*Alburnus alburnus*) и окуня (*Perca fluviatilis*).

В Казенном пруду выловили 4 особи плотвы (*Rutilus rutilus*), а также молодь рыб: девятииглой колюшки (*Pungitius pungitius*) – 12, серебряного карася (*Carassius auratus gibelio*) – 5, ротана (*Perccottus glenii*) – 3 и голавля (*Leuciscus cephalus*) – 1 особь.

В Никольском пруду поймали 11 особей окуня *(Perca fluviatilis*), в карьере Сима – 2 серебряных карасей (*Carassius auratus gibelio*) и 1 ротана (*Perccottus glenii*).

Всего исследовали 125 экз., относящихся к 10 видам. Паразитологическое вскрытие проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Данные обрабатывали в программе MS Excel (2016). Для рыб всех видов была рассчитана экстенсивность (далее – ЭИ, %) и интенсивность (далее – ИИ (среднее, (пределы)) инвазии. В ходе работ обнаружены представители пяти родов паразитов, а также неопределенные до уровня вида нематоды, трематоды и цестоды.

Горчак (55 особей, Москва-река) был заражен *Diplostomum* sp. (ЭИ – 41,82 %, ИИ – 1,50 (1–5)), *Gyrodactylus* sp. (ЭИ – 18,18 %, ИИ – 1,70 (1–3)), Nematoda gen. sp. (ЭИ – 1,82 %, ИИ – 1,00 (1–1)) и Trematoda gen. sp. (ЭИ – 3,64 %, ИИ – 1,00 (1–1)).

Плотва (11 особей – Москва-река, 4 экз. – Казенный пруд) в Москве-реке заражена *Diplostomum* sp. (ЭИ – 36,36 %, ИИ – 2,50 (1–5)) и Nematoda gen. sp. (ЭИ – 18,18 %, ИИ – 1,00 (1–1)). У плотвы в Казенном пруду паразитов не обнаружено.

Окунь (2 особи – Москва-река, 11 экз. – Никольский пруд) в Москве-реке поражен *Diplostomum* sp. (ЭИ – 50%, ИИ – 2,00 (2–2)) и Nematoda gen. sp. (ЭИ – 50 %, ИИ – 1,00 (1–1)). В Никольском пруду разнообразие паразитов было выше: Nematoda gen. sp. (ЭИ – 10,1 %, ИИ – 4,00 (4–41)), Trematoda gen. sp. (ЭИ – 36,36 %, ИИ – 3,00 (2-4)), *Tylodelphys* sp. (ЭИ – 90,11 %, ИИ – 33,00 (1–86)), *Camallanus lacustris* (ЭИ – 18,18 %, ИИ – 2,00 (1–3)), *Argulus foliaceus* (ЭИ – 10,1 %, ИИ – 1,00 (1–1)).

Голавль (9 особей, Москва-река) заражен *Diplostomum* sp. (ЭИ – 66,67%, ИИ – 3,50 (2–5)) и Nematoda gen. sp. (ЭИ – 11,11 %, ИИ – 1,00 (1–1)). Елец (5 особей, Москва-река) – *Diplostomum* sp. (ЭИ – 100 %, ИИ – 2,80 (1–5)) и Nematoda gen. sp. (ЭИ – 20 %, ИИ – 3,00 (3–3)). Верховка (2 особи, Москва-река) – *Diplostomum* sp. (ЭИ – 100%, ИИ – 3,50 (3–5)).

Уклейка (2 особи, Москва-река) инвазирована *Diplostomum* sp. (ЭИ – 50 %, ИИ – 1,00 (1–1)), Nematoda gen. sp. (ЭИ – 50 %, ИИ – 4,00 (4–4)), Trematoda gen. sp. (ЭИ – 50%, ИИ – 1,00 (1–1)) и Cestoda gen. sp. (ЭИ – 50 %, ИИ – 1,00 (1–1)).

Серебряный карась (2 особи, карьер Сима) и ротан (1 особь, карьер Сима) – без инвазии.

Среди молоди, пойманной в Казенном пруду, у голавля (1 экз.) и ротана (3 экз.) паразитов не обнаружили. Карась (5 экз.) заражен Nematoda gen. sp. (ЭИ – 20 %, ИИ – 1,00 (1–1)), колюшка (12 экз.) – *Diplostomum* sp. (ЭИ – 8,33 %, ИИ – 1,00 (1–1)) и Nematoda gen. sp. (ЭИ – 8,33%, ИИ – 12,00 (12–12)). Предположительно, такая низкая степень зараженности молоди связана с тем, что на инфицирование паразитом требуется время, которое еще не прошло с момента вылупления рыб из икры до момента вскрытия.

Diplostomum sp. всегда локализовался в хрусталике, *Gyrodactylus* sp. – в жабрах, Trematoda gen. sp. – в кишечнике и печени. Nematoda gen. sp. встречались в кишечнике, печени, желчном пузыре, Cestoda gen. sp. – в желчном пузыре, *Tylodelphys clavata* – в стекловидном теле, *Argulus foliaceus* — на плавниках.

В связи с невозможностью определить метацеркарии рода *Diplostomum* до вида из-за малого количества морфологических признаков мы выявили среди особей этого рода 3 морфотипа, которые, предположительно, соответствуют трем видам:

– морфотип 1 – уховидная форма псевдоприсосок, вытянутая форма тела, предполагаемый вид – *Diplostomum spathaceum* (9 особей);

– морфотип 2 – округлая форма тела, предполагаемый вид – *Diplostomum paracaudum* (22 особи);

– морфотип 3 – вытянутая форма тела, крупные многочисленные известковые тела, предполагаемый вид – *Diplostomum mergi* (2 особи).

Анализ паразитофауны рыб в окрестностях ЗБС МГУ проводили студенты МГУ начиная с 2019 г. За 5 лет исследований (кроме 2020 г.) выявлено, что наиболее массовым паразитом является *Diplostomum* sp. Представители семейства Diplostomidae были обнаружены на рыбах всех видов за последние 5 лет. Согласно результатам многолетних исследований в окрестностях ЗБС МГУ, интенсивность заражения *Diplostomum* sp. не превышает 7 особей на одну рыбу, однако в 2023 и 2024 гг. зафиксированы высокие значения интенсивности – 60 и 30 соответственно. В настоящее время нельзя однозначно определить причину массовых заражений. Пик численности и разнообразия паразитов наблюдался в 2019 г., далее она держалась на стабильно низком уровне. Вероятно, это можно объяснить естественными колебаниями численности и ошибкой выборки.

Таким образом, проведено паразитологическое обследование 125 особей рыб 7 видов. В ходе исследования были обнаружены представители 5 родов паразитов, а также не определенные до уровня вида нематоды, трематоды и цестоды. Наибольшее разнообразие паразитов отмечено у горчака (*Rhodeus sericeus amarus*), а более массовыми среди идентифицированных видов паразитов являлись трематоды родов *Diplostomum* и *Tylodelphys.* Значительная экстенсивность выявлена у рода *Diplostomum*. Опасные для здоровья человека и животных паразиты не зафиксированы. В Волковском болоте (карьер Сима) паразитов также не было, вероятно, это объясняется тем, что в связи с низкой аэрацией воды и пониженным pH в водоеме не обитают промежуточные хозяева – моллюски. В карьере около с. Никольское установлена максимальная зараженность диплостомидами по сравнению с Казенным прудом. Предположительно, из-за значительной численности чаек зависит динамика паразитических циклов.

УДК 639.51(470.61)

Получение и выращивание молоди гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* в условиях юга России

В.К. Кузнецов, А.А. Полин

Азово-Черноморский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону
e-mail: polinaa@azniirkh.vniro.ru

Гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) является представителем отряда десятиногих ракообразных (Decapoda) и относится к роду *Macrobrachium* семейства Palaemonidae. Встречается в тропических и субтропических регионах Индо-Тихоокеанской области и некоторых водоемах Юго-Восточной Азии, Австралии, на нескольких островах Индийского и Тихого океанов. Кроме того, креветка, став одним из основных объектов в аквакультуре пресноводных ракообразных, в последние годы широко распространилась и встречается более чем в 40 странах мира. В ряде регионов с подходящими условиями среды она проникла в естественные водоемы и считается инвазивной.

Гигантская пресноводная креветка – самый крупный представитель рода *Macrobrachium*. Самцы заметно превосходят самок, достигая максимальных длины 33 см и массы 250 г, у самок эти параметры не превышает 28 см и 200 г соответственно. Как и у большинства видов рода *Macrobrachium*, имеющих длительное личиночное формирование, личинки развиваются в морской или солоноватой воде.

В России возможно выращивать гигантскую пресноводную креветку в теплых водах на всей территории, а в южных регионах – в открытых водоемах. В обоих случаях необходимо применять двухэтапную систему, т. е. содержать маточное стадо и получать посадочный материал в специально оборудованных помещениях питомника, а доводить до товарного размера в водоемах большей площади, в частности в прудах.

Гигантская пресноводная креветка не способна размножаться в пресной воде и не переносит зимовку в климатических условиях Азово-Черноморского бассейна, поэтому при вселении этого объекта в естественные водоемы можно не опасаться нарушений в экосистемах, вызванных бесконтрольным размножением и расселением креветок.

Таким образом, актуальность работы определяется тем, что исследования биологии и совершенствование технологий культивирования выращивания пресноводной креветки открывают возможность расширения спектра беспозвоночных, выращиваемых в водоемах Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна. Открываются перспективы эффективности использования кормовой базы водоемов, а получение ценной товарной продукции требует небольших затрат.

Цель данной работы – экспериментальное получение и подращивание молоди гигантской пресноводной креветки в условиях Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна. Проводили этот эксперимент весной–летом 2025 г. на базе Азово-Черноморского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»)

в аквариальном комплексе Центра аквакультуры и прудовом комплексе Научного центра аквакультуры «Взморье». Работа выполнена в рамках темы государственного задания «Разработка технологий разведения и выращивания перспективных объектов аквакультуры».

Материалом для исследований послужили 6 самцов и 6 самок-производителей гигантской пресноводной креветки из собственного ремонтно-маточного стада. Зоологическая длина самок варьировала от 13,2 до 15,1 см, масса – от 37,0 до 51,7 г.

В период выращивания и выдерживания при нерестовой температуре (29 °С) самок содержали совместно с самцами в соотношении 3:1 соответственно. При наличии икры на плеоподах самок отсаживали индивидуально в отдельные емкости, в которых они инкубировали икру в течение 2–3 нед. Температуру воды поддерживали на уровне 29 °С.

Перед сходом личинок с плеопод самок проводили их «засаливание» двумя способами (личинок не позднее 1 ч после схода с самок и непосредственно самок с икрой). Первый способ заключается в том, что после схода личинок в пресной воде отсаживали самку и поднимали соленость воды в емкости с личинками до 15. При втором способе для самки с потемневшей икрой (что свидетельствует о скором вылуплении личинок) поступательно увеличивали соленость воды до 15, личинки сходили в соленую воду, а после схода самку пересаживали в отдельный аквариум и постепенно переводили в пресную воду. В обоих случаях сход личинок проходил успешно, начиналось личиночное развитие.

Личинок выдерживали в вертикальных пластиковых емкостях объемом 120 л и высотой 0,8 м. С момента «засаливания» поддерживали температуру воды 29 °С, соленость 15, постоянно освещали. В качестве корма вносили живые науплии артемии (по мере их поедаемости).

Личинки, «засаливание» которых проводили первым способом, успешно перешли метаморфоз, проходивший на 30-е сут после схода личинок с плеопод самок. Вместе с тем длительность метаморфоза была различной для потомства разных самок: № 1 – 5, № 2 – 10, № 3 – 7, № 4 – 6, № 5 – 10 сут. При втором способе «засаливания» личинки, несмотря на успешный сход с самок, жизнеспособность, питание и рост, не прошли метаморфоз – их смертность была 100 % -ной. По результатам завершения стадии метаморфоза количество успешно полученной ранней молоди составило 235, 85, 58, 150 и 76 экз. соответственно (от самок № 1–5).

Наиболее удачным был нерест самки № 1, у личинок которой метаморфоз прошел быстрее других и выход ранней молоди оказался самым высоким, что также способствовало минимальному разбросу в длине и массе между особями, лидирующими и отстающими в росте.

В результате эксперимента наибольшую эффективность показал метод «засаливания» непосредственно личинок после их схода с самки. Он более простой и промышленно- ориентированный, так как не требует последующего «опреснения» самки и не подвергает ее сопутствующему стрессу, связанному с изменением солености окружающей среды.

После завершения метаморфоза личинок в раннюю молодь «распреснение» воды с последней проводили следующим образом: воду из емкости с креветкой сливали на 90 %, затем восполняли объем пресной водой капельным доливом в

течение 3 ч. Выживаемость молоди после перевода в пресную воду составила 90 %.

Дальнейшее подращивание ранней молоди проводили в аквариумах объемом 0,25 м^3 при температуре воды 28 °С, солености 4 и фоторежиме 9/15 ч (день/ночь соответственно). После достижения средней длины 1,4 см и массы 0,2 г молодь подращивали двумя способами:

– в бассейне объемом 1,5 м^3;

– в прудах в погружных сетчатых садках.

Садки габаритными размерами 0,9×0,5×0,5 м с сетным полотном 1,7 мм помещали на дно пруда. Дополнительно ежедневно подкармливали молодь сухим гранулированным кормом по специальной рецептуре «ВНИРО» в объеме не более 3 % от общей биомассы выращиваемых объектов. Плотность посадки в садках варьировала от 13 до 24 экз./садок (58–107 экз./м^3). В период выращивания температура воды в прудах варьировала от 24,0 до 27,2 °С, в бассейне – от 28,2 до 30,1 °С. Кормили молодь замороженными науплиями артемии, дафнией и личинками хирономид в объеме не более 3 % от общей биомассы выращиваемых объектов.

На 24-е сут выращивания молодь креветки с начальной средней длиной 1,4 см и массой 0,2 г в условиях аквариального комплекса достигала средних длины 3,3 см и массы 0,4 г, в прудовых садках – 4,1 см и 0,6 г соответственно. Как видно, в прудовых садках средние размерно-массовые показатели были выше. Вместе с тем выживаемость в контролируемых условиях аквариального комплекса составила 100 %, тогда как в садках оказалась ниже – 85 %.

В ходе эксперимента рассмотрены два метода «засаливания» личинок гигантской пресноводной креветки. Установлено, что наиболее эффективным является метод «засаливания» личинок после схода с самки.

Результаты исследования подтвердили возможность и эффективность выращивания молоди гигантской пресноводной креветки в открытых водоемах юга России. Так, в условиях прудового комплекса научного центра аквакультуры «Взморье» (Ростовская область) даже краткосрочное выращивание молоди гигантской пресноводной креветки в садках, установленных в выростном пруду, показало хорошую выживаемость особей и высокие темпы роста, сопоставимые с контрольной группой, выращиваемой в условиях аквариального комплекса.

В целом в результате исследования выявлена перспективность использования гигантской пресноводной креветки в качестве объекта аквакультуры в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне. Вместе с тем необходима разработка оптимальной схемы выращивания объекта в регионе, что требует дополнительных изучений.

Авторы выражают благодарность главному инженеру Челпанову В.Г. и сотрудникам Центра аквакультуры и Азово-Черноморского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), оказавшим содействие и принимавшим участие в выполнении данного эксперимента.

УДК 639.517(470.61)

Преднерестовое выдерживание и нерест длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 в искусственных условиях

В.К. Кузнецов, Т.Д. Шрамко, А.А. Полин

Азово-Черноморский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону
e-mail: polinaa@azniirkh.vniro.ru

Длиннопалый рак *Pontastacus leptodactylus*, Eschscholtz 1823 относится к отряду десятиногих раков и является одним из основных пресноводных представителей этого отряда в акватории пресных водоемов России и важным промысловым объектом в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне.

Длиннопалый рак обладает высокой коммерческой ценностью благодаря вкусовым свойствам. В последние годы спрос на товарного рака на юге России превышает объемы его добычи. Решением проблемы ограниченной доступности и высокой стоимости рака может стать искусственное воспроизводство или товарное выращивание, для этого необходима отработка технологии его искусственного разведения.

В целях совершенствования технологии выращивания длиннопалого рака в данном исследовании решалась задача проведения преднерестового выдерживания и нереста производителей в искусственных условиях.

Экспериментальные работы по преднерестовому выдерживанию и нересту длиннопалого рака проводились с 08.04.2025 по 10.06.2025 г. на базе Центра аквакультуры Азово-Черноморского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») в рамках выполнения государственного задания по теме «Разработка технологий разведения и выращивания перспективных объектов аквакультуры».

Материалом для экспериментальных работ послужили самки-производители длиннопалого рака (общей длиной от 8,4 до 15,5 см и массой от 19,2 до 68,0 г) с развивающейся икрой. Самок вылавливали из водоемов Ростовской области (водохранилища Манычского каскада) и помещали в транспортные контейнеры с увлажнителем на дне.

После транспортировки в экспериментальный цех (не более 2-х ч) производили осмотр и выбраковку раков с признаками патологий, которые были помещены на карантин в отдельные емкости. Здоровых особей (127 экз.) сортировали по размерно-массовым показателям и размещали в емкостях для совместного преднерестового содержания в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) с температурой воды 15 °С и содержанием растворенного в воде кислорода 14,6 мл/л.

Перевод из воздушной среды в водную производили двумя способами: первый заключался в капельном добавлении воды в емкость с раками, второй – в последовательном погружении и извлечении раков из воды. В ходе эксперимента было выяснено, что разница в эффективности между этими способами отсутствует, выживаемость после транспортировки и перевода в водную среду различными способами составила 100 %.

Кормление самок во время первых этапов преднерестового выдерживания осуществляли исключительно живыми кормами (личинки хирономид, дафнии), позднее в ходе эксперимента была выделена группа самок, которую последовательно перевели на кормление сухим специализированным кормом «ВНИРО» с добавлением небольшого количества живых кормов. Кормление производили в утреннее и вечернее время. Стоит отметить, что живые корма поедались активнее, чем сухие. При этом, несмотря на различия в режимах кормления, все отобранные особи успешно отнерестились.

Нерест начался 26.05.2025 г. и продолжался до 10.06.2025 г. Во время нереста самки были разделены на несколько экспериментальных групп. Первая группа состояла из самок при групповом содержании (от 9 до 21 самок-производителей в 1 лотке УЗВ объемом 0,375 м^3) совместно с ранней молодью. Молодь свободно откреплялась от самок и попадала в общую емкость. Самок отсаживали из емкости с молодью только после полного завершения нереста. Лоток был оборудован укрытиями для производителей и молоди.

Во второй группе самок и их раннюю молодь содержали совместно, но изолированно от других самок и их молоди в отдельных аквариумах (по одной самке с молодью на 40-литровый аквариум).

Самок третьей группы содержали в экспериментальном садке, в котором они были отделены от молоди и друг друга сетным полотном. Дно и стенки конструкции были сделаны из садовой сетки. Экспериментальный садок поместили в лоток УЗВ на специальной подставке, позволяющей сошедшей с самок молоди покидать садок. Садок был разделен на несколько отсеков различной площади (448, 560, 736 и 1120 см^2). Самок помещали в секции по одной. Для кормления использовали погруженные стеклянные чашки Петри. После открепления от самок молодь опускалась на дно, но не контактировала с производителями.

В период нереста из-за плохой поедаемости кормление производителей всех групп прекратили.

Результаты эксперимента показали схожую результативность нереста при различных вариантах выдерживания производителей. Показано, что для индивидуального нерестового содержания одной самки достаточно минимальной площади 448 см^2.

Полученная молодь длиннопалого рака совершила первую линьку на следующий день после схода с самок, в дальнейшем линьки происходили через каждые 7–10 дней. Во время нереста у самок-производителей длиннопалого рака выявляли признаки ржаво-пятнистой болезни, таких самок изымали и изолировали от остальных особей. Доля особей с признаками заболевания составила 7,1 % (9 экз.).

После нереста и полного открепления ранней молоди от самок провели учет количества молоди путем секторного фотографирования и с применением графических компьютерных программ. Анализ показал схожие результаты нереста для особей разных групп выдерживания.

После окончания нереста и этапа «роения» (порядка 5 суток) начинали кормление молоди длиннопалого рака, которое проводили различными способами. Кормление первой группы осуществляли живым кормом (мороженными личинками хирономид и дафнией), второй группы – сухим кормом и личинками хироно-

мид. Третья группа была поэтапно переведена на кормление только сухим кормом разработки «ВНИРО».

В результате экспериментальных работ было показано, что при переводе из воздушной среды в водную самок-производителей после их транспортировки в равной степени эффективны как капельное добавление воды, так и последовательное погружение и извлечение самок из воды.

В преднерестовый период возможно совместное групповое содержание самок-производителей.

Установлено, что индивидуальное содержание самок-производителей в нерестовый период, а также использование минимальной площади 448 $см^2$ эффективно (большая площадь нецелесообразна).

В ходе эксперимента не выявлено различий в эффективности нереста самок-производителей, во время преднерестового выдерживания которых были использованы различные рационы (разные виды и соотношение живых кормов, добавление сухого корма «ВНИРО»).

Случаи поедания самками-производителями собственной молоди в ходе эксперимента не зафиксированы, вместе с тем рекомендуется удалять самок после полного схода молоди. Из-за низкой поедаемости корма и короткого периода нереста кормление самок-производителей во время нереста нерационально.

В преднерестовый и постнерестовый периоды возможно кормление производителей как живыми кормами, так и специализированными комбикормами «ВНИРО» (при условии предварительного постепенного перевода особей на них).

УДК 639.3:597.423(470.620)

Биотехника разведения и выращивания стерляди (*Acipencer ruthenus*) в условиях ООО «Кубанский институт осетроводства»

А.А. Лебедев, В.А. Омельченко

Азово-Черноморский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АЗНИИРХ»), г. Краснодар
e-mail: lebedevaa@azniirkh.vniro.ru

Цель работы – провести анализ результатов получения молоди стерляди (*Acipencer ruthenus*) на оборудовании ООО «Кубанский институт осетроводства» и представить информацию о формировании маточного стада, процессе инкубации икры, отходе и темпе роста молоди рыб.

При формировании маточного стада для получения оплодотворенной икры было отобрано 60 самок и 15 самцов стерляди (*Acipencer ruthenus*). Производителей содержали в бассейнах «ИЦА-2» с температурой воды 13,5 °С. После 7 дней выдержки производителям сделали гипофизарные инъекции в пропорции 3,8 мг гипофиза на 1,2 кг средней массы рыбы: самкам – 2 (предварительную и разрешающую), самцам – 1 (только разрешающую).

Для получения икры использовали метод С.Б. Подушки, при котором от 60 самок получили 12,5 кг икры и собрали половые продукты самцов. Для оплодотворения использовали «полусухой» метод, а для обесклеивания икры – голубую глину. Перед применением глину разводили в кипятке: 300 г сухой глины на 5 л воды. Время обесклеивания составляло 40–50 мин.

Оплодотворенную и обесклеенную икру заложили в аппараты «Осетр» в 13 лотков, средняя температура воды в которых составляла 12–14 °С. В ходе инкубации икры были выявлены «вспышки» сапролегниоза. Для борьбы с данной болезнью использовали краситель «Метиленовый синий».

Массовый выклев произошел на 8 день инкубации. Полученных личинок рассаживали вручную в 9 бассейнов «ИЦА-2» с температурой воды 14,5 °С по 15000 экз. в каждый, где они перешли в стадию роения. Вылет меланиновой пробки означал необходимость первого кормления личинок. Его осуществляли в соответствии с нормой – 40 % от массы личинок. В дальнейшем кормление проводили по мере поедаемости живого корма. На 3 день осуществили переход с естественного на искусственный корм марки Aller Aqua крупкой размером 0,2 мм.

Каждые 10 дней молодь сортировали на группы: крупные и мелкие, в зависимости от этого размер крупки корма варьировал от 0,5 до 3,0 мм. В ходе выращивания после пересадок определяли среднюю массу рыб. Исходная масса составила 0,008 ± 0,002 г, конечная – 1,98 ± 0,002 г.

При подращивании молоди ежедневно осуществляли санитарные мероприятия: чистку бассейнов от остатков несъеденного корма и погибшей молоди.

Всего для выпуска было 84105 экз. молоди средней массой 1,98 г. Общий отход молоди составил 37,7 %, а общий прирост – 25650 %. При выращивании от икринки до малька массой 1,9 г выживаемость равнялась 62,3 %.

Таким образом, в эксперименте мы получили более высокие результаты по сравнению с литературными данными, где выживаемость молоди была 50–60 %. Выращенная молодь оказалась жизнестойкой и ее выпустили в естественные условия.

УДК 551.465

Фронтальные зоны и промысловые скопления скумбрии в Южно-Курильской промысловой зоне

М.А. Лебедева[1, 2], Т.В. Белоненко[1], М.В. Будянский[1, 2], П.А. Файман[1, 2], А.А. Дидов[1, 2], М.Ю. Улейский[2]

[1]СПбГУ, г. Санкт-Петербург
[2]ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток
e-mail: plaztic@mail.ru

В данной работе изучается пространственная связь между распределением промысловых скоплений японской скумбрии (*Scomber japonicus*) и фронтальными зонами в тихоокеанском секторе Южно-Курильской промысловой зоны в путины 2020, 2021 и 2022 гг. В качестве индикаторов фронтальных зон использованы горизонтальные градиенты плотности, температуры, солености и лагранжева индикатора *S* в поверхностном слое, рассчитанные по данным океанографического реанализа GLORYS12V1. В рамках предлагаемой методики (Fishing Zone Gradient Method) реализована автоматическая идентификация фронтальных зон с использованием вероятностных характеристик распределения градиентов. Произведена оценка расстояния от каждого промыслового события до ближайшей фронтальной зоны с учетом его положения относительно теплой или холодной, а также «быстрой» или «медленной» сторон от фронта по значениям температуры и лагранжева индикатора *S* соответственно. Установлено, что наиболее значимым параметром, определяющим распределение скоплений *Scomber japonicus*, является градиент плотности в поверхностном слое. Температурные фронтальные зоны, кроме того, оказывают существенное влияние на формирование благоприятных условий для агрегации промысловых скоплений. Влияние фронтальных зон, определяемых по градиентам лагранжева индикатора *S* и солености, выявлено как менее выраженное. Проведена валидация трех океанографических продуктов реанализа (GLORYS12V1, JCOPE2, GOFS3.1) на основе сопоставления с данными натурных измерений, полученных в экспедициях ТИНРО. По совокупности характеристик GLORYS12V1 выбран в качестве наиболее пригодного источника материалов для решения задач промысловой океанографии в исследуемом регионе.

На распределение промысловых скоплений гидробионтов значительное влияние оказывают условия, формирующиеся в океане. Рыбодобывающие компании проявляют значительный интерес к краткосрочным прогнозам местоположения промысловых скоплений рыб, которые зависят от динамики морских течений, расположения фронтальных зон и распределения кормовой базы. Определение и анализ этих факторов могут существенно повысить эффективность рыболовства, обеспечивая более рациональное использование ресурсов и оптимизацию промысловых операций. Океанические фронты, представляющие собой границы между водными массами с разными термохалинными характеристиками, создают уникальные условия, способствующие концентрации планктона и рыбных скоплений. Эти фронты играют важную роль в формировании океанических экоси-

стем, поскольку за счет усиления вертикального обмена питательных веществ увеличивают биологическую продуктивность и обеспечивают обилие кормовой базы для морских организмов. Согласно определению, фронтальная зона – зона, где градиент рассматриваемой характеристики выше среднего климатического градиента. Фронтальные зоны могут иметь различные пространственные масштабы: от метров до десятков километров. Во временном отношении они варьируются от кратковременных явлений, длящихся несколько часов, до устойчивых структур, существующих практически постоянно. Фронтальные зоны могут образовываться на границах крупномасштабных течений и периферии мезомасштабных вихрей, в которых велико воздействие вертикальных движений, влияющих на увеличение биологической продуктивности и образование промысловых скоплений рыб. Известно, что мезомасштабные вихри – ключевые динамические элементы океанической среды, которые способствуют перераспределению тепла, соли и биогенных элементов. Эти структуры обладают способностью захватывать и удерживать планктон, образуя своего рода «ловушки» для мелких морских организмов. Вследствие концентрации планктона и других кормовых ресурсов происходит привлечение представителей более высоких трофических уровней, включая рыб промысловых видов, что делает мезомасштабные вихри важными для рыбохозяйственной деятельности.

Для выделения фронтальных зон был использован метод фронтального градиентного анализа (Fishing Zone Gradient Method), основанный на систематическом анализе пространственных распределений горизонтальных градиентов не только термохалинных характеристик (температуры, солености и плотности на поверхности моря), но и динамических параметров, в частности лагранжева индикатора *S*, отражающего интенсивность перемещения водных масс. В отличие от традиционных подходов выделения фронтальных зон, где пороговые значения градиентов задаются эмпирически или варьируются в зависимости от субъективной оценки исследователя, в данной методике они определяются автоматически – строго на основе функции распределения величин градиентов. Основная идея заключается в использовании вероятностного порога как критерия для выявления фронтальных зон. В рамках данного подхода фронтальными считаются те области, в которых значения градиентов превышают 80-й перцентиль соответствующей функции распределения. Таким образом, в каждой точке исследуемой акватории оценивается, насколько выражена пространственная изменчивость того или иного параметра, а зоны с наиболее резкими переходами автоматически классифицируются как фронтальные. Это обеспечивает объективность, воспроизводимость и адаптивность метода при его применении в различных районах и для различных сезонов.

В целях оценки достоверности и практической применимости реанализов для океанографических исследований была проведена валидация трех современных продуктов – GLORYS12V1, GOFS3.1 и JCOPE2. Все три реанализа обладают сопоставимым пространственным (порядка 1/12°) и временным (от 3 ч до суток) разрешением, что позволяет сравнивать их характеристики на единых основаниях. В качестве эталонных данных использовались результаты CTD-измерений, полученные в ходе научных экспедиций ТИНРО. В результате оценки соответствия между результатами моделирования и натурными измерениями реанализ GLORYS12V1 был выбран основным источником океанографических материа-

лов для последующего анализа. Высокое пространственно-временное разрешение, стабильность параметров и достоверность валидации делают GLORYS12V1 наиболее подходящим для задач, связанных с исследованием взаимосвязей между океанологическими условиями и пространственным распределением объектов промысла.

Настоящее исследование подтвердило ключевую роль океанологических условий в формировании и пространственной организации промысловых скоплений японской скумбрии (*Scomber japonicus*) в Южно-Курильской рыболовной зоне. В ходе анализа сочетания эйлеровых и лагранжевых характеристик было показано, что фронтальные зоны, выделяемые по резким градиентам температуры, солености, плотности, а также по лагранжевому индикатору *S*, существенно влияют на локализацию промысловых скоплений. Эти зоны представляют собой не просто физико-химические границы между водными массами, но и динамические структуры, способствующие концентрации зоопланктона и, соответственно, обеспечивающие благоприятные условия для скопления пелагических рыб.

Результаты настоящего исследования устанавливают важность океанических фронтов и мезомасштабных вихрей в формировании пространственной структуры промысловых скоплений японской скумбрии, что соответствует выводам ряда других исследователей. Наблюдения о преобладании промысла с «холодной» стороны термических фронтов в 2021 и 2022 гг. и с «теплой» стороны в 2020 г. хорошо согласуются с динамикой мезомасштабных вихрей и положением Хоккайдского антициклона, что доказывает гипотезу значительной роли вихревой динамики в локализации промысловых скоплений. Этот вывод дополняет понятие о том, что периферийные части вихрей служат «ловушками» для планктона и рыб, и указывает на необходимость учитывать межгодовые вариации вихревых структур при планировании рыболовства.

Анализ статистики расстояний от мест вылова до ближайших фронтальных зон подтвердил, что японская скумбрия предпочитает расположение вблизи фронтов температуры и плотности, которые оказались более надежными индикаторами присутствия промысловых скоплений, чем фронты солености. Это согласуется с представлениями о том, что температурные и плотностные градиенты тесно связаны с формированием оптимальных кормовых условий и барьеров миграции рыб. В отличие от температуры и плотности, тяготение промысла к фронтам солености наблюдалось лишь в 2020 и 2021 гг., тогда как в 2022 г. этот эффект не проявился. Это опровергает мнение об универсальности соленостных фронтов в качестве индикатора промысловых скоплений, что согласуется с работами, где отмечалась переменная роль соленостных градиентов в различных регионах Тихого океана. Возможно, это связано с тем, что соленость оказывает менее прямое влияние на биологическую продуктивность и распределение кормовой базы по сравнению с температурой, а также с особенностями гидродинамики рассматриваемого района.

Данная работа вносит существенный вклад в развитие применения лагранжевых методов в промысловой океанологии. Использование лагранжева индикатора *S* и выявление «быстрых» и «медленных» сторон фронтальных зон позволили обнаружить дополнительное тяготение промысла к динамически активным участкам, что подтверждает гипотезы о том, что лагранжевы характеристики выявляют скрытые структурные элементы океанической циркуляции, важные для биологических сообществ. В отличие от классического эйлерова подхода, лагран-

жев анализ учитывает историю траекторий водных масс, что позволяет точнее прогнозировать локализацию промысловых скоплений.

Практическая значимость данных результатов заключается в возможности использования комплексного подхода, включающего как эйлеровы гидрологические характеристики, так и лагранжевы индикаторы динамики водных масс для повышения точности и надежности краткосрочных прогнозов местонахождения промысловых скоплений. Это открывает перспективы для разработки новых инструментов мониторинга и планирования рыболовной деятельности, способных учитывать динамические особенности среды и обеспечивать оптимальное распределение промысловых усилий.

Работа выполнена при поддержке СПбГУ, шифр проекта № 129659573. Лагранжев анализ выполнен на вычислительном кластере Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН (государственное задание № 124022100072-5).

УДК 639.3.043.13

Влияние количества параметров в модели на эффективность прогнозирования роста судака *Sander lucioperca* в аквакультуре (в первый год выращивания)

Н.А. Лютикова

Санкт-Петербургский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга»), г. Санкт-Петербург
e-mail: lyutikovanet@yandex.ru

Судак *Sander lucioperca* – ценный и крупный представитель окуневых рыб, широко распространенный в Европе и Азии. Перспективный и в то же время один из наиболее сложных объектов пресноводной аквакультуры. Комплекс факторов, таких как мелкие размеры личинок, их общая несформированность и высокая чувствительность к условиям внешней среды, приводит к высокой смертности и гетерогенности роста молоди. Это, в свою очередь, препятствует использованию современных методов управления рыбоводством, таких как моделирование. Моделирование роста животных в аквакультуре может выступать инструментом управления производством, позволяющим прогнозировать размер особей на время вылова, оценивать смертность, а также потребности в отдельных питательных веществах и комбикормах.

В случае с судаком возможность моделирования роста личинок и сеголеток появилась с разработкой в ГосНИОРХе отечественных искусственных стартовых кормов и получением относительно стабильных результатов выращивания судака индустриальным способом. К настоящему времени в научной литературе отсутствуют работы по моделированию роста и выращиванию судака в ранний период жизни – от выклева до сеголеток. Это и определяет актуальность настоящего исследования.

Цель исследования – нахождение оптимальной модели (из существующих) и апробация собственной модели роста личинок и мальков судака для описания и прогнозирования прироста судака в первый год жизни. Всего было проанализировано 11 моделей роста, используемых в аквакультуре, – трех-, четырех- и пятипараметрические логистические, Гомпертца, фон Берталанфи, обобщенная Вейбулла, Яношека, Моргана Мерцера Флодина, обобщенная Михаэлиса-Ментен, Шнуте и собственная экспериментальная линейная модель, составленная на основе анализа и сравнения существующих моделей между собой, поиска закономерностей, отражающих рост судака на ранних стадиях, а также с учетом особенностей развития личинок судака. Апробацию выбранных моделей осуществляли в среде Python (вер.3.6.13) с помощью библиотек «scipy.optimize», «matplotlib.pyplot», «statsmodels», «numpy» и «pandas». Этот способ обработки данных является широко применимым при моделировании с множеством функций и методов подгонки.

Исследование развития (линейного и массового) судака в первый год жизни позволило выделить 2 периода – личиночный и мальковый, которые характеризуются линейной и сигмоидальной кривой роста соответственно. Таким образом,

каждую из 11 моделей исследовали 4 раза: для моделирования линейных личиночного и малькового; массовых личиночного и малькового роста. В качестве оценочных критериев применялись информационный Акаике (AIC), байесовский информационный (BIC), а также были рассчитаны среднеквадратичная ошибка (MSE), средняя абсолютная ошибка и коэффициент детерминации, подсчитано время итерации.

За личиночный период судака принимали период от начала внешнего питания личинок до достижения ими массы 150 мг. Рост мальков описывали от массы более 150 мг до 8 г.

Личиночный линейный и массовой рост судака наилучшим образом описывают четырех- и пятипараметрические логистические модели, модели фон Берталанфи и Яношека, Михаэлиса-Ментен (только для линейного роста) и собственная модель.

Линейный рост мальков и сеголеток адекватно характеризуют логистические модели с относительно небольшим количеством параметров: трех- и четырехпараметрические логистические модели, трехпараметрическая модель Гомпертца, четырехпараметрические модели Яношека, Моргана Мерцера Флодина и Михаэлиса-Ментен.

Кривую массового прироста мальков и сеголеток реалистично строят лишь три модели – логистическая модель с четырьмя параметрами, модели фон Берталанфи и Яношека.

В результате было выявлено, что при исследовании увеличения личинок лучшим образом себя реализуют модели с бóльшим количеством параметров (если сравнивать трех- и четырехпараметрические модели). Так, рост личинок реалистично моделируют более 80 % моделей с 4 и более параметрами (из выбранных 11 моделей). Прирост мальков описывают 67 % таких моделей (из выбранных 11), остальная доля приходится на модели с 3 параметрами. Пятипараметрические модели не смогли точно описать линейный или массовый рост как на личиночном, так и на мальковом этапе. Модели характеризовались средними значениями Акаике и увеличенным временем итерации. С одной стороны, предполагается, что увеличение количества параметров приведет к более высокому качеству соответствия, с другой стороны, оно же повлечет за собой увеличение времени итерации, т.е. к «переподгонке» параметров.

В заключение необходимо подчеркнуть, что исследование развития судака и моделирование его процессов стало возможным благодаря решению проблемы стабильного получения жизнестойкого физиологически полноценного материала в виде личинок и сеголеток судака. Полученные результаты позволят лучше понять закономерности роста ранней молоди судака, скорректировать технологию его выращивания и повысить эффективность разведения.

УДК 574.633:574.583

Доминантный комплекс видов фитопланктона озера Белое (Вологодская область) в период «цветения» воды в 2016–2023 гг.

Н.Н. Макарёнкова

Вологодский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВологодНИРО»), г. Вологда
e-mail: makarenkova@vologod.vniro.ru

Озеро Белое, находящееся на западе Вологодской области, относится к наиболее крупным в Европе (площадь 1284 км^2), является частью Шекснинского водохранилища, входит в состав Волго-Балтийского водного пути. Озеро мелководное (средняя глубина 4,1 м), глубины от берегов к центру нарастают постепенно, достигая в центральной части 6,3 м. Имеет округлую форму, без заливов, характеризуется открытостью, интенсивным перемешиванием водных масс и слабым зарастанием. Берега озера низкие, заболоченные. Частые штормы определяют повышенную мутность воды. В жаркие летние месяцы водная толща значительно прогревается. Озеро подвергается высокой антропогенной нагрузке (судоходство, рыбное хозяйство, водоснабжение, сброс сточных вод и т.д.).

Во второй половине лета в озере Белое происходит массовое развитие фитопланктона, прежде всего цианобактерий и диатомовых водорослей, при этом наблюдается видимое окрашивание воды в зеленый цвет. В структуре альгоценоза озера значительно увеличивается роль цианобактерий (до 90 % от всего количества клеток водорослей). Одним из основных возбудителей «цветения» является *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Born. & Flah. «Цветение» воды в озере Белое обнаруживалось уже в конце XIX – начале XX веков, когда в годы с повышенными температурами и слабыми ветрами в летний период отмечались массовые заморы рыб вследствие бурного разрастания цианобактерий.

«Цветение» воды, вызванное *Aphanizomenon flos-aquae*, было зарегистрировано и в 1950-х годах как очень сильное кратковременное явление в период штилевых погод в августе. Руководящим таксоном был *Aphanizomenon* Morr. ex Born. & Flah., ему сопутствовали *Dolichospermum flos-aquae* (Born. et Flah.) Wacklin et al., *Snowella lacustris* (Chod.) Kom. & Hind., *Woronichinia naegeliana* (Ung.) Elenk., *Anathece clathrata* (W. et G.S. West) Kom. et al., *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. и др. Рост биомассы цианобактерий происходил на фоне спада количества диатомовых. Среди диатомей преобладали *Aulacoseira italica* (Kutz.) Sim., *A. granulata* (Ehr.) Ralfs., *A. islandica* (O.F. Müll.) Sim.

В первый год наполнения Шекснинского водохранилища (1963) наблюдалось значительное обогащение диатомовой флоры озера Белое литоральными и бентосными видами. Тогда как для цианобактерий условия обитания были неблагоприятными, их биомасса во второй половине лета была низкой, «цветение» воды не наблюдалось. В последующие годы количество цианобактерий значительно возросло.

В 1970-х годах цианобактериальный комплекс во второй половине лета складывался прежде всего из *Aphanizomenon flos-aquae*, *Snowella lacustris*, *Dolichospermum lemmermannii* (Richt.) Wacklin, Hoffm. & Kom.), *Microcystis*

aeruginosa, *Woronichinia naegeliana*. *A. flos-aquae* являлся преобладающей формой среди цианобактерий вплоть до замерзания озера. При этом интенсивно разрастались диатомовые водоросли, в частности *Stephanodiscus astraea* (Kütz.) Grun., *Aulacoseira granulata*, *A. ambigua* (Grun.) Sim., *A. alpigena* (Grun.) Krammer, *A. italica*, *A. islandica*, *Asterionella formosa* Hass.

В 1990-е гг. в структуре сообщества большее значение приобрели безгетероцистные цианобактерии (*Aphanocapsa holsatica* (Lemm.) Cronb. & Kom., *A. incerta* (Lemm.) Cronb. & Kom. и др.). Из диатомовых доминировали *Actinocyclus normanii* (Greg. ex Grev.) Hust. и *Stephanodiscus maximus* Genkal sp. nov. Последний ранее определялся разными авторами как *S. astraea*. Летом в период снижения биомассы диатомовых в озере увеличивалась представленность цианобактерий (до 60 % биомассы). Согласно фондовым материалам, в июле 2005 г., августе–октябре 2007 г. и на ряде станций в сентябре 2008 г. в поверхностном слое воды наблюдалось скопление крупных нитей цианобактерий, преимущественно *Aphanizomenon flos-aquae*, а также представителей рода *Anabaena* Bory (=*Dolichospermum* (Born. & Flah.) Wacklin, Hoffm. & Kom.). Также высокую численность имели *Snowella lacustris*, виды из родов *Aphanocapsa* Näg. и *Microcystis* Lemm. Биомасса цианобактерий составляла более половины от общей. Из диатомовых по биомассе и численности в планктоне озера выделялись *Asterionella formosa*, *Aulacoseira granulata, A. italica*, *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Diatoma elongata* (Lyngb.) C.Ag.

Ежегодные «цветения» воды в озере Белое ухудшают санитарную обстановку и условия обитания других гидробионтов. Индекс сапробности, указывающий на органическое загрязнение, характеризует воды как умеренно загрязненные. Индекс сообществ фитопланктона, основанный на функциональной классификации водорослей и оценивающий комплексное воздействие на экосистему, свидетельствует о низком качестве воды в период «цветения». «Цветение» воды опасно появлением в воде альготоксинов и других органических соединений, которые выделяются водорослями в процессе жизнедеятельности. В неглубоких водоемах наращенная биомасса фитопланктона, отмирая, не успевает разложиться в толще воды и расходует кислород на окисление органики в придонных слоях. При этом вблизи дна водоема образуются анаэробные зоны, где скапливаются метан и сероводород, в илах могут выделяться меркаптаны, биогенные амины типа трупных ядов, аммиак. Формирующийся дефицит растворенного кислорода снижает устойчивость гидробионтов ко многим ядам, и при масштабном «цветении» случаются массовые заморы рыб.

Целью работы стало выявление комплекса доминирующих видов фитопланктона озера Белое во время его «цветения» в 2016–2023 гг. Для этого был использован материал мониторинговых исследований, проводимых сотрудниками «ВологодНИРО». Сбор альгологических проб осуществлялся в августе–сентябре из фотического слоя воды батометром Паталаса (1 л) с учетом методических рекомендаций. Пробы фитопланктона фиксировались раствором Люголя с добавлением формалина, в последующем через отстаивание осуществлялось их концентрирование в объеме до 25 мл. Количественная обработка и идентификация водорослей проводились с использованием камеры Нажотта (0,01 мл), микроскопа ЛОМО Микмед 6. Названия таксонов водорослей приведены в соответствии с системой AlgaeBase. Биомасса определялась объемно-расчетным методом, удель-

ный вес водорослей принимался равным 1 г/м^3. К категории «доминирующих» относили виды, составляющие ≥10 % от суммарной численности и/или биомассы фитопланктона. Порядок доминирования (Dt) был рассчитан через отношение частоты доминирования к частоте встречаемости таксона. Частота встречаемости (pF)/ доминирования (DF) была установлена как отношение количества проб, в которых таксон встречался/доминировал, к общему количеству обработанных проб.

В настоящее время продолжительность «цветения» озера Белое значительно увеличилась и регистрируется не только летом, но и осенью, когда высокие биомассы формирует другая группа – диатомовые водоросли. Характер фитопланктона Белого озера определяется цианобактериями, диатомовыми, зелеными и криптофитовыми водорослями. В меньшей степени в альгоценозе представлены другие отделы. По средневегетационной величине биомассы фитопланктона в 2016–2023 гг. (5,3 г/м^3) водоем относится к эвтрофному типу. Биомасса фитопланктона в озере Белом летом – в начале осени в среднем равнялась 9,5 г/м^3. В значительной степени ее величины были обусловлены количеством диатомовых водорослей (55 %) и цианобактерий (26 %), которые формировали также основную численность клеток – 18 и 75 % соответственно. В среднем численность фитопланктона составила 87,1 млн кл./л. Наиболее часто в сообществе встречались цианобактерия *Aphanizomenon flos-aquae,* диатомовые *Actinocyclus normanii, Aulacoseira islandica*, *A. ambigua, Stephanodiscus* sp.*,* криптофитовые *Cryptomonas marssonii* Skuja.

В доминантном современном комплексе фитопланктона озера Белое можно выделить несколько групп видов, основываясь на частоте их встречаемости (pF) и порядке доминирования (Dt). К первой группе относятся таксоны, широко распространенные в водоеме и имеющие высокий порядок доминирования: *Aphanizomenon flos-aquae* (pF = 79 %, Dt = 95 %), *Aulacoseira islandica* (pF = 79 %, Dt = 77 %), *Actinocyclus normanii* (pF = 79 %, Dt = 63 %), *Snowella lacustris* (pF = 46 %, Dt = 36 %).

Вторую группу составляют виды, обнаруживаемые редко, но достигающие значительного количества. К ним относятся *Aphanocapsa incerta*, *Microcystis aeruginosa*, *Staurosira oestrupii* Van de Vijver & Paillès, *Staurosira venter* (Ehr.) Cl. & J.D. Möller, *Woronichinia* sp. с показателями pF = 4 %, Dt = 100 %, *Aphanocapsa delicatissima* W. & G.S. West – pF = 21 %, Dt = 60 %, *Microcystis* sp. – pF = 8 %, Dt = 50 %, *Aphanocapsa holsatica* и *Coelastrum* sp. – по pF = 13 %, Dt = 33 %. Значения этих показателей свидетельствуют о том, что, хотя данные виды и не являются широко распространенными по акватории озера, они имеют высокий потенциал массового роста.

К третьей группе относятся виды, которые встречаются в озере часто, но не имеют высокого уровня доминирования, появление их в составе доминантного комплекса случайно. К ним принадлежат *Stephanodiscus* sp. (pF = 58 %, Dt = 21 %), *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn. (pF = 38 %, Dt = 22 %), *Aulacoseira alpigena* (pF = 46 %, Dt = 9 %), *Aulacoseira ambigua* и *Cryptomonas marssonii* (по pF = 38 %, Dt = 11 %). Эти виды являются постоянным компонентом фитопланктонного сообщества в период «цветения», но редко переходят в ранг доминантов – только в отдельных случаях, когда для них складываются благоприятные условия.

Комплекс доминантных видов фитопланктона озера Белое имеет относительно устойчивый характер, что подтверждается многолетними исследованиями. Даже после изменения гидрологического режима водоема в связи с созданием водохранилища ценозообразующие виды водорослей сохранили ведущее значение в экосистеме. Отличительной чертой озера является «цветение» воды, вызванное *Aphanizomenon flos-aquae*, которое на более позднем этапе в течение вегетационного периода совпадает с массовым развитием видов рода *Aulacoseira*, что может ухудшать в некоторых случаях условия среды для других гидробионтов и снижать качество воды в озере. *Aphanizomenon flos-aquae,* потенциально токсичный вид, является одним из основных доминантов на протяжении длительного времени наблюдений. В Белом озере цианобактериальный комплекс в значительной степени определяет черты летнего фитопланктона. В последние десятилетия прослеживается увеличение роли безгетероцистных цианобактерий, что может быть связано с увеличением содержания аммонийного азота в воде.

УДК 581.526.325

Характеристика фенологии весеннего «цветения» фитопланктона в Беринговом море

А.С. Малышева[1,2], К.К. Киввa[1]

[1]ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
[2]ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова», г. Москва
e-mail: malysheva@vniro.ru

В Мировом океане скорость фотосинтеза фитопланктона не является постоянной во времени и пространстве. В субполярных экосистемах во время весеннего «цветения» (ВЦ) фитопланктона формируется бóльшая часть общей годовой первичной продукции. Органическое вещество, образующееся в этот период, переходит на следующие уровни трофической цепи, перенося энергию, поэтому изменения в сроках и интенсивности ВЦ могут играть критическую роль в данном процессе. Кроме того, сдвиги в сроках ВЦ фитопланктона могут влиять на выживаемость промысловых биоресурсов, что, в свою очередь, может отразиться на объемах промышленного рыболовства.

Цель настоящей работы – оценка сроков и параметров ВЦ фитопланктона в Беринговом море по спутниковым данным за 1998–2024 гг.

Фенологические характеристики ВЦ фитопланктона были рассчитаны по спутниковым данным концентрации хлорофилла-а (Хл-а, мг/м^3) из базы Ocean Colour Climate Change Initiative (OC CCI) версии 6, сформированным на основе объединения данных с датчиков MODIS, MERIS, OLCI, SeaWiFS и VIIRS. Исходные данные с временным шагом 1 день и пространственным разрешением 4×4 км были интерполированы на сетку 25×25 км в полярной стереографической системе координат. Поскольку в данных содержится много пропусков, был применен метод интерполяции данных с помощью эмпирических ортогональных функций DINEOF (Data Interpolating Empirical Orthogonal Functions) с радиусом поиска соседей 50 км. Метод показал высокую степень совпадения с исходными данными: R^2 = 0,92, *RMSE* = 0,67 мг/м^3. Количество пропусков в данных в летние месяцы сократилось с 60 до 20 %. Далее в каждой ячейке для годового ряда концентрации Хл-а применялось сглаживание с помощью локальной полиномиальной регрессии (LOESS – locally estimated scatterplot smoothing). Дата начала ВЦ фитопланктона определялась по превышению порогового значения концентрации Хл-а, равного медиане отрезка годового временного хода Хл-а от начала ряда до пика «цветения». За продолжительность ВЦ принималось количество дней от даты начала до даты максимума ВЦ. Интенсивность ВЦ – значение концентрации Хл-а в день максимума «цветения».

Раньше всего (начало апреля) ВЦ начинается вдоль восточного побережья Камчатки, к северу от кромки шельфа в центральной части Берингова моря, Бристольском заливе, а также к югу от Алеутских о-вов и Аляски. В центральной части Берингова моря, а также в северной части шельфа и Беринговом проливе дата начала ВЦ соответствует концу апреля – началу мая. В северных заливах (Анадырский, Нортон), где дольше сохраняются ледовые условия, ВЦ начинается в июне.

Дата максимума ВЦ имеет схожее распределение: на шельфе Бристольского залива максимум достигается довольно скоро, в течение апреля, тогда как вдоль побережья Камчатки и кромки шельфа он отмечается в первой половине мая. В глубоководной части моря пик ВЦ наблюдается в июне – начале июля, что гораздо позже, чем в северной части моря. Это связано с тем, что на шельфе с отступлением кромки льда начинается интенсивное ВЦ (более 10 мг/м^3), которое не длится долго – от 10 до 20 дней, тогда как в глубоководной части моря в условиях отсутствия льда и низкой концентрации биогенных элементов ВЦ может продолжаться до 40–50 дней, но при этом имеет низкие значения Хл-а (менее 1 мг/м^3).

Кроме того, были рассчитаны многолетние линейные тренды фенологических характеристик ВЦ фитопланктона с использованием метода оценочной функции Тейла-Сена. Сроки ВЦ имели тенденцию к сдвигу на более позднюю дату (до +2 дней в год) в глубоководной части Берингова моря, а также южнее Алеутских о-вов. В северной части и вдоль западных Алеутских о-вов сроки сдвигались на более раннюю дату (до −2 дней в год).

На большей части Берингова моря продолжительность ВЦ увеличивалась (до 1 дня в год), особенно в глубоководном районе. Южнее Алеутских о–вов и в юго-восточной части шельфа длительность, наоборот, сокращалась на 1 день в год.

На шельфе моря отмечен значимый положительный тренд в интенсивности ВЦ: от 0,05 мг/м^3 в год в Бристольском заливе до 0,2 мг/м^3 в год в Анадырском заливе. В пересчете на 10 лет тенденция составляет до +2 мг/м^3, что является весьма значительным увеличением концентрации Хл-а. В Беринговом проливе, вдоль восточного побережья Камчатки и к югу от 200-метровой изобаты в центре моря наблюдался отрицательный тренд (−0,1 мг/м^3 в год). В глубоководном районе моря, вдоль и южнее Алеутских о-вов при низких значениях Хл-а в среднем тренд оказался положительным (до +0,05 мг/м^3 в год).

Фенологические характеристики ВЦ фитопланктона в Беринговом море были рассчитаны за период 1998–2024 гг. Раньше всего (начало апреля) ВЦ начиналось в прибрежной зоне моря и Бристольском заливе. В течение апреля ВЦ развивалось в центральной и шельфовой частях моря, а в северной части – в мае. Для северной части моря характерны короткие интенсивные ВЦ после отступления льда, тогда как в глубоководной части моря ВЦ может продолжаться 1,5–2,0 месяца при низкой концентрации Хл-а (менее 1 мг/м^3).

В области шельфа моря наблюдалась тенденция к более раннему началу ВЦ (до −2 дней в год), что, вероятно, является следствием более ранних дат очищения ото льда. Кроме того, в северных заливах отмечен положительный тренд интенсивности ВЦ (до +0,2 мг/м^3 в год) и его продолжительности (до +1 дня в год).

УДК 639.2/3:637.072

Изучение изменений структуры мышечной ткани форели и семги в процессе хранения

А.И. Машкина, В.А. Пчелкина

ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва
e-mail: v.pchelkina@fncps.ru

Автолизом называют всю совокупность процессов посмертного ферментативного расщепления веществ, входящих в состав тканей как мяса, так и рыбы. Основную роль в этом процессе играют протеолитические ферменты, под действием которых разрушается структура ткани, в первую очередь мышечной, построенной из белков и обусловливающей упруго-пластические свойства тела свежей рыбы. В результате автолиза происходит не только изменение органолептических свойств рыбы, но и накопление низкомолекулярных продуктов гидролиза, являющихся хорошей питательной средой для микроорганизмов порчи. Мышечная ткань рыбы состоит из поперечнополосатой мышечной ткани, структурной единицей которой является саркомер. Структура мышечной ткани может варьировать по диаметру и плотности расположения мышечных волокон, а также по толщине соединительнотканных прослоек в зависимости от вида рыбы, ее возраста и условий выращивания. Знания морфологии и внутренней структуры основной и наиболее ценной части промысловых видов рыб – мышц – необходимы для оценки качества объектов рыбного хозяйства как продуктов питания. Форель – пресноводная рыба, принадлежащая к семейству лососевых, широко распространена в реках и озерах Европы, а также в некоторых частях Азии и Северной Америки. Семга (атлантический лосось) – анадромная рыба, также относящаяся к семейству лососевых, обитает в северных морях и реках, где нерестится.

Для изучения структуры тканей используются гистологические методы, при этом литературных данных о микроструктуре мышц форели и семги как критерия их качества очень мало. Целью работы являлось изучение изменений микроструктуры мышечной ткани форели и семги в процессе холодильного хранения.

Объектами исследования являлись мышцы форели (n=3, АО «Бисеровский рыбокомбинат») и семги (n=2, Мурманская область), отобранные через 24 ч после вылова. Образцы хранили при температуре 4 °С, ежедневно отбирая кусочки размером 15×15×4 мм (с продольной и поперечной ориентацией мышечных волокон) для исследования. Длительность отбора составила семь суток. Гистологические исследования проводили в соответствии с ГОСТ 19496-2013. Отобранные кусочки для фиксации помещали в 10 % -ный нейтральный забуференный раствор формалина (BioVitrum, Russia). Время фиксации при комнатной температуре (21 °С) составляло 72 ч. Фиксированные кусочки промывали холодной проточной водой в течение 3 ч и пропитывали последовательно в 12,5- и 25 % -ном растворах желатина (AppliChem GMBH, Германия) в течение 8 ч в каждом в термостате TS-1/20 SPU (Смоленск, Россия) при температуре 37°С. Кусочки после пропитки помещали на замораживающих столиках в камеру микротома-криостата «MIKROM–

HM525» (Thermo Scientific, США). Далее изготавливали срезы толщиной 14 мкм. С каждого кусочка изготавливали по три среза, которые монтировали на предметные стекла. Для изучения морфологических характеристик срезы окрашивали квасцовым гематоксилином Эрлиха и 1 % -ным водным раствором эозина (BioVitrum, Россия) по общепринятой методике. Изучение гистологических препаратов и их фотографирование осуществляли на световом микроскопе «AxioImaiger A1» (Carl Zeiss, Германия) с помощью подключенной видеокамеры «AxioCam MRc 5» (Carl Zeiss, Германия). Морфометрические исследования производили с применением программы анализа изображений «AxioVision 4.7.1.0» (Carl Zeiss, Германия). Диаметр мышечных волокон, длину саркомеров и плотность расположения волокон измеряли в интерактивном режиме. Обсчитывали не менее 100 объектов для каждого среза. Диаметр волокон определяли с точностью ± 1,0 мкм. Измерение длины саркомеров проводили с точностью ± 0,1 мкм. Результаты морфометрии представлялись в виде среднего (M), среднеквадратической ошибки среднего (± SE) межквартильного размаха (P 25/75). Статистический анализ экспериментальных данных выполнен в Excel, а также при помощи программного обеспечения Statistica 10.0. Сравнение полученных результатов осуществляли с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и теста Тьюки-Крамера ($p< 0,05$).

Проведенный гистологический анализ образцов форели и семги демонстрирует значительные изменения в структуре мышечной ткани в процессе созревания. Мышечная ткань свежей форели (1 сутки) характеризовалась уплотненным строением, волокна сохранили структуру, поперечная исчерченность хорошо выявлялась, ядра овальной формой четко дифференцировались на гистологических препаратах. Плотность расположения мышечных волокон на поперечном срезе составила 461 ± 16 шт./мм^2, длина саркомеров – 1,70±0,02 мкм, средний диаметр волокон – 61,27 ± 1,64 мкм. В свежем образце семги мышечная ткань также характеризовалась высокой сохранностью структуры, однако более рыхлым строением: плотность расположения волокон составляла 139 ± 27 шт./мм^2 при среднем диаметре 75,90 ± 1,41 мкм, длина саркомеров была 1,54 ± 0,02 мкм.

В образцах на 2 и 3 сутки хранения наблюдались изменения структуры тканей, характерные для первой стадии созревания: в мышечных волокнах выявлялись единичные поперечно-щелевидные нарушения целостности, некоторые ядра в состоянии кариопикноза, при этом поперечная исчерченность хорошо сохранялась. На 4 сутки во всех образцах отмечено усиление разрывов мышечных волокон, лизис ядер и локальный распад саркомеров. Деструктивные изменения были более выражены у семги, чем у форели. На 5 сутки деструкция мышечной ткани усилилась, присутствовали признаки фрагментации волокон с разрушением внутренней структуры, поперечная исчерченность местами сглажена, в некоторых волокнах выявляли распад внутренней структуры до зернистой белковой массы, заключенной в эндомизий. Такое состояние тканей характерно для второго этапа созревания. На поверхности образцов присутствовали единичные очаги кокковой и палочковидной микрофлоры, что свидетельствовало о начале порчи. На 6 и 7 сутки во всех образцах отмечена неравномерная окраска тканей, теневидные ядра. На поверхности кусочков усиление развития микрофлоры в виде множественных очажков и диффузных наложений.

Полученные результаты гистологического исследования мышечной ткани форели и семги выявили значительные различия в их гистологических характери-

стиках и динамике изменений в процессе хранения при температуре 4 °С. Форель продемонстрировала более высокую плотность расположения волокон при их меньшем диаметре по сравнению с семгой. Основные изменения в процессе хранения были связаны с протеолизом и ферментативным расщеплением гликогена, которые оказывали влияние на структуру тканей и выражались фрагментацией волокон, разрушением саркомеров (потерей поперечной исчерченности) и лизисом ядер. При этом деструктивные изменения были более выражены в семге. На 5 сутки в образцах выявлялись признаки начала порчи.

Проведенные исследования подчеркивают важность контроля сроков и температуры хранения рыбы в охлажденном состоянии для сохранения ее потребительских характеристик, а также подтверждают возможность применения гистологического анализа в качестве эффективного метода контроля качества рыбы и рыбной продукции.

УДК 629.1

Влияние формы орудий лова различных видов на энергоэффективность рыбопромыслового судна

В.Д. Мельник, А.Н. Ивановский, А.В. Ивановская

ФГБОУ ВО «КГМТУ», г. Керчь
e-mail: invkerch@yandex.ru

Современные требования к энергоэффективности рыболовства обусловливают необходимость детального анализа гидродинамических характеристик орудий лова различных типов. На долю промысловых операций приходится до 70 % от общего энергопотребления рыбопромыслового судна, что делает оптимизацию орудий лова критически важной задачей.

Цель исследования заключается в проведении сравнительного анализа конструктивных и гидродинамических характеристик тралов и кошельковых неводов для определения оптимальных условий их применения с точки зрения энергоэффективности.

Изучение основано на анализе результатов численного моделирования гидродинамических процессов методом вычислительной гидродинамики. В качестве объектов рассматривали донные и пелагические тралы различных модификаций, кошельковые неводы для промысла пелагических рыб, а также промысловые суда соответствующих типов. Основными параметрами оценки послужили коэффициент гидродинамического сопротивления, удельное энергопотребление на единицу улова, влияние формы орудия на маневренные характеристики судна и адаптивность орудия лова к различным условиям промысла.

Исследования показали существенные различия в гидродинамических характеристиках данных орудий лова. Коэффициент сопротивления тралов варьирует от 1,2 до 1,8, у кошельковых неводов – от 0,6 до 1,0, при этом значение является переменным в зависимости от фазы промысловой операции. Оптимальная скорость траления составляет 3,5–4,5 уз, при которой достигается баланс между энергозатратами и уловистостью. На фазе замета сопротивление составляет лишь 30 % от максимального значения, достигая 150–300 кН. В процессе обмета оно возрастает до 60 % от максимального значения. Критическая фаза стягивания характеризуется максимальным сопротивлением, превышающим таковое трала в 1,5 раза. При этом наилучшая скорость замета – 8–12 уз, что значительно больше скорости тралового промысла.

Относительная площадь облова, приходящаяся на 1 т улова, также существенно различается между рассматриваемыми типами орудий. Для тралов этот показатель составляет 120–180 м^2 на 1 т, в то время как для кошельковых неводов – 80–120 м^2 на 1 т.

Сравнительный анализ энергопотребления проводили для типовых промысловых операций с учетом средней продолжительности и уловистости каждого типа орудий лова. Средняя мощность, потребляемая при тралении, составляет 800–1200 кВт при продолжительности операции 2–4 ч. Энергопотребление на 1 траловую операцию варьирует от 2400 до 3600 кВт·ч, при среднем улове 3–8 т на 1 операцию – 400–800 кВт·ч на 1 т улова.

Кошельковый лов характеризуется средневзвешенной мощностью 600–900 кВт при значительно меньшей продолжительности операции (0,5–1,5 ч). Энергопотребление на 1 операцию замета – 450–900 кВт·ч, однако средний улов на 1 операцию значительно превышает траловый промысел, составляя 15–50 т, что обеспечивает удельное энергопотребление (всего 25–50 кВт·ч на 1 т).

Факторы, влияющие на энергоэффективность тралового промысла, включают постоянное высокое гидродинамическое сопротивление, необходимость поддержания оптимальной скорости буксировки, влияние глубины траления, дополнительное сопротивление траловых досок и ваерной системы. Для кошелькового промысла характерна переменная нагрузка с пиковыми значениями при стягивании, высокая скорость выполнения операций, зависимость от точности обнаружения косяков и влияние гидрометеорологических условий на эффективность замета.

Адаптивность формы трала ограничена конструктивными особенностями и включает в себя регулировку раскрытия устья изменением угла атаки траловых досок в пределах ± 5–7°, настройку длины ваеров для изменения глубины траления и естественную деформацию мешка в зависимости от величины улова. Тралы демонстрируют устойчивость к волнению моря до 4–5 баллов, возможность работы при скорости ветра до 15 м/с и ограниченное влияние течений на эффективность лова.

Кошельковые неводы обладают высокой адаптивностью, обеспечиваемой возможностью изменения конфигурации с учетом размера косяка, регулировкой глубины постановки в диапазоне от поверхности до 400 м и адаптацией скорости замета к поведению рыб различных видов. Однако кошельковый промысел характеризуется существенной зависимостью от состояния моря с ограничением работы до 3 баллов волнения, влиянием направления и скорости течения на форму замета и необходимостью учета ветрового дрейфа при планировании операций.

Тралы оптимальны при промысле рыб донных и придонных видов, работе в сложных гидрометеорологических условиях, промысле рассредоточенных объектов лова и необходимости обеспечения стабильного улова. Кошельковые неводы предпочтительны при промысле стайных пелагических рыб, наличии эффективных средств обнаружения косяков, благоприятных погодных условиях и высокой плотности скоплений рыбы.

Характер загрузки судовой энергетической установки существенно различается между траловым и кошельковым промыслами, что оказывает значительное влияние на общую энергоэффективность и ресурс судового оборудования.

При траловом промысле загрузка главного двигателя отмечается высокой стабильностью на протяжении всей промысловой операции. Номинальная мощность главной энергетической установки траловых судов составляет от 1500 до 4000 кВт, при этом средняя загрузка в процессе траления поддерживается на уровне 70–85 % от номинальной мощности. Данный режим работы обеспечивает наилучший удельный расход топлива – 210–230 г/кВт·ч.

Коэффициент использования мощности при траловом промысле достигает значений 0,8–0,9, что свидетельствует о высокой эффективности применения энергетической установки. Постоянная загрузка способствует стабильной работе двигателя в оптимальном температурном режиме, что положительно влияет на

ресурс основных узлов и агрегатов. Средняя продолжительность непрерывной работы главного двигателя под нагрузкой составляет 8–12 ч в сутки.

Траловые лебедки потребляют дополнительно 300–800 кВт мощности в зависимости от глубины траления и размеров орудия лова. Вспомогательные механизмы, включая насосы системы охлаждения, компрессоры и палубные механизмы, потребляют еще 150–250 кВт. Общая загрузка судовой электростанции при траловом промысле равна 400–600 кВт, при кошельковом она принципиально иная и характеризуется резкими колебаниями мощности в зависимости от фазы промысловой операции. Номинальная мощность главных двигателей кошельковых судов варьирует от 1000 до 3000 кВт, однако их использование существенно отличается от использования при траловом промысле.

В фазе поиска и подхода к косяку загрузка главного двигателя составляет 30–40 % номинальной мощности при скорости судна 8–10 уз. Удельный расход топлива в данном режиме увеличивается до 240–260 г/кВт·ч вследствие работы двигателя в неоптимальном режиме частичных нагрузок.

Фаза замета определяется максимальной загрузкой главного двигателя (до 90–95 %) номинальной мощности при скорости замета 10–14 уз. Продолжительность данной фазы составляет 20–40 мин, что обеспечивает работу двигателя в режиме, близком к номинальному, с удельным расходом топлива 200–215 г/кВт·ч.

Критическая фаза стягивания урезов требует максимальной мощности судовых механизмов. Выборочные машины потребляют 800–1500 кВт, при этом главный двигатель работает на минимальных оборотах для поддержания судна в позиции. Загрузка главного двигателя снижается до 15–25 %, что приводит к значительному ухудшению экономичности с удельным расходом топлива до 300 г/кВт·ч.

Судовая электростанция кошельковых судов испытывает переменные нагрузки от 200 кВт в режиме поиска до 1000–1200 кВт в фазе стягивания невода. Коэффициент использования мощности главного двигателя при кошельковом промысле составляет 0,4–0,6, что существенно ниже аналогичного показателя тралового промысла.

Переменная загрузка при кошельковом промысле оказывает негативное влияние на ресурс энергетической установки. Частые переходы между режимами малых и больших нагрузок способствуют увеличению термических напряжений в деталях двигателя, что сокращает межремонтные периоды на 10–15 % по сравнению с траловыми судами.

Современные кошельковые суда оснащают системами автоматического управления мощностью для оптимизации загрузки энергетической установки. Применение частотно-регулируемых приводов для выборочных машин позволяет снизить пиковые нагрузки на 20–30 % и улучшить общую энергоэффективность промысловых операций.

Анализ суточного энергопотребления показывает, что траловые суда расходуют топливо более равномерно в течение промысловых суток, в то время как кошельковые характеризуются концентрированным потреблением энергии в короткие периоды активного промысла. Это различие определяет требования к системам топливоподготовки, охлаждения и смазки судовых двигателей.

Направления совершенствования тралов включают в себя применение гидродинамически оптимизированных траловых досок, использование материалов с улучшенными гидродинамическими свойствами и внедрение систем автоматического управления раскрытием трала. Совершенствование кошельковых неводов направлено на разработку быстротонущих сетных материалов, оптимизацию конструкции урезной системы и интеграцию с современными средствами поиска рыбы. Применение интеллектуальных систем управления формой невода в процессе замета может повысить эффективность операций на 15–20 %.

УДК 597.2/.5:611.018

Гистологическое исследование гонад азиатского стрелозубого палтуса восточной Камчатки

Ф.А. Мельникова, А.В. Согрина, Н.Ю. Терпугова

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
e-mail:felicia@vniro.ru

Точное определение стадий зрелости гонад рыб необходимо для определения доли половозрелых особей в популяции, размера и возраста наступления полового созревания. Гистологические исследования гонад позволяют точно оценить репродуктивное состояние и особенности полового цикла вида. Гистологическое исследование гонад азиатского стрелозубого палтуса проведено впервые.

Материалом для исследования служили половые железы 24 экз. азиатского стрелозубого палтуса *Atheresthes evermanni* от 12 самок и 12 самцов. Длина самок находилась в пределах от 40 до 70 см (в среднем 56,4 см), масса – 800–3500 г (в среднем 1936,4 г). Длина самцов варьировала от 32 до 60 см (в среднем 49 см), масса самцов составляла 280–1840 г (в среднем 1114, 3 г). Отбор проб проводили в феврале – апреле 2024 г. в ходе экспедиционных научно-исследовательских работ на борту судна РТМ «Камлайн» (судовладелец ООО «Росрыбфлот») в районе шельфа и верхней части материкового склона восточного побережья Камчатки. Гистологический анализ проводили по общепринятой методике.

При визуальном определении стадий зрелости гонад (f=141 экз., m=113 экз.) было установлено, что доля особей с гонадами стадии зрелости II была наибольшей – 93,6 % самок и 78,8 % самцов были неполовозрелыми. Стадию зрелости гонад III отмечали у 0,71 % самок и 15,0 % самцов, 6,19 % самцов имели стадию зрелости IV. Стадию зрелости гонад VI-II и VI-III регистрировали только у самок, что составило 1,42 и 1,26 % соответственно.

В ходе гистологического анализа яичников *A. evermanni* отмечали следующее: строма волокнистая, рыхлая, с сосудами неравномерного кровенаполнения, самые мелкие женские клетки (оогонии) встречались редко, располагались небольшими группами. Превителлогенные ооциты имели зернистую базофильно окрашенную цитоплазму, крупное ядро, в котором многочисленные ядрышки располагались по периферии нуклеоплазмы, в единичных случаях – равномерно по всему диаметру ядра. Ооциты начала вителлогенеза (фаза вакуолизации) встречались у отнерестившихся самок стадий зрелости гонад VI-II и V-III, такие ооциты, а зачастую и ооциты поздней стадии превителлогенеза имели вакуолизированное ядро. Для всех посленерестовых яичников было характерно наличие постовуляторных фолликулов.

Семенники были покрыты соединительнотканной капсулой, содержащей кровеносные сосуды. От капсулы внутрь органа простираются перегородки (септы), образующие семенные дольки, состоящие из цист с половыми клетками разной стадии развития. Сперматогонии были самыми крупными клетками, их количественное преобладание было характерно для незрелых семенников стадии II. В более зрелых семенниках (стадии зрелости III) отмечали сперматогонии,

сперматоциты и участки с цистами, содержащие сперматиды. Стоит отметить, что на всех стадиях зрелости семенные дольки, содержащие только клетки периода роста, располагались по периферии семенника. В межуточной (интерстициальной) ткани посленерестового семенника найдено небольшое число клеток Лейдига.

По результатам гистологического исследования установлено, что некоторые семенники, определенные визуально в полевых условиях как стадия зрелости IV, соответствуют посленерестовым гонадам стадии зрелости IV. Для таких семенников внешне были характерны увеличенные размеры, более темный окрас, небольшое количество половых продуктов на срезе, при гистологическом анализе отмечали умеренное кровенаполнение сосудов, увеличение соединительнотканных элементов, строма – рыхлая, с выраженным отеком. В дольках присутствуют цисты с половыми клетками разной стадии развития: от сперматогоний I порядка до остаточных цист со сперматозоидами.

Таким образом, по результатам гистологического исследования проведено уточнение стадий зрелости гонад *A. evermanni* в весенних уловах 2024 г., получены данные о гонадо- и гаметогенезе азиатского стрелозубого палтуса восточной Камчатки.

УДК 597.2/.5:611.018

Патогистологическая характеристика органов пищеварительного тракта азиатского стрелозубого палтуса восточной Камчатки

Ф.А. Мельникова, А.В. Согрина, Н.Ю. Терпугова

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
e-mail:felicia@vniro.ru

Азиатский стрелозубый палтус – промысловая рыба семейства камбаловых, перспективный объект промысла, вылов которого в последнее десятилетие значительно увеличился.

Пищеварительная система рыб в большой мере подвержена влиянию экзогенных и эндогенных факторов. Изменения в печени и кишечнике коррелируют, а зачастую являются предшественниками изменений в других органах и крови, в связи с чем являются индикатором состояния здоровья рыбы и показателем загрязнения окружающей среды.

В связи с этим целью исследования стало выявление патологий органов пищеварительного тракта азиатского стрелозубого палтуса восточной Камчатки. В ходе морской экспедиции у берегов восточной Камчатки в весенний период 2024 г. для гистологического анализа были отобраны пробы органов пищеварительного тракта от 24 экз. азиатского стрелозубого палтуса длиной от 21 до 71 см и массой 140–4060 г, что и послужило материалом для данного исследования. Гистологическое исследование проведено в соответствии с общепринятой методикой.

При проведении патогистологического исследования отмечено, что поверхность ткани кишечника имеет циркулярные складки – кергринговы складки, которые создают характерный рельеф внутренней поверхности тонкого кишечника рыбы. Они состоят из слизистой оболочки и подслизистой основы, могут быть достаточно высокими. Мышечная оболочка не является частью складки, выражена хорошо, представлена внутренним кольцевым и наружным продольным слоем волокон. Гладкомышечные клетки идут до собственной пластинки ворсинок. Пальцевидные ворсинки являются производной слизистой оболочки. В подслизистом слое отмечены скопления железистых клеток, возможно, это эндокринные клетки желудочно-кишечного тракта. У костистых рыб описаны десять или более подтипов эндокринных клеток (специфичные для бомбезина, энкефалина, гастрина/холецистокинина, нейротензина, вещества Р и т.д.). Серозная оболочка с субсерозным слоем слабо выражена, имеет неровный край. Поверхность резорбтивных клеток покрыта плотным ковром микровилей. Микровили отходят вверх и образуют так называемую щеточную каемку, на препаратах представлена полупрозрачной поперечно-полосатой зоной. Отмечен псевдомногослойный поверхностный эпителий крипты тонкого кишечника, состоящий из столбчатых (цилиндрических) клеток, между эпителиальными клетками попадаются бокаловидные клетки, содержащие секреторные продукты.

При анализе гистологических препаратов печени в большинстве случаев отмечены ярко выраженные дистрофические изменения ткани. Структура сохра-

нена очертаниями, печеночные балки частично сохранены по периферии долек. В центре долек кровеносные сосуды резко расширены, полнокровны, стенка сосудов утолщена, представлена однородным гиалиноподобным веществом. Гепатоциты имеют округлые, крупные, расположенные в центре ядра и 1–2 ядрышка. В гепатоцитах с цитоплазматическим жиром ядра смещены вбок либо уже лизированы. Ясно видны синусоиды, заполненные кровью. На препаратах представлена печеночная триада или портальный тракт, состоящий из желчного протока, выстланного призматическим эпителием, артерии с утолщенной стенкой, вены безмышечного типа и лимфатического сосуда.

У двух экземпляров палтуса при схожей патоморфологической картине во всех полях препарата в цитоплазме печеночных клеток регистрировали вакуоли (тотальная и крупнокапельная жировая дистрофия), локально отмечены участки с атрофией гепатоцитов, жировым детритом на месте погибших клеток, инфильтрацией лейкоцитов в ретикулярную строму. Изменения характерны для жировой и токсической дистрофий.

В норме существуют различия морфофункциональных признаков гепатоцитов периферии и центральной части дольки. Гепатоциты центра интенсивно запасают гликоген, тогда как гепатоциты периферии активно запасают жиры, осуществляют детоксикацию ксенобиотиков и синтез желчи, соответственно, при действии токсических веществ они поражаются сильнее. В то же время гепатоциты центральной части более чувствительны к недостатку питательных веществ, кислородному голоданию и нарушению кровообращения.

Жировая дистрофия возникает при многих инфекционных заболеваниях и интоксикациях (фосфор, мышьяк и др.), которые приводят к обменным нарушениям. Печень при этом теряет гликоген и инфильтруется жиром из жировых депо. Причиной жировой дистрофии могут быть авитаминозы и малобелковое питание, сопровождающиеся дефицитом ферментов и липотропных факторов, таких как витамин В12, лецитин, метионин и др. По некоторым данным, печень, которая запасает огромное количество жира, способна поддерживать нейтральную плавучесть, но в ряде случаев происходит распад жиро-белковых комплексов цитоплазмы гепатоцитов, что приводит к гибели паренхимы печени. Такие изменения наблюдают при токсической дистрофии печени.

В результате исследований, несмотря на соблюдение правил отбора проб, у всех особей отмечены автолитические процессы в тканях кишечника и дистрофические изменения (жировая дистрофия) печени. В 8,3 % случаев регистрировали токсическую дистрофию печени.

Таким образом, патогистологическая характеристика органов пищеварительного тракта может быть использована как один из критериев оценки состояния здоровья рыб.

УДК 597.2

Некоторые биологические характеристики азиатского стрелозубого палтуса *Atheresthes evermanni* тихоокеанских вод Камчатки в 2024 г.

Ф.А. Мельникова, А.О. Трофимова

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
e-mail:felicia@vniro.ru

Исследование возрастного состава необходимо при изучении динамики численности вида и составлении прогнозов рекомендованного вылова.

Азиатский стрелозубый палтус относится к широко распространенным видам. Основные его концентрации располагаются вдоль материкового склона Берингова моря, он часто встречается в водах Восточной Камчатки. Стрелозубые палтусы добываются в качестве прилова, специализированного лова не ведется. Совокупный вклад стрелозубых палтусов от суммарного годового вылова не превышает 3,4 %. Стрелозубые палтусы – это виды ВБР, для которых определяется рекомендованный вылов (РВ). Современные данные о биологии необходимы для подготовки прогнозов вылова стрелозубых палтусов в Восточно-Камчатской рыбопромысловой зоне.

Цель работы – получение современных данных о возрастном составе, соотношении полов и зависимости массы от длины азиатского стрелозубого палтуса в промысловых уловах у Восточной Камчатки в 2024 г.

Сбор материала проводили в ходе мониторинговых работ на борту судна РТМ «Камлайн», (судовладелец ООО «Росрыбфлот») в районе шельфа и верхней части материкового склона Восточной Камчатки. Полному биологическому анализу было подвергнуто 254 экз., с обязательным сбором регистрирующих возраст структур (отолиты и чешуя) от каждой особи.

Возраст палтуса определяли по отолитам и чешуе по общепринятым методикам. Для определения возраста использовали стереомикроскоп Olympus SZX 12 и программное обеспечение Cell (Япония). Отолиты разламывали пополам, обжигали и просматривали в отраженном свете, покрывая поверхность слома глицерином Чешую предварительно замачивали в водном растворе нашатырного спирта и просматривали в проходящем свете. Все подготовленные препараты были сфотографированы и проанализированы. Для сравнения двух способов определения возраста в случайном порядке было отобрано 15 пар отолитов и чешуи.

Основные поимки азиатского стрелозубого палтуса на специализированном промысле северного одноперого терпуга в феврале–апреле 2024 г. в качестве прилова были отмечены в Петропавловско-Командорской подзоне на глубинах от 150 до 460 м, в диапазоне температур от 0,9 до 3,3 °С. Единичные особи встречались на глубине 80 м.

В промысловых уловах был отмечен палтус длиной от 21 до 70 см, средняя длина особей составила 39,2 см. Максимальная длина самок достигала 70 см, в то время как у самцов она не превышала 60 см. Длина самок находилась в пределах 27–70 см, при средней длине составила 40,1 см. В модальную группу вошли особи 31–33 см. Масса самок изменялась от 160 до 4060 г при средней массе 758 г. Длина

самцов находилась в пределах 21–60 см при средней длине 37,1 см. В модальную группу вошли особи длиной 30–32 см. Масса самцов изменялась от 140 до 1780 г, составив в среднем 525 г. В уловах отмечен азиатский стрелозубый палтус в возрасте от 4 до 15 лет, в основном 4–7 лет, составляющие 75 % от всех выловленных особей. Возраст самок варьировал от 4 до 15 лет, преобладали 5–6-летние рыбы, средняя длина которых составила 32–36 см. Возраст самцов изменялся от 4 до 13 лет, с преобладанием 4–5-летних особей средней длиной 29–32 см. Разница в определениях возраста между отолитами и чешуей составляла ±1 год, что говорит о возможном использовании обоих видов регистрирующих структур.

Соотношение полов в уловах отличалось незначительно – 1,2:1 (55,5 % самок и 45,5 % самцов). Преобладали неполовозрелые особи с гонадами на стадии зрелости II. Их доля составила 87 % при длине рыб от 21 до 66 см (93,6 % самок и 78,8 % самцов).

Средние значения длины и массы тела у самок превышали аналогичные значения длины и массы у самцов, что характерно для этого вида. Максимальные размерно-массовые параметры были отмечены у самки длиной 70 см и массой тела 4,06 кг. Зависимость массы тела (W, г) от длины АС (L, см) описывается уравнением степенной функции $W(L)=0,064xL^{3,08}$ и характеризуется высоким коэффициентом детерминации, показывает сильную взаимосвязь между двумя параметрами ($R^2=0,97$). Стрелозубые палтусы относятся к быстрорастущим видам, что согласуется с данными определениями. Темп роста у самок и самцов в исследуемой выборке до 30 см схожий, затем самки начинают расти быстрее. Рост самок и самцов описывается уравнениями линейной зависимости возраста от длины тела АС (см): y = 0,2321x –2,6521 (R^2=0,90) для самок и y=0,2477x –2,9845 (R^2=0,92) для самцов.

Полученные в результате исследования данные свидетельствуют о том, что основу промысловых уловов азиатского стрелозубого палтуса составляли особи длиной 29–43 см в возрасте 4–7 лет. Соотношение полов у азиатского стрелозубого палтуса весной 2024 г. было примерно равным. Средние значения длины и массы тела самок превышали аналогичные показатели самцов. Темп роста у самок и самцов в исследуемой выборке до 30 см схожий, затем самки начинают расти быстрее. Разница в определениях возраста между отолитами и чешуей составляла ±1 год, что говорит о возможном использовании обоих видов регистрирующих структур.

УДК 551.468:550.42 (268.45)

Содержание меди и хрома в донных отложениях Баренцева моря

А.Н. Мещерякова[1,2], М.А. Новиков[1,2], М.Н. Харламова[2]

[1]Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), г. Мурманск
[2]ФГАОУ ВО «МАУ», г. Мурманск
e-mail: meshcheryakova@pinro.vniro.ru

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является актуальной экологической проблемой ввиду способности последних к выраженному токсическому воздействию на различные биологические функции и системы. Известно, что донные отложения (ДО) представляют собой важную часть водных экосистем, в которой происходят трансформация и захоронение органических и неорганических соединений. ДО обогащаются тяжелыми металлами в результате образования органоминеральных комплексов, сорбции элементов на поверхности взвешенных частиц и их последующем осаждении. Будучи местом депонирования и источником микроэлементов в водной среде, ДО играют важную роль в транспорте и накоплении потенциально опасных металлов, таких, например, как медь и хром. Медь, в отличие от хрома, – эссенциальный элемент, ответственный в биологических системах, прежде всего, за фотосинтез растений. Вместе с тем соли Cu способны оказывать ярко выраженное токсическое действие на многие гидробионты, в том числе и на обитающие на морском дне. Влияние Cr на живые организмы выражено гораздо слабее, тем не менее известно его биохимическое значение как необходимого элемента для нормального углеводного обмена.

Баренцево море целиком расположено в пределах материковой отмели и представляет собой шельфовое море. Большую часть ДО региона составляют осадки терригенного происхождения. В более высоких широтах и глубоких районах, впадинах, желобах преобладают тонкодисперсные глинистые фракции. Известно, что Cu и Cr способны накапливаться в таких осадках за счет процессов сорбции на железомарганцевых оксидах, сульфидах железа и органическом веществе. При определенных условиях металлы могут высвобождаться из поверхностных ДО в придонные водные массы, выступая источником вторичного загрязнения морской воды.

Материал для исследования собирался в рамках ежегодного экологического мониторинга, выполнявшегося в Полярном филиале «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича) на НИС «Вильнюс» в феврале–марте и августе–сентябре 2019–2021 гг. Пробы ДО отбирали при помощи глубинного дночерпателя Ван Вина. Для последующего химического анализа использовали только верхний двухсантиметровый слой осадка. Всего на содержание тяжелых металлов в указанный период обработана 151 проба. Пробоподготовка проведена методом мокрой минерализации: к предварительно высушенным ДО добавляли смесь концентрированных HNO_3 и H_2O_2, инкубировали в течение 24 ч, затем выпаривали практически досуха. После охлаждения пробу заливали бидистиллированной водой и пропускали через фильтр. Содержание Cu и Cr в донных отложениях Баренцева моря

исследовали методом пламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии в лаборатории химико-аналитических исследований ПИНРО на спектрофотометре АА-6800 (Shimadzu, Япония) в соответствии с известным методическим руководством (М 02-902-125-2005). Полученные значения содержания меди и хрома выражали в мкг/г сухой массы. При отборе проб отмечали глубину и точные координаты расположения станций.

Статистическую обработку полученных данных проводили в среде MS Excel 2016 и прикладном программном пакете Statistica 13.

В связи с отсутствием в России документов, нормирующих содержание загрязняющих веществ в морских донных отложениях, для оценки степени их загрязнения тяжелыми металлами были использованы предложенные ранее в ПИНРО опубликованные фоновые значения содержания Cu и Cr в ДО Баренцева моря.

Согласно результатам статистической обработки полученных данных аналитических исследований, характер содержания Cu и Cr в пробах ДО Баренцева моря соответствовал нормальному распределению на основании критерия Колмогорова-Смирнова (при $p>0,20$). В исследованных пробах ДО количество Cu варьировало от 1,4 до 31,7 мкг/г со средним арифметическим значением 14,27 ± 7,82 мкг/г сухой массы (± стандартное отклонение). По представленным данным, содержание Cu в пробах ДО в подавляющем большинстве случаев ($n=141$) не превышало установленный фоновый уровень (<28 мкг/г сухой массы). Станции, где фоновый уровень был незначительно превышен, располагались случайным образом, не образовывая компактного района загрязнения. Содержание Cr изменялось от 5,3 до 113,9 мкг/г сухой массы при среднем арифметическом значении 29,27±17,63 мкг/г сухой массы и не превышало известный фоновый уровень (<116 мкг/г сухой массы).

Для выявления степени связи характера распределения исследуемых параметров ДО Баренцева моря был выполнен корреляционный анализ. С этой целью применялся непараметрический коэффициент корреляции Спирмена. Статистическая обработка показала, что имеет место относительно высокая прямая зависимость содержания меди в ДО от широты станций отбора проб с коэффициентом $r=0,626$ (достоверно на уровне значимости $p<0,05$). В соответствии с выполненной нами диаграммой пространственного распределения относительно высокие значения содержания Cu в ДО преобладали севернее 72° с.ш.

Отмеченная выше зависимость хорошо согласуется с данными, полученными ранее в ПИНРО. Так, содержание меди в ДО южной части Баренцева моря относительно невысокое, за исключением прибрежной зоны западного Мурмана. По мере продвижения на север содержание Cu заметно возрастает. Границей служат южный и юго-восточный склоны Центральной впадины. В случае хрома существенной зависимости его содержания в ДО от широты станций отбора проб не наблюдается ($r=0,366$, достоверно на уровне значимости $p<0,05$).

Анализ полученных результатов выявил высокий уровень связи содержания Cu и Cr в ДО с глубиной станций отбора проб. Вычисленные коэффициенты корреляции составили 0,698 и 0,599 соответственно (достоверно на уровне значимости $p<0,05$). Для обоих металлов обнаружено преобладание относительно высоких концентраций на глубине более 200 м. При этом глубина на станциях отбора проб варьировала в широких пределах от 25 до 365 м со средним арифметиче-

ским 188 м. Приведенные выше значения корреляционных коэффициентов изучаемых параметров в некоторой степени объясняются относительно высоким уровнем связи глубины и широты расположения станций отбора проб ДО (r=0,662, достоверно на уровне значимости p<0,05). Известно, что дно Баренцева моря в восточной части имеет общий наклон в направлении с юга на север, от берега в открытое море до шельфа Земли Франца-Иосифа. Вытянутая с юга на север моря система желобов, от Центральной впадины до желоба Альбанова, служит геохимической ловушкой, накапливающей оседающее взвешенное вещество как приносимое течениями с запада, так и стекающее в виде придонных нефелоидных потоков с банок и плато в результате каскадинга. Таким образом, исследованные уровни содержания Cu и Cr в пробах ДО Баренцева моря характеризуют высокую изменчивость концентраций микроэлементов, которую можно рассматривать как результат сочетания локальных (тип осадков, рельеф дна) и региональных (широта) факторов.

Представленные выше результаты исследований позволяют сделать следующие выводы. Во-первых, содержание меди и хрома в донных отложениях Баренцева моря в 2019–2021 гг. в целом не превышало известные фоновые уровни. Очагов антропогенного загрязнения дна Баренцева моря изученными металлами не выявлено. Наблюдаемая экологическая ситуация в отношении среды обитания донных гидробионтов устойчива и не внушает опасений. Во-вторых, содержание Cu в донных отложениях хорошо коррелирует с широтой станций отбора проб. В-третьих, содержание обоих исследованных металлов коррелирует с увеличением глубины расположения станций отбора проб. По всей видимости, это не случайно. Известно, что с увеличением глубины изменяется состав донных осадков в сторону увеличения содержания в них тонкозернистых фракций – песчаного ила, ила и глины. Данный фактор, связанный с осаждением на морское дно значительных количеств взвешенного вещества, прежде всего органического, способствует повышенному накоплению металлов.

УДК 591.524.11 (282.247.41)

Динамика численности инвазивных полихет рода *Marenzelleria* (Polychaeta, Spionidae) в Северном Каспии

Е.В. Минакова, О.В. Жаткина, Р.Д. Кашин

Волжско-Каспийский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»),
г. Астрахань
e-mail: minakovaev@kaspnirh.vniro.ru

Каспийское море – уникальный водоем, так как представляет собой крупнейшее замкнутое бессточное озеро, издавна привлекающее ученых своеобразием фауны. В последние годы бентос Каспия меняется, усилилось вторжение в экосистему чужеродных видов, которое связано, прежде всего, с развитием транспортных коридоров водных путей, обусловленных ростом мировой торговли и глобализацией производства. Также немаловажными являются процессы падения уровня моря и осолонение вод в Северном Каспии, которые создают благоприятные условия для натурализации проникающих в водоем вселенцев.

Работа основывается на результатах собственных исследований с начала экспансии маренцеллерии по 2023 г. Материалом для данной работы послужили пробы макрозообентоса, отобранные авторами и сотрудниками лаборатории гидробиологии Волжско-Каспийского филиала «ВНИРО» («КаспНИРХ»). Район исследований включал в себя мелководную и приглубую акватории западной части Северного Каспия.

Целью данной работы является исследование динамики численности чужеродных полихет в основных местах их распространения.

Полихеты рода *Marenzelleria* считаются одними из наиболее успешных видов-вселенцев различных водоемов последних лет. Эти многощетинковые черви освоили всю Балтику, распространились в водах Финского и Таганрогского заливов, обнаружены в дельте реки Дон, а также в Черном море у западного побережья Крыма.

В Каспийском море маренцеллерия впервые встретилась в приглубой зоне Северного Каспия в 2018 г., к 2023 г. этот вид освоил всю западную часть Северного Каспия, а также встречаются и в Среднем Каспии.

На начальных этапах экспансии спиониды регистрировались в локальной акватории моря в единичных экземплярах (на двух станциях наших исследований в 2018 г.). С 2019 г. количество особей уже существенно увеличилось, и высокие показатели численности и биомассы наблюдались в северо-западной части моря.

В 2021 г. были выявлены биотопы полихет с высокими показателями численности, сохранившие свое положение в северо-западной части моря – севернее акватории между банками Сигнал и Большая Жемчужная, в районе 10-метровой изобаты. Осенью количество вселенцев на этом участке достигало максимальных величин – 7590 экз./м^2, что составило 98 % от общей численности всех зафиксированных данных беспозвоночных.

В летний период 2022 г. основная концентрация *Marenzelleria* sp. регистрировалась на том же участке морского дна – между банками Сигнал и Большая

Жемчужная, однако показатели численности были значительно ниже и составляли 1840 экз./м^2 – 79 % от численности всех донных организмов. К осени максимальные скопления маренцеллерии сместились севернее и стали регистрироваться в центре западной части Северного Каспия, в границах приглубой зоны, достигая 2620 экз./м^2 (74 % от всей численности).

Летом 2023 г. наибольшая численность полихет отмечалась, как и ранее, на юго-западе Северного Каспия, но показатели были ниже предшествующих лет – 830 экз./м^2 (57 % от численности всех бентосных организмов). К осени ядро популяции по-прежнему находилось в приглубой зоне между банками Сигнал и Большая Жемчужная, где численность маренцеллерии достигла 13270 экз./м^2 (94 % от всех бентосных организмов). Высокое число полихет в этот период года объясняется их активной жизнедеятельностью, периодом размножения, что подтверждается высокой долей ювенальных особей.

Таким образом, по результатам исследований выявлена основная акватория в западной части Северного Каспия, где с 2019 г. фиксировались плотные скопления *Marenzelleria* sp. Инвазия этого рода червей показала на начальных этапах довольно высокое развитие в приглубой зоне между банками Сигнал и Большая Жемчужная. Осенний период характеризовался более высокими показателями численности червей, что связано с жизненным циклом организмов (периодом размножения). Параллельно этому выявлены и участки моря, приуроченные в основном к северной мелководной части моря, где спиониды либо отсутствовали, либо встречались в единичных экземплярах, что может быть следствием меняющейся солености моря, а также пресса хищничества бентосоядных рыб.

УДК 504.054

Исследование микропластикового загрязнения прибрежной зоны г. Санкт-Петербург: связь с морским микромусором и атмосферными осадками

Г.А. Муратов[1], А.П. Педченко[2]

[1]ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург
[2]ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
e-mail: geralok@bk.ru

На сегодняшний день микропластик (МП) является одним из наиболее распространенных видов загрязнителей, встречающихся во всех компонентах географической оболочки Земли. Несмотря на международное внимание и активное изучение данной проблемы, до сих пор слабо изучена взаимосвязь между микропластиковым загрязнением различных природных сред.

Являясь одним из крупнейших в нашей стране промышленных и транспортных центров, Санкт-Петербург сталкивается с рядом экологических проблем, связанных с обращением с отходами, загрязнениями атмосферного воздуха автотранспортом и водных объектов недостаточно очищенными сточными водами.

С 2018 г. сотрудники Российского государственного гидрометеорологического университета проводят ежегодные наблюдения за загрязнениями морским мусором прибрежной зоны восточной части Финского залива и Невской губы. Проведенные исследования выявили широкое распространение загрязняющих частиц, значительную изменчивость концентраций МП и условий его накопления. Установлено, что наиболее загрязненными территориями являются «дикие» пляжи Невской губы, расположенные в черте города и находящиеся под значительной антропогенной нагрузкой. В то же время, несмотря на высокий уровень загрязнения прибрежных территорий, ранее не было проведено ни одного исследования микропластикового загрязнения выпавших атмосферных осадков на территории Санкт-Петербурга.

Цель данной работы – рассмотреть возможное влияние атмосферных осадков на уровень микропластикового загрязнения прибрежной зоны Санкт-Петербурга.

В работе использованы данные, полученные авторами в ходе двух независимых исследований, выполненных в прибрежной зоне Санкт-Петербурга в весенне-летний период 2024 г. Для анализа выбраны четыре пляжа, расположенные в городской черте: Канонерский остров у ЗСД, Канонерский парк, Лахта, Парк 300-летия. Выбор этих участков основан на результатах изучений, проведенных авторами ранее, согласно которым пляжи Канонерского острова являются одними из наиболее загрязненных МП участков Невской губы. В отличие от Парка 300-летия и Лахты, на указанных территориях отсутствуют регулярные пляжеуборочные мероприятия, что позволяет дополнительно проанализировать влияние степени антропогенного воздействия на микропластиковое загрязнение прибрежной зоны и атмосферных осадков.

После исследования прибрежной зоны с использованием международной методики «Фрейм», разработанной для изучения морского микромусора, пред-

ставляющего собой любой стойкий, изготовленный или обработанный твердый материал размером менее 5 мм, который был брошен, его утилизировали или оставили в морской и прибрежной среде.

Анализ свежевыпавших твердых осадков на данных пляжах выполнен с помощью адаптированной методики пассивного отбора снежного покрова, впервые примененной в исследованиях, проведенных на леднике Росса в Антарктиде в 2019 г.

Обработку проб морского мусора проводили согласно принятой методике без изменений, которая предусматривала только визуальную оценку, включающую классификацию отобранных частиц по размеру и типу материала. В ходе анализа проб твердых осадков образцы оттаивали в герметичных емкостях в течение 48 ч. На следующем этапе их фильтровали с помощью мембранных фильтров (1 мкм) и вакуумного насоса. Далее визуально анализировали фильтры с использованием оптической микроскопии. Обнаруженные частицы и осадок смывали с мембранных фильтров дистиллированной водой в емкость 2 мл для количественного анализа. Визуальную идентификацию и подсчет частиц МП выполняли внутри счетной камеры Нажотта (объем 0,05 мл) методом микроскопии микроскопом Микромед 3 (U3), оборудованного цифровой камерой МС-18. Принадлежность частиц к пластикам определяли по следующим характеристикам: цвет, форма, наличие блеска. Все обнаруженные в ходе анализа частицы классифицировали по морфотипу (волокно, фрагмент, пленка), а также определяли их линейные размеры.

Результаты обследования прибрежной зоны показали широкое распространение морского микромусора и присутствие загрязняющих частиц МП на всех проанализированных участках пляжей в черте Санкт-Петербурга. Суммарно на четырех участках в зоне заплеска обнаружено 121 ед. морского микромусора (7 ед./м^2). Частицы МП были найдены во всех отобранных пробах и составляли более 82 % от общего количества загрязняющих предметов, обнаруженных в прибрежной зоне. Наибольшая концентрация МП зафиксирована в точке отбора проб, расположенной в районе Лахта (10,5 ед./м^2). На других участках уровень микропластикового загрязнения оказался ниже, и средняя концентрация МП составила 8,5 ед. м^2 на Канонерском острове, 6 ед./м^2 – в Парке 300-летия. Большая часть найденных частиц МП представлена белыми фрагментами пенополистирола, вероятно, попавшего в прибрежную зону в результате разрушения более крупных упаковочных и строительных материалов.

Сравнительный анализ полученных данных с аналогичными исследованиями прошлых лет выявил увеличение концентрации частиц МП, найденных в зоне заплеска, при общем снижении количества морского микромусора. Так, если в 2019–2020 гг. средняя концентрация микропластика на пляжах восточной части Финского залива составляла 5,1 ед./м^2, то в 2024 г. она увеличилась до 12,13 ед./м^2. За 5 лет доля микропластика в микромусоре Невской губы выросла на 24 %: от 65 % в 2019 г. до 89 % в 2024 г. Интенсивный рост концентрации МП в зоне заплеска может свидетельствовать о том, что существующие в настоящее время очистка сточных вод и проводимые пляжеуборочные мероприятия недостаточно эффективны для предотвращения и сокращения поступления загрязняющих частиц МП на исследуемую территорию.

Обнаруженные концентрации загрязняющих частиц в зоне заплеска значительно превышали значения, зафиксированные на северных побережьях Герма-

нии и Литвы, где в среднем выявлено 0,1 и 3,9 ед/м^2 соответственно. Полученные данные подтвердили предположение А.А. Ершовой о том, что в Невской губе Финского залива найдено наибольшее количество микрочастиц в Балтийском регионе.

Результаты исследования твердых осадков показали присутствие частиц МП во всех отобранных пробах свежевыпавших твердых осадков. Наибольшая концентрация МП зафиксирована в точке отбора вблизи Западного скоростного диаметра (ЗСД) и составила 720 ед./л. На других участках уровень микропластикового загрязнения был заметно ниже: в Парке 300-летия – 520 ед./л, в Лахте – 480 ед./л. Большая часть найденных частиц МП представлена волокнами (69,8 %) и фрагментами (22,2 %), обнаруженными во всех точках отбора проб, что согласуется с результатами ранее проведенных исследований твердых осадков, в которых волокна также являлись доминирующим морфотипом пластика, благодаря их относительно низкой плотности и физическим свойствам.

Анализ полученных данных о накоплении микропластика в твердых осадках Санкт-Петербурга показал, что выявленное содержание МП значительно ниже по сравнению с его концентрациями в других населенных пунктах. Так, например, в твердых осадках, отобранных на территории Мурманска в 2021 г., в среднем было обнаружено 5890 ед./л фрагментов МП, что свидетельствует о высоком уровне загрязнения, в г. Бремен (Германия) в 2018 г. – 2000 ед./л частиц МП различной формы и размеров, что также подтверждает высокий уровень загрязнения. Стоит отметить, что плотность населения Санкт-Петербурга (4029 чел./км^2) в 2 раза превышает плотность населения Бремена (1770 чел./км^2).

Результаты двух независимых исследований свидетельствуют о возможном влиянии атмосферных осадков на микропластиковое загрязнение прибрежной зоны Санкт-Петербурга. Широкое распространение МП в твердых осадках, зафиксированное на всех точках отбора, косвенно указывало на дополнительный источник вторичного загрязнения природных компонентов. Наибольшие концентрации МП (720 ед./л в твердых осадках и 10,5 ед./м^2 в зоне заплеска) были на участках, расположенных вблизи крупных транспортных артерий и промышленных объектов. Полученные данные указывают на наличие устойчивого локального источника микропластикового загрязнения на территории Канонерского острова. Наиболее вероятно, что МП поступает на данную территорию с бытовыми сточными водами, сбрасываемыми в Невскую губу после очистки на Центральной станции аэрации, а также с частицами, образовавшимися в результате износа дорожного покрытия ЗСД и автомобильных шин, в составе которых присутствуют полимерные материалы и добавки.

В результате механических процессов частицы МП с загрязненных ранее территорий могут подниматься в воздух и оседать с атмосферными осадками не только вблизи источников их поступления, но и в других районах. В научных публикациях отмечены факты смешивания водных частиц с фрагментами МП, выступающими в роли ядер конденсации, и последующего оседания этих частиц на поверхностях вместе с осадками. Таким образом, результаты проведенных исследований подтвердили положение о том, что атмосферные осадки могут быть дополнительным источником микропластикового загрязнения. Это подчеркивает необходимость рассмотрения атмосферных осадков не только как самостоятельного объекта изучения, но и как важной составляющей комплексного мониторинга микропластикового загрязнения различных компонентов географической оболочки Земли.

УДК 574.583

Особенности пространственно-временной динамики пигментных характеристик фитопланктона в зоне слияния Оки и Волги

Д.В. Мушаков[1,2]

[1]Нижегородский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («НижегородНИРО»), г. Нижний Новгород
[2] ННГУ им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород
e-mail: mushakov@nizhegorod.vniro.ru

Река Ока – второй по водности и протяженности приток Волги. Ее длина составляет 1500 км, площадь водосборного бассейна – 245 тыс. км^2. Протекает Ока по территории 7 субъектов РФ, что сопряжено с высокой антропогенной нагрузкой, возрастающей к устью, где расположен крупный промышленный центр – г. Нижний Новгород. Ока оказывает существенное влияние на гидрологический и гидрохимический режимы Чебоксарского водохранилища, что также обусловливает необходимость системного мониторинга гидрохимических, гидрологических и биологических параметров в месте слияния с Волгой.

Для оценки экологического состояния водных объектов широко применяется анализ фитопланктона, который благодаря высокой чувствительности к изменениям среды служит индикатором состояния водной экосистемы. При этом для характеристики развития фитопланктона часто используются фотосинтетические пигменты в качестве косвенных показателей биомассы водорослей.

Ранее нами уже проводилось исследование сезонной динамики пигментных характеристик устьевого участка Оки, в 2024 г. работа была продолжена.

Отбор фотосинтетических пигментов фитопланктона на анализ проводили в вегетационный сезон 2023–2024 гг. пластмассовым ведром, на 11 прибрежных станциях в месте слияния Оки и Волги. В 2023 г. отбор проб происходил еженедельно в период с мая по октябрь (n = 236), в 2024 г. – один раз в две недели с апреля по ноябрь (n = 139). Содержание хлорофилла *a* определяли в 90 %-ном растворе ацетона стандартным спектрофотометрическим методом согласно руководству ЮНЕСКО.

Концентрации хлорофилла *a* на станциях 1–11 (1, 2 – левобережный поток Волги ниже устья Оки; 3, 4 – правобережный поток Волги ниже устья Оки; 5, 6 – правобережный поток Волги выше устья Оки; 7, 8, 11 – правобережный поток Оки; 9, 10 – левобережный поток Оки) в вегетационные периоды 2023–2024 гг. варьировали в широком диапазоне от 1,89 до 151,74 мкг/л, составляя в среднем 43,03 ± 1,73 мкг/л при высокой степени вариабельности (Cv=77,81 %), что отражает значительную пространственно-временную неоднородность развития фитопланктона. В 2023 г. средние значения составили 46,02 ± 2,13 мкг/л, тогда как в 2024 г. этот показатель снизился до 37,96 ± 2,91 мкг/л, что связано с сезонными особенностями, обусловленными расширением периода наблюдений. Анализ пигментных характеристик в периоды, не охваченные исследованиями 2023 г. (конец апреля–середина мая и середина октября–конец ноября), выявил концентрации хлорофилла *a* значительно ниже среднесезонных значений. В эти интервалы сред-

ние концентрации составили 14,86 ± 2,22 мкг/л (Cv=63,46 %) и 8,75 ± 1,18 мкг/л (Cv = 67,66 %) соответственно, что свидетельствует о переходном характере этих периодов в вегетационном сезоне.

Для волжского потока выявлена значительная пространственная и межгодовая неоднородность в распределении хлорофилла *a*. Левобережная часть р. Волга ниже впадения р. Ока отличалась относительно низкими концентрациями пигмента, в среднем 12,33 ± 1,1 мкг/л, что соответствует умеренно эвтрофному уровню трофии. В 2023 г. наблюдались стабильно низкие значения (4,15–23,58 мкг/л) с августовским пиком (17,27 ± 1,85 мкг/л), тогда как в 2024 г. зафиксированы два подъема: весенний (22,4 ± 7,06 мкг/л) и летний (27,87 ± 2,17 мкг/л), которые временно повышали трофический статус участка до эвтрофного уровня, что может быть связано с сезонной динамикой альгоценозов.

Концентрации хлорофилла *a* в правобережной части Волги ниже устья Оки варьировали от 5,15 до 118,9 мкг/л при среднем содержании 52,21 ± 3,42 мкг/л (Cv=57,04 %), что обусловлено влиянием окского потока и слабого перемешивания водных масс. Анализ динамики фотосинтетических пигментов выявил три устойчивых периода подъема концентраций (свыше 90 мкг/л) в оба года исследования: июльский, августовско-сентябрьский и октябрьский. В 2023 г. максимальные значения зафиксированы во второй половине августа – начале сентября и в первую неделю октября. В 2024 г. пики концентраций отмечены во второй половине июля и третьей неделе октября. Данная периодичность может быть связана с сезонной сменой фитопланктонных сообществ и изменением их видовой структуры.

Правобережная часть волжского потока выше устья Оки характеризовалась наиболее широким диапазоном колебаний концентраций хлорофилла *a* – от 1,89 до 151,74 мкг/л при среднем значении 23,93 ± 2,96 мкг/л (Cv=106,35 %), что свидетельствует о высокой динамичности среды обитания фитопланктона в этом районе реки.

В ходе исследований были выявлены значительные различия между близлежащими ст. 5 и 6, находящимися на расстоянии 840 м друг от друга. В 2023 г. средняя концентрация хлорофилла *a* на ст. 5 была почти в три раза ниже, чем на ст. 6 (34,87 ± 5,47 мкг/л и Cv=70,15 %), что сближало ее по данному показателю со станциями левобережного потока Волги. В 2024 г. средние концентрации пигментов на этих станциях были довольно близкими 23,87 ± 9,52 мкг/л (Cv=159,49 %) и 26,49 ± 5,49 мкг/л (Cv= 82,9 %), однако почти двукратное возрастание коэффициента вариации в 2024 г. свидетельствует о возрастании неоднородности факторов, определяющих вегетацию фитопланктона в данном году. Так, для ст. 5 был характерен эпизодический всплеск концентраций в августе 2024 г. (85,12 ± 34,87 мкг/л), который может быть связан с нагонными явлениями.

На ст. 6, расположенной в 840 м ниже по течению от ст. 5, обнаружены концентрации хлорофилла *a,* соответствующие как волжскому, так и окскому водным потокам, что подтверждается данными об электропроводности воды. На протяжении большей части наблюдений (16 из 23 недель, когда параллельно с изучением фотосинтетических пигментов фитопланктона измерялась электропроводность воды) пигментные характеристики акватории на ст. 6 соответствовали таковым волжского потока, демонстрируя однородность со ст. 5. В эти периоды концентрация хлорофилла *a* и электропроводность на ст. 6 превышали показатели ст. 5

всего на 14 и 0,9 % соответственно. При этом на ст. 9 (левобережная часть окского потока) значения хлорофилла *a* и электропроводности в 4,3 и 2,9 раза были выше, чем в Волге (ст. 5 и 6). В течение 4 из 23 недель акватория р. Волга на ст. 6 оказалась более сходна с окской водной массой либо демонстрировала смешанный характер. В эти периоды ее показатели в среднем на 56 % отличались от характерных как для Волги, так и для Оки.

Динамика переходов между водными массами Волги и Оки обусловлена смещением гидрологического фронта на их границе, положение которого изменчиво и зависит от гидрологического режима данных водных объектов и объема попусков из Горьковского водохранилища.

Река Ока характеризовалась стабильно высоким трофическим статусом: концентрации хлорофилла *a* варьировали от 2,65 до 139,52 мкг/л при среднем значении 61,21 ± 2,49 мкг/л (Cv=50,79 %). Максимальные концентрации хлорофилла *a* отмечены в левобережной части р. Ока: до 136,46 мкг/л в первую неделю октября 2023 г. и до 102,40 мкг/л в середине октября 2024 г. После осеннего пика 2024 г. к концу ноября значения содержания фотосинтетических пигментов существенно снизились и не превышали 9,69 мкг/л. В левобережном потоке устойчиво фиксировалось превышение концентраций над правобережным на 14,18 % (2023 г.) и 13,89 % (2024 г.), что, вероятно, обусловлено особенностями морфометрии русла, циркуляцией водных масс и уровнями антропогенной нагрузки. Наличие в окских водах трех периодов подъема концентраций хлорофилла *a* может быть связано с сезонной динамикой фитопланктона, а также объясняет аналогичную тенденцию, наблюдаемую в правобережной части Волги ниже места слияния рек.

Изучение сезонной динамики пигментных характеристик устьевого участка Оки в 2023–2024 гг. показало сложный характер пространственно-временной организации фитопланктона в зоне слияния Оки и Волги.

1. Для волжского потока характерна значительная пространственная неоднородность в распределении хлорофилла *a*. Наиболее низкие концентрации пигмента обнаружены в левобережной части, наиболее высокие – в правобережной, находящейся под влиянием Оки. На правобережном участке наблюдаются три сезонных пика концентрации (июль, август–сентябрь, октябрь), что напрямую связано с аналогичной динамикой в водах р. Ока, имеющей стабильно высокий трофический статус. В то же время для левобережного участка характерно не более двух пиков, сопровождающихся кратковременным переходом от умеренно эвтрофного к эвтрофному статусу. Пиковые значения концентраций хлорофилла *a* могут быть обусловлены сезонной динамикой фитопланктона.

2. В районе слияния Оки и Волги обнаружена зона высокой динамики фотосинтетических пигментов, где характеристики водной массы изменчивы во времени и пространстве. На ст. 6, расположенной в 840 м ниже ст. 5, выявлено три состояния: преобладание волжских вод (70 % времени), а также сходство с окскими водами или смешанный характер (30 % времени). Это подтверждается параллельными измерениями электропроводности. Основным фактором, определяющим наблюдаемую пространственно-временную изменчивость, является перемещение гидрологического фронта на границе водных масс, положение которого зависит от фазы гидрологического цикла и режима попусков из Горьковского водохранилища.

3. Река Ока характеризуется стабильно высоким трофическим статусом (средняя концентрация хлорофилла *a* 61,21±2,49 мкг/л), который снижается после пиковых значений в начале – середине октября, что связано с постепенным завершением вегетационного сезона фитопланктона. В левобережном потоке устойчиво фиксировалось превышение концентраций над правобережным почти на 14 %, что может быть обусловлено особенностями морфометрии русла, циркуляцией водных масс и уровнями антропогенной нагрузки

Таким образом, формирование фитопланктона в зоне слияния Оки и Волги определяется сложным взаимодействием гидродинамических и биологических факторов. Полученные данные подтверждают необходимость учета пространственно-временной неоднородности при оценке экологического состояния устьевых участков рек.

УДК 639.2/.3:51-7; 639.2/.3:007

Математическое моделирование физико-механических свойств нитевидных рыболовных материалов

П.В. Насенков

ФГБОУ ВО «КГТУ», г. Калининград
e-mail: pavel.nasenkov@klgtu.ru

Сетные орудия промышленного рыболовства представляют собой комплексные инженерные системы, включающие различные компоненты (нити, шнуры и канаты), которые способствуют эффективному и надежному осуществлению рыболовных операций. Эти элементы изготавливаются с применением технологий кручения, плетения и других методов обработки, что обеспечивает разнообразие структурных характеристик и эксплуатационных свойств изделий. В качестве исходных материалов используются синтетические волокна на основе полиамидов (ПА), полипропилена (ПП), полиэфиров (ПЭФ) и полиэтилена (ПЭ), обладающие специфическими механическими характеристиками.

В условиях эксплуатации данные конструкции подвергаются значительным механическим нагрузкам, главным образом растягивающим усилиям и деформациям, что приводит к уменьшению прочности и потенциальному разрушению элементов. Повреждения нитей и канатов вызывают серьезные экономические потери, включая снижение производительности промысла, увеличение затрат и простоев, что оказывает негативное влияние на деятельность рыболовных предприятий.

Для повышения надежности рыболовных орудий актуальна разработка методик проектирования и оценки физико-механических свойств рыболовных материалов на этапе их конструирования. Основой такого подхода является создание математических моделей, адекватно описывающих механическое поведение материалов под воздействием больших усилий и деформаций. Модели позволяют прогнозировать прочностные параметры нитей и канатов в реальных условиях эксплуатации, выявлять потенциальные риски образования повреждений и обеспечивать безопасность технологического процесса.

Цель настоящей работы – выявление и анализ математических зависимостей, обеспечивающих оптимальный выбор параметров исходных материалов (например, диаметр и состав волокон) с учетом условий окружающей среды и интенсивности нагрузок. Данное исследование направлено на повышение эксплуатационной эффективности конструкций, снижение их массы и стоимости, а также на рационализацию использования ресурсов. Особое внимание уделяется сравнению традиционного подхода, основанного на определении безопасных пределов напряжений, с альтернативным методом расчета предельных разрушающих нагрузок, что позволяет выявлять критические рабочие режимы и совершенствовать методы анализа аварийных ситуаций и технических решений.

Методика оценки включает введение поправочных коэффициентов, учитывающих последовательное разрушение элементов конструкции, что снижает вероятность массовых повреждений и повышает общую надежность рыбопромыслового

оборудования. Такой подход способствует уменьшению рисков поломок, увеличению срока службы и повышению производственной эффективности рыболовных систем.

В работе представлены данные экспериментальных исследований образцов крученых ниток и веревок из ПА, ПП, ПЭФ диаметрами от 1,1 до 4,0 мм, а также ряд расчетных параметров.

При увеличении длины образца площадь поперечного сечения нити остается постоянной, в то время как масса нити возрастает, в результате этого относительное удлинение уменьшается, а значение коэффициента, зависящего от материала нитки, также остается постоянным. Сравнение экспериментальных данных о разрывной нагрузке и относительному удлинению с результатами, полученными с помощью математической модели, показало, что погрешность математической модели не превышает 15 %.

На основании этой модели и алгоритма расчета физико-механических свойств разработана компьютерная программа для определения жесткостных и прочностных характеристик рыболовных крученых нитей и веревок, изготовленных из ПА, ПП и ПЭФ.

Компьютерная программа «Расчет жесткостных и прочностных характеристик элементов сетных инженерных конструкций при воздействии внешних факторов» разработана на языке C++, что обеспечивает высокую производительность и гибкость при реализации вычислительных алгоритмов. В качестве среды разработки использован интегрированный комплекс Embarcadero RAD Studio, предоставляющий расширенные инструменты для создания надежных и оптимизированных приложений. Программа формирует исполняемые файлы формата EXE, предназначенные для операционной системы Windows, что обеспечивает широкую совместимость и удобство эксплуатации в различных условиях.

Пользовательский интерфейс выполнен с применением стандартных компонентов графической среды Windows – окон, меню, кнопок и панелей инструментов, что обеспечивает интуитивно понятное взаимодействие с системой. Такая архитектура интерфейса минимизирует требование к специальным знаниям в области программирования и системного администрирования, позволяя пользователям сосредоточиться на решении инженерных расчетных задач без необходимости овладения техническими аспектами программного обеспечения.

Основная задача разработанной программы – автоматизация расчетов, направленных на определение силовых и геометрических характеристик материалов, которые используются в конструкциях сетного типа промышленного рыболовства. При запуске программы открывается главное окно интерфейса, являющееся центральным элементом навигации среди функциональных модулей комплекса. Оно обеспечивает доступ к основным инструментам и процедурам, необходимым для выполнения расчетов в рамках научно-инженерных исследований.

Структурированное построение интерфейса облегчает ввод исходных данных, управление расчетными алгоритмами и визуализацию результатов, что способствует повышению эффективности работы пользователя. В итоге разработанная программная платформа представляет собой комплексное решение,

содействующее повышению точности инженерных расчетов и надежной поддержке процесса проектирования и эксплуатации сетных рыболовных орудий. Реализация данного программного обеспечения способствует улучшению технологического уровня и обеспечению безопасности промышленной рыболовной деятельности.

Компьютерная программа «Расчет жесткостных и прочностных характеристик элементов сетных инженерных конструкций при воздействии внешних факторов» предназначена для определения прочностных параметров нитевидных материалов, используемых как в производстве орудий промышленного рыболовства, так и в иных типах сетных инженерных конструкций.

Исследование выполнено в ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» за счет гранта Российского научного фонда № 25-21-00008, https://rscf.ru/project/25-21-00008/.

УДК 006.91

Об обеспечении единства измерений: важность в обыденной жизни и рыбохозяйственной науке

А.Н. Окатова, Д.А. Окатов, М.А. Салов

Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), г. Мурманск
e-mail: romanova99@pinro.vniro.ru

Измерения сопровождают практически все сферы деятельности человека – от производства и торговли до медицины и науки. Ценность единства измерений обусловлена ее значением в современном мире. Единство измерений предоставляет достоверную оценку результатов экспериментов, контроль качества продукции и обеспечение ее безопасности. Системы измерений имеют многовековую историю, которая наглядно показывает развитие человеческой цивилизации. В Древнем Египте во второй половине третьего тысячелетия до н.э. существовали свои системы измерений, например, локоть (длина), арура (площадь), дебеи (масса), а солнечные часы служили информацией о времени. В Древнем Китае унификация мер была проведена во II веке до н.э. В нее вошли меры длины (чи, бу, ли), веса (лян, цзинь, ши), объема текста (цзюань, пянь) и др. В Средние века (с XI по XVII) были локальные системы измерений, такие как фут, дюйм или локоть, и начиная с XVIII в. в связи с развитием науки и международной торговли потребность в унификации стала очевидной, что и привело к первым попыткам глобальной стандартизации.

Международная система единиц (СИ) была основана в 1960 г., когда XI Генеральная конференция по мерам и весам (ГКМВ) приняла стандарт, получивший это название. Этот стандарт объединяет семь базовых единиц: метр (длина), килограмм (масса), секунда (время), ампер (сила тока), кельвин (температура), моль (количество вещества) и кандела (сила света), с помощью которых выражаются все измеряемые физические величины. Россия сотрудничает с международными организациями, такими как Международное бюро мер и весов (МБМВ), Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ) и Международная организация по стандартизации (ИСО), что позволяет интегрироваться в мировое метрологическое сообщество и использовать передовые методы и стандарты. Данное сотрудничество способствует разработке национальных стандартов, упрощая торговлю и научное взаимодействие.

Единство измерений – это состояние, при котором результаты измерений, выполненных в разных местах и в разное время, могут быть достоверно сопоставимы между собой и выражены в общепринятых единицах величин. Например, в Полярном филиале ФГБНУ «ВНИРО», выполняющем исследования водных биоресурсов, используются около 10 различных видов СИ начиная с теплофизических и температурных, заканчивая оптико-физическими, а общее количество практически доходит до тысячи. Чтобы минимизировать ошибки при измерении, в метрологии применяют прослеживаемость, регулярную калибровку и ежегодную поверку приборов. Поверка – совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений установленным метрологическим требованиям, а калибровка – добровольная

процедура, направленная на уточнение параметров средства измерений. Она не имеет юридической силы, но позволяет улучшить точность показаний и выявить возможные отклонения. В 2024 г. в Полярном филиале поверялось 438 средств измерений, а в 2025 г. – 580, что почти на треть больше, чем годом ранее. Используются как устаревшие виды СИ, так и новые. Самым давним, но в то же время точным прибором является «Манометр ОБМВ1-100», выпущенный в 1965 г., находится он в лаборатории аквакультуры и болезней гидробионтов. Наиболее новый – «Газоанализатор взрывоопасных и токсичных газов Сигнал-44», выпущенный в 2024 г., принадлежит НИС МК-0520 «Профессор Бойко». Благодаря проведению точных измерений и внедрению международных стандартов в исследования и мониторинг морских экосистем, институт способствует повышению качества научных данных.

Каждый год количество средств измерений в институте растет, так, например, до 1990 г. было всего 48 лабораторных и 185 судовых приборов, а в 2025 г. – 229 лабораторных, 711 судовых. Стандартизация методов и процедур измерений позволяет устранить разночтения и обезопасить все участки измерительного процесса. Анализ погрешностей и неопределенностей помогает установить доверительный уровень результатов.

Применение единства измерений в повседневной жизни и различных отраслях экономики регулируется Федеральным законом «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ, который способствует развитию экономики и научно-техническому прогрессу. В торговле точные и стандартизированные измерения создают справедливые условия между покупателем и продавцом, обеспечивая прозрачность сделок и предотвращая мошенничество. Доверие к точным измерениям влияет на потребительское поведение и экономические отношения, надежность сооружений. Медицинская сфера показывает, насколько критична точность, где любая ошибка может привести к непоправимым последствиям. Стандартизованные измерения – основа для воспроизводимости и проверяемости научных исследований. Физические эксперименты в разных лабораториях мира должны давать одинаковые результаты, что возможно лишь при использовании единой метрологической базы. В высокотехнологичных отраслях – микроэлектронике, авиации, космической индустрии и биотехнологиях – измерения с высокой точностью гарантируют качество и безопасность сложных продуктов и систем. Ошибки здесь недопустимы, поскольку могут повлечь серьезные финансовые потери или угрозу жизни людей. Технические трудности включают необходимость постоянного обновления, поверки измерительных приборов и внедрения новых. Важны и организационные вопросы – координация работы между различными ведомствами, промышленными и научными организациями. Повышение квалификации специалистов, развитие образовательных программ и систематическое профессиональное обучение являются основной целью для успешного преодоления этих препятствий.

Единство измерений обеспечивает точность, надежность и сопоставимость результатов во всех сферах человеческой деятельности, от научных исследований до повседневных операций. Соблюдение метрологических стандартов и принципов повышают качество данных, способствует развитию и эффективному мониторингу ресурсов.

Таким образом, единство измерений представляет собой важный элемент, без которого невозможно представить современное научное и технологическое развитие.

УДК 574.587

Сообщество сахарины японской *Saccharina japonica* и серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в заливе Невельского (о-в Сахалин)

А.А. Парфентьев, Н.Ю. Прохорова

Сахалинский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), г. Южно-Сахалинск
e-mail: parfentyevaa@sakhniro.vniro.ru

Гидрологический режим прибрежной зоны юго-западного Сахалина формируется под воздействием холодного Западно-Сахалинского и теплого Цусимского течений. Наблюдаются высокие колебания температуры и солености, опреснение верхнего слоя, сезонные изменения прогрева и ледового покрова, а также влияние штормов, сгонно-нагонных явлений и сейш. Особенности рельефа и разнообразие грунтов, включая рифовые гряды и скальные плато, обусловливают формирование мозаичных биотопов и разнообразных по структуре прибрежных сообществ.

Работа основана на материалах исследований 2009–2012, 2018, 2019 и 2023 гг. Отбор проб выполняли водолазы по намеченной сетке станций на глубинах 0–25 м. Выделение и описание сообществ осуществляли эколого-флористическим методом по видовому составу, ярусности и условиям местообитаний. Для описания степени доминирования вида использовали 5-балльную квадратично-трансформированную шкалу Е.Л. Любарского. Цель исследования – выявить и охарактеризовать сообщество сахарины японской *Saccharina japonica* и серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в прибрежной зоне залива Невельского.

Сахарина японская *Saccharina japonica* и серый морской еж *Strongylocentrotus intermedius* являются важными объектами прибрежного промысла о-ва Сахалин. Изучение их сообщества в заливе Невельского имеет важное научное и практическое значение, так как позволяет оценить состояние прибрежных экосистем юго-западного Сахалина, которые находятся под влиянием сложного гидрологического режима и антропогенного воздействия. Понимание структуры и динамики таких сообществ необходимо для разработки мер устойчивого управления ресурсами.

Сообщество *Saccharina japonica* + *Strongylocentrotus intermedius* в исследуемом районе занимает нижний горизонт литорали и верхнюю сублитораль до глубины 5 м и имеет мозаичную структуру, соответствующую структуре грунтов в этом районе. Плотные заросли макрофитов, произрастающие на глубинах от 0,5 до 3,0 м и приуроченные к скалистым и каменистым грунтам, опоясаны по периферии скоплениями морского ежа.

В формировании видового разнообразия и биомассы фитоценоза участвуют 32 вида макрофитов, из них красных – 19, бурых – 8, зеленых – 5 и морских трав – 1 вид. Средняя биомасса растений, принадлежащих к данному сообществу, на всех ярусах определена на уровне 11,97±0,3 кг/м^2.

Первый ярус был представлен бурыми макрофитами *Saccharina japonica* (Areschoug) C.E. Lane, *Costaria costata* (Turner.) Saund., *Stephanocystis crassipes*

(Mer ex Tur) Draisma, *Desmarestia viridis* (O.F. Müller) J.V. Lamouroux, *Saccharina cichorioides* (Miyabe) C.E. Lane, *Sargassum pallidum* (Turner) C. Agardh, *Desmarestia intermedia* Postels & Ruprecht и одним видом морских трав *Phyllospadix iwatensis* Makino со средней биомассой на ярус 11,15±0,1 кг/м^2.

Второй ярус был сложен красными и зелеными водорослями *Neoptilota asplenioides* (Yurn.) Kyl, *Odonthalia corymbifera* (Gmel.) Ag, *Ulva fenestrata* P. et R., *Chondrus pinnulatus* (Harv.) Okam., *Tichocarpus crinitus (Gmel.) Rupr., Neorhodomela munita* (Perestenko) Masuda, *Ptilota filicina* J.Ag., *Neohyphohyllum middendorfii* (Rupr.) Wynne, *Ulva lactuca* Linnaeus, *Neodilsea yendoana* Tok., *Ceramium kondoi* Yendo, *Halosaccion yendoi* I.K. Lee, *Scytosiphon lomentaria* (Lyngb.) Link, *Pterosiphonia bipinnata* (P. et R.) Falkenb., *Mastocarpus pacificus* (Kjellm.) Perest., *Congregatocarpus pacificus* (Yamada) Mikami, *Monostroma crassidermum* Tokida, *Laurencia nipponica* Yam., *Neoholmesia japonica* (Okamura) Mikami, *Rhodomela tenuissima* (Ruprecht) Kjellma, *Acrosiphonia diriuscula* (Rupr.) Yendo, *Callophyllis rhynchocarpa* Ruprecht, *Cladophora stimpsonii* Turner со средней биомассой на ярус 0,76±0,1 кг/м^2.

Третий ярус был представлен красной водорослью *Corallina officinalis* Linnaeus со средней биомассой на ярус 0,69±0,1 кг/м^2.

Четвертый ярус был сформирован красными корковыми водорослями *Boreolithothamnion phymatodeum* (Foslie) P.W.Gabrielson, *Clathromorphum circumscriptum (*Strömfelt) Foslie.

В исследуемом сообществе основная доля биомассы была представлена бурыми водорослями (10 кг/м^2), что указывает на их доминирующую роль в биоценозе. Среди них выделялась сахарина японская с показателем 9,3 кг/м^2. Пиковое значение биомассы этого вида было зафиксировано в 2023 г. и составило 99,3 кг/м^2.

Основная доля биомассы фаунистической составляющей сообщества сформирована при участии таких групп, как иглокожие *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz), *Asterias amurensis (*Lutken*)*, *Patiria pectinifera (*Muller & Troschel*), Evasterias retifera* (Djakonov), *Cucumaria frondosa* (Gunnerus), *Eupentacta fraudatrix* (D'yakonov & Baranova), моллюски *Gregariella difficilis* (Deshayes), *Niveotectura pallida* (A. Gould), *Neptunea arthritica* (Valenciennes), *Swiftopecten swiftii* (Bernardi) и ракообразные *Pagurus brachiomastus* (Thallwitz), *Scyra quadridens* (De Haan). Средняя плотность поселения беспозвоночных составляла 52,74±2,8 экз./м^2, биомасса – 1,73±0,1 кг/м^2. При этом бесспорным доминантом является серый морской еж (33,8 экз./м^2;1,17 кг/м^2). Максимальная его биомасса была отмечена в 2019 г. и составила 9,7 кг/м^2.

Сообщество *Saccharina japonica* + *Strongylocentrotus intermedius* в заливе Невельского характеризуется высоким видовым богатством и четко выраженной ярусной структурой. Доминирующие виды формируют основу биоценоза и определяют его продукционную и пространственную динамику. Данное сообщество за ряд лет не претерпело существенных изменений и сохраняет свою устойчивость.

УДК 639.2.081;004.92

Проектирование траловых досок

А.В. Пивоваров, А.А. Недоступ

ФГБОУ ВО «КГТУ», г. Калининград
e-mail: sashapivovarov77ioos@mail.ru

Траловая доска является основным компонентом оснастки, отвечающим за горизонтальное раскрытие трала. Конструкция досок изменяется в зависимости от типа трала и района промысла, существует два основных вида: донные и разноглубинные. Донные траловые доски характеризуются широкой и плоской поверхностью для равномерного распределения давления и снижения риска застревания из-за неровностей грунта. Их углы обычно закруглены или усилены во избежание повреждений от контакта с дном. Разноглубинные траловые доски, в отличие от донных, обладают более вытянутой, часто прямоугольной формой и менее скругленными краями, что оптимально для работы в толще воды.

Цель работы – изготовить при помощи 3D-печати масштабную модель траловой доски, предварительно выполнив ее обратное проектирование и проведя CAE-моделирование для анализа оказываемых нагрузок на траловую доску.

CAD – это набор компьютерных программ и технологий для создания, изменения, анализа и оптимизации проектной документации, такой как 2D- и 3D-модели продуктов, зданий, деталей и других объектов при помощи компьютера.

За основу разработки траловой доски для дальнейшего анализа взята существующая крыловидная разноглубинная траловая доска. В отношении выбранной модели проведено обратное проектирование. По результатам анализа в отечественном CAD-комплексе «Компас-3D» был создан конструкторский чертеж, который впоследствии послужил базой для разработки трехмерной модели данной траловой доски в той же системе.

CAE – это программное обеспечение для имитации и анализа поведения CAD-модели под воздействием различных реальных условий: нагрузок, температур, давления, потоков жидкости и т.д. Это позволяет обнаруживать и устранять найденные проблемы еще до этапа физического прототипирования.

В компьютерной программе «Гидродинамика траловых досок» был проведен анализ распределения давления на поверхность траловой доски при различных углах атаки. Результаты визуализируются с помощью цветовой карты: интенсивность красного цвета на 3D-модели указывает на величину оказываемого давления. Анализ показал, что при угле атаки 0° максимальное давление оказывается на предкрылок, в то время как на щите оно минимально. При увеличении угла атаки до 40° наблюдается более равномерное распределение давления по всей площади доски.

CAM – это комплекс программного обеспечения для планирования, управления и оптимизации процесса изготовления детали на производственном оборудовании. CAM-система на основе 3D-модели создает управляющую программу – G-код, которая указывает станку, какие движения совершать для фрезеровки, токарной обработки, 3D-печати и т.д. G-код, или G-code – машинный код, т.е.

последовательный набор команд, в данном случае для 3D-принтера, генерируемый слайсером OrcaSlicer для координации экструдера принтера. Только после получения G-кода модель готова к печати.

Печать моделей траловых досок производилась на 3D-принтере Creality модели K1C, использующем наиболее распространенную технологию печати FDM – это метод печати, где объект печатается путем нанесения расплавленного материала по заранее установленному алгоритму, слой за слоем. Используемые материалы представляют собой термопластичные полимеры и имеют форму нити, как правило, диаметром 1,75 мм. Модели траловых досок печатались при следующих настройках качества и прочности: толщина слоя – 0,12 мм, плотность заполнения модели – 75 %.

В качестве материала был выбран один из основных и самых распространенных материалов для 3D-печати – PETG. Он является вязким и ударопрочным материалом, который перед разрушением может значительно деформироваться, что делает его более подходящим для функциональных деталей, подверженных нагрузкам и ударам. Также PETG обладает значительной устойчивостью к ультрафиолетовому излучению и более высокой термостойкостью (~70 °C). Материал не изменяется и не теряет прочность на солнце. Это делает его пригодным для использования на открытом воздухе. Детали из PETG не деформируются в жаркий день (в отличии от другого не менее распространенного пластика – PLA). PETG – тот пластик, из которого делают бутылки для напитков. Он инертен к воде и отлично противостоит ее воздействию на протяжении очень долгого времени. Он не разлагается, не теряет свойств и является идеальным материалом для применения в подобных целях.

Перед началом печати на 3D-принтере пластик необходимо просушить. Предварительная сушка филамента – важный этап подготовки к 3D-печати. Большинство полимерных материалов, используемых в FDM-печати, в том числе PETG, обладают гигроскопическими свойствами, т.е. активно поглощают влагу из окружающей среды. Присутствие даже незначительного количества влаги в филаменте приводит к серьезным проблемам в процессе печати: образованию дефектов поверхности, появлению пузырей и неровностей, снижению механической прочности готового изделия и ухудшению надежности соединения между слоями. Для удаления избыточной влаги используется специальное оборудование – сушилка для филамента, которая обеспечивает контролируемый нагрев материала и поддержание определенной температуры в течение заданного времени. Температурный режим и продолжительность сушки зависят от типа полимера: так, PETG сушат при 60–65 °C в течении 4–6 ч. Правильно высушенный филамент обеспечивает стабильную экструзию, высокое качество поверхности и улучшенные механические характеристики.

После многочасовой печати модели траловой доски с использованием предварительно просушенного филамента готовая модель дополнительно подвергается окончательной обработке. Поверхность тщательно шлифуется наждачной бумагой для устранения технологических неровностей и следов слоев. На подготовленную поверхность последовательно наносится грунтовка, в несколько слоев краска и защитный лак для обеспечения идеальной гладкости поверхности. После полного высыхания всех нанесенных слоев модель крыловидной разноглубинной траловой доски считается завершенной и готовой к использованию.

Таким образом, в результате комплексного подхода, включающего этапы компьютерного проектирования (CAD), инженерного анализа (CAE) и технологической подготовки производства (CAM), а также строгого соблюдения всех требований к материалам и настройкам печати достигается возможность изготовления функциональной натурной модели траловой доски, способной эффективно работать в водной среде.

Работа подготовлена в рамках выполнения государственного задания по теме «Разработка беспроводной системы контроля параметров трала с элементами искусственного интеллекта «Автотрал».

УДК 595.32 (285.2) (571.11)

Продукционные характеристики популяции артемии в озере Медвежье Курганской области в 2021–2025 гг.

Л.Ф. Разова, Е.В. Бражников, К.В. Куцанов, А.Г. Герасимов

Тюменский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень
e-mail: k.kucanov@gosrc.vniro.ru

Исследования популяции артемии в оз. Медвежье (Большое и Малое Медвежье) проводились в 2021–2025 гг. в весенний (май) и летний (август) периоды в рамках государственного мониторинга. Гидробиологическая съемка выполнялась на 12 станциях оз. Большое Медвежье и 10 станциях оз. Малое Медвежье и включала отбор проб зоопланктона и зообентоса, а также сбор сведений о состоянии среды обитания. По результатам исследований рассчитывались продукционные характеристики популяций артемии в озерах в соответствии с методикой, разработанной ФГБНУ «ВНИРО» в 2019 г.

Оз. Медвежье расположено в Петуховском районе Курганской области в 9 км от районного центра и 200 км от г. Курган, состоит из двух почти изолированных водоемов: Малое Медвежье (55,200003° с.ш., 67,973976° в.д.) и Большое Медвежье (55,213429° с.ш., 68,058307° в.д.), соединенных протокой в центральной части. Площадь водного зеркала оз. Большое Медвежье – 3830 га, оз. Малое Медвежье – 1810 га. Преобладающие глубины озер 0,5–1,0 м, максимальная не превышает 1,5 м. Внутригодовые колебания уровня воды в озерах – 0,2–0,3 м. Озера бессточные, рельеф дна ровный без резких понижений и западин. Берега топкие, сильно заиленные. Мощность иловых отложений достигает 0,6–0,8 м. Илы интенсивно черного цвета, высокоминерализованные, богатые органическими соединениями и микроэлементами, обладают высокими целебными свойствами и используются в лечебных целях. Таким образом, морфологические параметры позволяют отнести оз. Большое и Малое Медвежье по площади к крупным (>10 км²), а по глубине – к мелководным (<2 м).

По результатам исследований 2021–2025 гг., оз. Большое и Малое Медвежье являются гипергалинными водоемами с относительно устойчивым гидрохимическим составом. Значения солености в разные годы в оз. Большое Медвежье колебались от 160 до 291 г/л (в среднем за 2021–2025 гг. – 213 г/л), оз. Малое Медвежье – от 174 до 330 г/л (в среднем за 2021–2025 гг. – 234 г/л). Минимальные и максимальные значения отличались в 1,8 и 1,9 раза соответственно, что свидетельствует о межгодовых изменениях солености.

Изменение уровня минерализации воды в значительной мере влияет на развитие и плотность популяций рачков артемии, что, в свою очередь, отражается на изменении их запасов (на стадии цист) в водоемах. Наиболее продуктивны озера с соленостью 70–230 г/дм³: при солености менее 100 г/дм³ в большинстве случаев преобладает продукция рачков, при солености более 100 г/дм³ – продукция цист.

Температура воды в озерах в 2021–2025 гг. в весенний период (май) изменялась в пределах 16–22 ºС, в летний (август) – 19–30 ºС.

В 2021–2025 гг. популяции артемии в озерах были представлены разновозрастными стадиями рачков: в весенний период (май) преобладали метанауплиальные, ювенильные, предвзрослые стадии рачков первой генерации, в летний период (август) в зависимости от условий среды (температура и соленость воды) – в основном предвзрослые стадии рачков и самки с полными и пустыми овисаками второй и третьей генераций.

Продукционные характеристики популяций артемии в 2021–2025 гг. в оз. Большое и Малое Медвежье значительно варьировали в зависимости от абиотических условий. Общая численность рачков артемии в оз. Большое Медвежье была в пределах 0–28 экз./л, оз. Малое Медвежье – 0–16 экз./л. Общая биомасса всех возрастных стадий рачков артемии в оз. Большое Медвежье – 0,0–39,3 мг/л, оз. Малое Медвежье – 0,0–26,3 мг/л. Минимальные значения биомассы рачков отмечены в 2023 г., когда в оз. Большое и Малое Медвежье были зафиксированы максимальные уровни минерализации – 291 и 330 г/л соответственно.

Продуктивность артемии (на стадии цист) в оз. Большое Медвежье составляла 2,3–65,4 кг/га, оз. Малое Медвежье – 7,2–103,5 кг/га. По продуктивности цист артемиевые озера подразделяются на высокопродуктивные (биомасса цист более 100 кг/га), среднепродуктивные (50–100 кг/га), низкопродуктивные (10–49 кг/га) и непромысловые (менее 10 кг/га).

Таким образом, в 2021–2025 гг. в оз. Большое и Малое Медвежье отмечены значительные колебания численности и биомассы рачков артемии и их продуктивности (на стадии цист) в зависимости от сезонных изменений уровня минерализации в водоемах.

УДК 664.86:582.272

Альтернативный способ консервирования *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*: их использование в качестве пищевых продуктов

А.Н. Рощина, А.В. Подкорытова

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
e-mail: roshchina@vniro.ru

Промысловые бурые водоросли порядка Fucales Белого моря (*Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*) ежегодно заготавливают в небольших объемах – 300–400 т сырой массы в прибрежных зонах Республики Карелия и Архангельской области. В целях длительного хранения *F. vesiculosus* и *A. nodosum* консервируют способом естественной сушки. Сушеные водоросли хранятся в требуемых условиях не менее трех лет без изменения качества, при этом они пригодны для производства крупки, порошка, муки, в также альгината, фукоидана и других продуктов глубокой переработки. Для производства пищевых продуктов (салаты, супы овощные, консервы) сушеные фукусы не применяют. В настоящее время для консервирования водорослей, добываемых в прибрежных зонах Белого моря, химические консерванты, такие как хлорид натрия, не используют. Известен способ консервирования посолом ламинарии (сахарины) японской (*Saccharina japonica*), произрастающей в прибрежных зонах морей Дальнего Востока. Ранее нами были проведены исследования по посолу *F. distichus* Белого моря и получены положительные результаты. В качестве дополнительных исследований было решено провести заготовку и законсервировать хлоридом натрия *F. vesiculosus* и *A. nodosum* в условиях Белого моря для апробации альтернативного способа консервирования, а также для установления возможности их использования как качественного и безопасного сырья при производстве пищевой продукции, что представляется актуальным.

Цель работы – получить экспериментальные данные об органолептической характеристике и безопасности консервированных альтернативным сушке способом – посолом хлоридом натрия – беломорских *A. nodosum* и *F. vesiculosus* и использовать их в рецептурах кулинарных изделий.

В качестве объектов исследований рассматривали консервированные посолом бурые водоросли порядка Fucales Белого моря: *F. vesiculosus* и *A. nodosum*. Образцы водорослей собраны и заготовлены с 16 по 28 июля 2023 г. на литорали юго-западной части пролива Печаковская Салма, о-в Большой Соловецкий, Архангельская область и с 25 по 28 августа 2025 г. на литорали о-ва Попов, Кемский район, Республика Карелия. Идентификацию видовой принадлежности водорослей проводила ст. н. с. отдела промысловых беспозвоночных и водорослей ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», к.б.н. Евсеева Н.В.

Консервирование фукусов хлоридом натрия проводили следующим образом: свежесобранные *A. nodosum* и *F. vesiculosus* промывали в морской воде для удаления посторонних примесей, разделяли по видам, взвешивали, помещали в пластиковые емкости, добавляли хлорид натрия в сухом виде (соль пищевая, сорт экстра) из расчета 25 % к массе водоросли-сырца. Затем тщательно перемешивали,

придавливали небольшим грузом и выдерживали в течение 24 ± 0,5 ч при средней температуре воздуха 23 ± 3 °С (в июле) и 12 ± 3 °С (в августе). Крупинки соли постепенно растворялись с образованием коричневатого тузлука (в соответствии с ГОСТ 34884). По завершении процесса просаливания отделившийся тузлук сливали, а просоленные *A. nodosum* и *F. vesiculosus* перекладывали в контейнеры, герметично укупоривали и транспортировали в лабораторию ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» в Москву для проведения исследований и приготовления пищевой продукции в целях дегустации.

В процессе посола было отмечено, что у *A. nodosum* и *F. vesiculosus* немного изменялся запах – становился более приятным, морским, исчезал слишком выраженный водорослевый. При визуальном осмотре *A. nodosum* и *F. vesiculosus* наблюдалось: структура слоевищ прочная, не нарушена, консистенция упругая, сочная, поверхность блестящая. Специфичный цвет сохраняется от буро-зелено-коричневого до темно-коричневого.

Выход соленых *A. nodosum* и *F. vesiculosus* составил соответственно 87,8 ± 5 и 77,6 ± 5 % в расчете относительно массы исходного сырья. Масса слоевищ уменьшилась у *A. nodosum* и *F. vesiculosus* в 1,1–1,3 раза соответственно.

Технологический процесс сбора и первичной обработки для консервирования посолом бурых водорослей порядка Fucales содержит последовательный порядок операций: 1 – ручной сбор на литорали в период отлива, 2 – транспортирование водорослей-сырца с литорали до места первичной обработки, 3 – сортирование по видам, 4 – мойка и удаление посторонних примесей, 5 – стекание воды, 6 – консервирование (посол хлоридом натрия), 7 – просаливание, 8 – слив избытка тузлука, 9 – упаковывание, 11 – маркирование, 12 – транспортирование, 13 – хранение.

Безопасность соленых водорослей определяли по их микробиологическим показателям в соответствии с требованиями ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» и ТР ЕАЭС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Полученные результаты показали, что исследуемые образцы соленых *A. nodosum* и *F. vesiculosus* соответствуют предъявляемым требованиям.

При разработке рекомендаций по применению соленых *A. nodosum* и *F. vesiculosus* в качестве пищевых водорослей были разработаны рецептуры кулинарных изделий «Салаты с овощами». В рецептуру салатов входили (массовая доля компонентов, г/100 г): водоросли – 50*,* репчатый лук – 10, морковь – 18, соевый соус – 6, соль – 0,5, масло растительное – 5, масло сливочное – 10, красный перец – 0,5. Принципиальная технологическая схема приготовления салатов включает следующие операции: 1 – подготовка водорослей (промывка соленых водорослей водопроводной водой с настаиванием*,* стекание воды, термообработка (варка дважды по 10 мин, слив воды), нарезка на кусочки размером не более 5 см, 2 – подготовка ингредиентов, 3 – подготовка овощей (очистка моркови и лука, измельчение, пассерование), 4 – смешивание компонентов, 5 – термообработка (тушение).

Приготовленные в лабораторных условиях кулинарные изделия «Салаты с овощами» с *A. nodosum* и *F. vesiculosus* были представлены на рабочей дегустации ФГБНУ «ВНИРО» в целях оценки их органолептических показателей. Все апробированные образцы «Салаты с овощами» с *A. nodosum* и *F. vesiculosus* получили высшие баллы. В целом отмечено, что салаты оригинального вкуса, их консистен-

ция аналогична консистенции папоротника, имеют приятный морской запах и внешний вид. Цвет зелено-буро-оливковый (видны фигурные листы водорослей). Листы *F. vesiculosus* похожи на рукколу, а *A. nodosum* – на папоротник орляк. Консистенция упругоплотная, равномерная. Вкус приятный, сладковатый, немного грибной. Послевкусие морское, специфичное. Дефекты не обнаружены.

Таким образом, проведены технологические экспериментальные работы по консервированию бурых водорослей *A. nodosum* и *F. vesiculosus* альтернативным сушке способом – посолом хлоридом натрия. Введение 25 %-ного хлорида натрия к массе свежедобытых водорослей дало положительный результат по их сохранности, безопасности и качеству. Разработаны рецептуры кулинарных изделий и приготовлены «Салаты с овощами» из *A. nodosum* и *F. vesiculosus*, которые были представлены дегустационной рабочей комиссии ФГБНУ «ВНИРО». Все апробированные образцы «Салаты с овощами» из *A. nodosum* и *F. vesiculosus* получили высшие баллы. Рекомендовано использовать *A. nodosum* и *F. vesiculosus* при составлении рецептур кулинарных изделий (салатов), полуфабрикатов или других блюд с различными компонентами в ассортименте. Разработаны проекты технической документации ТУ и ТИ на производство бурых водорослей порядка Fucales, консервированных хлоридом натрия.

УДК 639.2; 639.2.06; 004.414.23

Проектирование 3D-модели катамарана на основе лодки Wyatboat – 430

Е.И. Сергеев, А.А. Недоступ

ФГБОУ ВО «КГТУ», г. Калининград
e-mail: nedostup@klgtu.ru

Создание цифровой 3D-модели занимает довольно много времени в зависимости от сложности и типа модели. Под типами модели понимается следующее:

– инженерные модели. Используются только в технических программах, где можно проводить виртуальные опыты с моделью и отправлять их на 3D-печать. Например, программа Fusion 360 позволяет проводить опыты на динамические нагрузки, нагрузки под давлением, анализ прочности т.п.;

– игровые модели. Они применяются в играх и симуляторах, а также в фильмах и рекламе. Для научно-исследовательской деятельности данные модели нужны для симуляций, где можно отправлять на имитационные опыты или специальные симуляторы. Например, существуют симуляторы для подготовки судоводителей. Такие симуляторы по своей сути являются играми и для них требуются специальные игровые модели, которые создаются по другой методике. Далее будет описано более подробно.

Все трехмерные модели – цифровые представления объектов или сцен в трехмерном пространстве, состоящие из точек (вершин), линий (ребер) и полигонов, которые определяют их форму, размеры и положение:

– low poly – низкополигональная модель, т.е. модель, содержащая небольшое количество плоскостей. Она часто применяется в показательных симуляторах, так как данная модель не сильно загружает компьютер для обработки информации и показа результатов.

– mid poly – среднеполигональная модель, т.е. модель со средним уровнем детализации, представляющая собой компромисс между высокодетализированными (high poly) и оптимизированными низкополигональными (low poly) моделями. Эти модели, несмотря на большее количество плоскостей, облегчают нагрузку в плане визуального аспекта, а именно текстур. Под текстурой понимают картинку, содержащую информацию о цвете, шероховатости, металла, выпуклостей и т.д., которые накладываются на модель.

– high poly – высокополигональная модель, т.е. модель, имеющая большое количество плоскостей. Данные модели часто используют для запекания (далее будет описан процесс) текстур или же проведения опытов в специальных инженерных программах, которые могут рассчитать такие модели и получить точный результат опыта.

Перед началом создания модели необходимо подготовить «references». Под «references» понимается сбор картинок об объекте, информация о габаритах и точные чертежи при их наличии.

После сбора можно приступать к созданию модели в специализированной программе Blender (Blender Foundation, Netherlands). Данная программа одна из

лидирующих на рынке и широко применяемая для 3D-моделирования как для творческих, так и для технических задач, благодаря широкому спектру функций.

После созданной геометрии 3D-модель можно отправлять на проведение некоторых опытов, например на проверку гидродинамических характеристик, так как такой геометрии будет достаточно. Однако для других опытов, например для расчета прочности, необходимо увеличить количество плоскостей и привести к виду hp poly модели.

Если применять модель для симуляторов, то на созданной геометрии работа не заканчивается. Далее необходимо подготовить UV-развертку. Под UV-разверткой имеется ввиду создание плоского 2D-шаблона из поверхности 3D-модели для того, чтобы можно было наложить на модель текстуру и материал.

Созданная модель экспортируется в специализированную программу Substance Painter (Adobe, United States of America), где проводится процесс запекания и покраски модели. Процесс запекания представляет собой перенос информации из сложной модели (например, hp poly) в двухмерное изображение, которое используется уже на low poly версию. Такой метод позволяет сохранить детализацию, при этом уменьшая нагрузку на сам симулятор. А для mid poly подобный метод в основном не применяется, так как модели достаточно гладкие, но бывают исключения.

После запекания в этой же программе выполняется покраска модели. Покраска – процесс создания текстур и материалов для 3D-моделей в реальном времени с использованием кисти, текстуры и смарт-материалов для нанесения цветов и деталей прямо на объект.

В результате мы получаем готовую 3D-модель катамарана, состоящего из двух лодок типа Wyatboat – 430, которая соответствует чертежам и размеру оригинального катамарана. Готовую модель можно использовать для симуляторов, проведения опытов и 3D-печати, чтобы в дальнейшем полученные результаты с симуляторов и распечатанную модель применять в различных исследованиях.

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «КГТУ» в рамках выполнения государственного задания Росрыболовства по теме «Разработка беспроводной системы контроля параметров трала с элементами искусственного интеллекта «Автотрал».

УДК 331.108:639.2/.3

Роль молодежи и экосистемного подхода в развитии человеческого капитала рыбохозяйственного комплекса России

Е.Н. Серомаха

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
e-mail: seromakha@vniro.ru

Рыбохозяйственный комплекс России находится на переломном этапе своего развития. Цифровая трансформация отрасли, необходимость импортозамещения и перехода к устойчивому развитию требуют качественно нового человеческого капитала. Однако текущая ситуация с кадровым обеспечением характеризуется как системный кризис, угрожающий дальнейшему развитию отрасли. Согласно данным Росстата за 2023 г., средний возраст работников приближается к 50 годам, а ежегодная естественная убыль кадров составляет 8–10 %. Особенно остро стоит проблема дефицита плавсостава, который оценивается в 15 тысяч человек.

Образовательная система не успевает за потребностями цифровизирующейся отрасли. Исследование Россельхозбанка (2024 г.) показывает, что 78 % вакансий требуют опыта работы на современном оборудовании, при этом 65 % выпускников не обладают необходимыми цифровыми навыками. Логичным следствием этого становится тот факт, что 45 % выпускников не трудоустраиваются в отрасли.

Региональные диспропорции усугубляют кадровые проблемы. 85 % работников отрасли сосредоточены в десяти приморских регионах, при этом плотность специалистов на Дальнем Востоке составляет лишь 0,7 человека на километр побережья (для сравнения: в Норвегии – 4,3 человека). Более 70 % выпускников покидают свои регионы после обучения, что создает порочный круг регионального развития.

Низкая стартовая зарплата (35–45 тыс. руб.) существенно снижает привлекательность отрасли для молодых кадров. Высокая стоимость жилья в портовых городах (120–150 тыс. руб. за 1 м^2) делает практически недоступным приобретение жилья для молодых специалистов. Социальная инфраструктура в приморских регионах развита недостаточно. Обеспеченность детскими садами составляет около 65 %, что создает трудности для молодых семей. Доступность медицинских услуг ограничена – всего 3,5 койки на тысячу населения в портовых регионах.

Дополнительными барьерами являются недостаточная информированность молодежи о карьерных перспективах в отрасли, а также тяжелые и зачастую опасные условия труда.

При этом молодые специалисты часто обладают уникальными компетенциями, особенно востребованными в условиях трансформации отрасли. Цифровая грамотность позволяет им быстрее осваивать и внедрять современные технологии управления флотом и производства. Гибкость мышления и восприимчивость к инновациям стимулируют развитие новых подходов к организации производственных процессов. Современные управленческие навыки способствуют улучшению системы мотивации персонала и выстраиванию эффективных бизнес-процессов.

Примеры успешных молодых предпринимателей, таких как основатели Microsoft и ВКонтакте, демонстрируют потенциал молодежи в трансформации целых отраслей. Молодежь должна играть ключевую роль в трансформации рыбной отрасли России. Ее энергия и амбиции представляют собой ценный ресурс для преодоления инерции и консерватизма, свойственных такой традиционной отрасли, как рыбная.

Вместе с тем решение комплекса сложных и взаимосвязанных проблем требует применения экосистемного подхода. Создание целостной экосистемы развития человеческого капитала предполагает тесное взаимодействие пяти ключевых элементов:

1. Образовательные учреждения обеспечивают необходимые знания и подготовку кадров с практической ориентацией на отраслевые требования;

2. Бизнес-предприятия создают реальные условия для стажировок, профессионального роста и внедрения инноваций;

3. Научные организации разрабатывают новые технологии и методики, взаимодействуя с учебными и производственными структурами;

4. Государственные институты регулируют отрасль, финансируют кадровые проекты и создают нормативно-правовую базу;

5. Все эти организации, а также общественные объединения поддерживают социальное развитие, формируют общественное мнение и содействуют интеграции молодежи в отрасль.

Только такой комплексный подход может обеспечить синергетический эффект.

В последнее время рыбная отрасль демонстрирует примеры реализации экосистемного подхода. Мастер-класс «5х5. Смотрим за горизонт!», инициированный ВНИРО в рамках Международного рыбопромышленного форума в 2022 г., стал новой для рыбохозяйственного комплекса (РХК) формой представления инновационных проектов студентов университетов Росрыболовства. Пять победителей университетских конкурсов защищают их перед пятью лидерами отрасли в режиме прямого диалога. В результате часть проектов получила практическую реализацию на предприятиях РХК.

Для решения кадровых проблем предлагается дорожная карта мероприятий, рассчитанная на 2024–2027 гг.

В 2024 г. началось внедрение федеральных программ поддержки, направленных на создание дополнительных рабочих мест и повышение социальной защищенности молодых специалистов.

2025 г. – планирование создания цифровых платформ – онлайн-сервисов для карьерного развития и профессионального обучения с интеграцией рекомендаций экспертов отрасли.

В 2026 г. предполагается внедрение системы грантов для стартапов и научных исследований.

Завершающим этапом в 2027 г. станет развитие социальной инфраструктуры с созданием проектов строительства и модернизация жилых комплексов, объектов здравоохранения и культурного досуга для повышения качества жизни специалистов отрасли.

Экосистемный подход и комплексные меры государственной поддержки обеспечат устойчивый рост человеческого капитала и глобальную конкурентоспо-

собность российского рыбохозяйственного комплекса. Реализация предложенных мер требует консолидации усилий образовательных учреждений, бизнес-предприятий, научных организаций, государственных институтов и общественных объединений.

Только совместными усилиями всех стейкхолдеров можно преодолеть текущий системный кризис кадрового потенциала и обеспечить устойчивое развитие отрасли на десятилетия вперед.

УДК 575.17

Генетические характеристики европейской горбуши четных и нечетных лет нереста: сходства и различия

В.А. Сошнина[1], Д.А. Зеленина[1], И.И. Гордеев[1,2], Н.С. Мюге[1,3]

[1]ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
[2]ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова», г. Москва
[3]Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, г. Москва
e-mail: valnestle@yandex.ru

Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum), нативный ареал которой расположен в Северной Пацифике, является ценным объектом рыболовства. Характерная особенность горбуши – двухлетний жизненный цикл, благодаря которому популяция разделяется на две аллохронных линии, одна из которых нерестится в четные годы, а другая – в нечетные. Длительный период репродуктивной изоляции способствовал независимой эволюции этих линий и привел к различиям между ними по морфологическим, экологическим и генетическим признакам.

Эксперимент по интродукции горбуши в моря европейской части Арктики начался в 1956 г. В качестве донорского материала на первом этапе была использована оплодотворенная икра горбуши с Южного Сахалина. Несмотря на продолжающиеся в течение ряда лет перевозки икры, наблюдалось быстрое сокращение численности интродуцированной популяции.

Второй этап интродукции начался в 1985 г., на этот раз икра была взята у рыб из северной части естественного ареала *O. gorbuscha*, а именно из реки Ола (Магаданская область). Единичный перенос небольшой партии икры нечетной линии инициировал процесс естественного воспроизводства горбуши в новом ареале. К 1989 г. в реках Кольского п-ова был отмечен значительный нерестовый ход горбуши, а к 1993 г. вылов достиг примерно 176 тыс. особей общей массой около 210 т. В случае линии четных лет нереста наблюдается противоположная картина: несмотря на неоднократные попытки интродукции, предпринятые в 1984, 1986, 1996 и 1998 гг., происходит резкое снижение объемов нерестовых подходов «четной» горбуши в последующие годы.

В целях оценки генетических изменений горбуши в интродуцированном ареале проведен ряд сравнительных исследований генетического полиморфизма: между нативными и интродуцированными популяциями для четной и нечетной линии горбуши; между различными регионами в интродуцированном ареале (только для нечетной горбуши); между горбушей четных и нечетных лет нереста в интродуцированном ареале.

Для анализа было использовано 635 образцов тканей горбуши: 411 шт. от особей нечетной линии и 224 шт. от особей четной. Материал был собран в нерестовый период в реках бассейнов Белого, Баренцева, Карского и Северного морей, а также в реках Ола и Тауй бассейна Охотского моря. В качестве биологического материала использовали кусочки ткани плавника, фиксированные в этаноле 96 % и хранившиеся при температуре −20 °С.

Молекулярно-генетический анализ основан на секвенировании митохондриального гена цитохрома b (cytb). Полученные фрагменты имели длину 1141 п.н.; для возможности сопоставления их с ранее опубликованными данными все последовательности были приведены к общей длине 1018 п.н.

По результатам анализа фрагмента гена cytb был выявлен 31 гаплотип. Для нечетной линии было зафиксировано 15 гаплотипов, для четной – 26 гаплотипов, при этом лишь десять были общими для обеих линий.

При детальном сравнении природных и интродуцированных популяций в каждой из линий было выявлено, что для горбуши нечетных лет нереста в популяциях нативного ареала встречаются 15 гаплотипов, тогда как после интродукции количество гаплотипов уменьшилось до 8, из которых 2 (A1-13 и B1-15), крайне редкие в природной популяции, стали доминирующими после интродукции. Значения попарных Φ_{ST}, результаты вероятностного теста, основанного на точном критерии Фишера, и AMOVA показывают достоверные различия между природными и интродуцированными популяциями горбуши нечетных лет нереста.

Для чётной линии горбуши всего было выявлено 26 гаплотипов, из которых в Атлантико-Арктическом бассейне встречаются 14. Однако, в отличие от нечетной линии горбуши, все три статистических подхода – попарный Φ_{ST}, вероятностный тест Фишера и AMOVA – не выявили значимых различий между выборками как внутри тихоокеанской группы, так и между популяциями Атлантического и Тихоокеанского бассейна.

В обеих линиях интродуцированной горбуши был обнаружен гаплотип OG-B1-59, не встретившийся при анализе по всему нативному ареалу. Возможным объяснением этому может служить либо то, что этот гаплотип был завезен в качестве редкого варианта при интродукции, либо то, что он мог образоваться уже в новом ареале. Гаплотип OG-B1-59 был обнаружен у четырех производителей четного года из Белого моря. Независимое появление этого гаплотипа, уникального для интродуцированного ареала, маловероятно для обеих линий сразу. Следовательно, его наличие предполагает возможный обмен генетическим материалом между линиями. Сообщения о единичных поимках трехлетних производителей в нативном ареале дают основания предположить возможность такого обмена.

При сравнении генетического разнообразия между нативными и интродуцированными популяциями горбуши нечетных лет нереста обнаружены значимые различия. У четной линии горбуши переселение также снизило генетическое разнообразие из-за потери редких гаплотипов, однако частоты массовых гаплотипов остались практически неизменными. Эти отличия между четной и нечетной линиями интродуцированной горбуши можно объяснить двумя гипотезами. Во-первых, для нечетной горбуши интродукция проводилась однократно и количество «особей-основателей» было относительно невелико, что привело к низкому генетическому разнообразию в новой популяции. В случае же горбуши четных лет нереста вселения производились неоднократно, что значительно увеличило исходное разнообразие. Во-вторых, в пуле перевезенной икры горбуши именно нечетных лет нереста могли присутствовать некоторые аллельные варианты, получившие преимущество при адаптации в новой среде обитания.

УДК 551.524.3

Взаимодействие моря и атмосферы: влияние теплообмена и адвекции на климатические условия Баренцева моря

А.А. Сумкина[1], В.В. Иванов[2,3], К.К. Кивва[1]

[1]ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
[2]ФГАОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова», г. Москва
[3]ГНЦ РФ ФГБУ «ААНИИ», г. Санкт-Петербург
e-mail: sumkina@vniro.ru

Баренцево море, расположенное в западной части евразийского шельфа, в последние 10-летия испытывает значительные климатические изменения, связанные с резким потеплением в Арктике. Наибольший рост температуры наблюдается в северной части моря, что сопровождается трансформацией атмосферных условий, сокращением ледового покрова и изменением термохалинной структуры вод. Ключевыми факторами, формирующими гидрологические и ледовые условия моря, являются теплообмен на границе «море-атмосфера» и адвективный перенос тепла и солености из Атлантики. В данной работе выполнена количественная оценка относительного вклада этих процессов в изменение средней температуры вод Баренцева моря, включая учет теплозатрат на таяние морского льда. Полученные результаты позволяют лучше понять механизмы современных климатических изменений в Баренцевом море и их влияние на морские экосистемы.

В исследовании термического режима моря использован комплексный подход, сочетающий анализ теплового баланса поверхности и адвективного переноса тепла. Тепловой баланс морской поверхности рассчитан по данным атмосферного реанализа ERA-5 (горизонтальное разрешение 0,25×0,25°, временной шаг 1 ч) как сумма четырех компонентов: потоков коротковолновой и длинноволновой радиации, явного и скрытого тепла. Суточные осредненные значения теплового баланса сглаживались 30-дневным скользящим средним.

Параллельно выполнена оценка адвективного переноса тепла через границы моря на основе суточных данных реанализа GLORYS12V1 за 1993-2018 гг. Расчет теплового потока (DH, Вт) проводили интегрированием по площади разреза произведения следующих параметров: аномалии температуры воды относительно фонового значения (T(z)-Tref), скорости течения, плотности воды и удельной теплоемкости. Совместный анализ полученных массивов данных о поверхностном теплообмене и адвективном переносе позволил количественно оценить относительный вклад этих процессов в формирование термического режима Баренцева моря и их роль в наблюдаемых климатических изменениях региона.

Среднегодовой тепловой баланс на поверхности Баренцева моря варьирует от −5 до −10 ТВт при многолетнем среднем значении –7,2 ТВт. Это означает, что ежегодно море теряет около 7,2 ТВт тепла за счет теплообмена на границе с атмосферой. Однако адвективный тепловой баланс моря значительно выше: его среднее значение составляет 20,7 ТВт, но наблюдается снижение на 0,9 ТВт за 5-летний период. Таким образом, приток тепла за счет адвекции преобладает над его потерей через поверхность. Избыточное поступление тепла привело к

повышению температуры воды в Баренцевом море с 1993 по 2018 г. со скоростью 0,28 °С в год (с учетом затрат тепла на таяние льда). Эти изменения могут вызвать переход от холодных стратифицированных водных масс к более теплым и хорошо перемешанным. В заключение можно сделать вывод, что предложенная гипотеза о компенсации теплопотерь с поверхности моря адвективным потоком тепла справедлива и количественно подтверждается расчетами на простой боксовой модели (с точностью до порядка величины) по данным атмосферного и океанского реанализов.

УДК 597.442

Особенности картины крови при повторном созревании зрелых самок бестера

Н.Ю. Терпугова, А.С. Сафронов, К.В. Суховер, В.В. Попов

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
e-mail: terpugova@vniro.ru

В биологии рыб особенности кроветворения, состав и количество форменных элементов крови имеют значительное влияние на репродукцию производителей и выживаемость потомства. В связи с этим при выращивании рыб в аквакультуре необходимо учитывать показатели крови, способные служить индикаторами физиологического состояния и жизнеспособности особей. Существуют несколько факторов, влияющих на выживаемость икры и личинок. В первую очередь, это аспекты, связанные со здоровьем и состоянием самок. Согласно литературным данным, состояние здоровья, оптимальные условия выращивания и гормональный фон оказывают существенное влияние на продолжительность межнерестового интервала и репродуктивную активность рыб.

Целью работы является определение взаимосвязи между гематологическими показателями самок осетровых рыб (на примере бестера) и выживаемостью их потомства.

В качестве объектов исследования использовали половозрелых самок бестера породы «Бурцевская» (гибрид белуги и стерляди пятого поколения селекции) (Патент № 1137 от 13.11.2001) в количестве 8 экз. Все самки были одного возраста – 12+, созревали повторно с межнерестовым интервалом 1 год (4 экз.) и 2–3 года (по 2 экз. каждого). Отбор проб крови у рыб осуществляли прижизненно из хвостовой вены с использованием одноразовых шприцев дважды: в начале нагульного периода весной 2024 г. и перед созреванием осенью 2024 г. Средняя масса самок составляла 7,2 ± 2,1 кг в начале нагульного периода и 8,22 ± 0,75 кг – перед созреванием. Концентрацию гемоглобина в крови рыб определяли гемоглобинцианидным методом на приборе «МиниГЕМ-540». Мазки крови фиксировали по Май-Грюнвальду и докрашивали краской Романовского (способ Паппенгейма). На каждом мазке просматривали 1000 эритроцитов и 100 лейкоцитов. Всего проанализировано 16 препаратов и 17600 клеток, руководствуясь атласами форменных элементов крови рыб. Микроскопические исследования клеток крови проводили с помощью микроскопа Olympus BX45, фотофиксацию – цифровой видеокамерой Olympus DP25. Сопоставление выживаемости потомства самок (доля развивающихся эмбрионов на стадиях 19–21 и доля выживших личинок после выдерживания с гематологическими показателями) осуществляли с вычислением коэффициента корреляции Пирсона (r).

Результаты исследований показали, что самки с более коротким межнерестовым интервалом (1 год) имеют значительно меньшую выживаемость икры (менее 50 % на стадии нейрулы) и личинок (менее 30 % после выдерживания) по сравнению с самками, у которых он составляет более 1 года. Кроме того, у первых чаще уменьшается выживаемость эмбрионов и личинок от начального к следующему

созреванию, чем у самок с межнерестовым интервалом, составляющим несколько лет (r=0,93 между величиной такового интервала и изменением выживаемости икры на стадиях 19–21 от первого к последующему нересту и r=0,5, соответственно, между величиной межнерестового интервала и изменением выживаемости личинок от первого к последующему нересту). Обусловлено это тем, что более частый нерест приводит к недостаточному питанию созревающих яйцеклеток, а также к большему влиянию стресса, полученного самками в результате прижизненного изъятия икры.

Гемоглобин – белок, который отвечает за транспортировку кислорода в организме и играет важную роль в обеспечении тканей кислородом. В среднем у самок концентрация гемоглобина в крови перед созреванием была ниже (109,22 ± 12,9 г/л), чем в начале нагульного периода (126,5 ± 11,1 г/л). Однако у отдельных самок она увеличилась, и выживаемость эмбрионов у них выше. Сравнительный анализ показал, что у самок снижение уровня гемоглобина в крови в нагульный период коррелирует со снижением выживаемости икры в эмбриональный период (r=0,54). Вероятно, более высокий уровень гемоглобина в крови у самок может способствовать улучшению снабжения формирующихся ооцитов кислородом.

Проведенные гематологические исследования выявили взаимосвязь уровня лейкоцитов в крови с кратностью созревания самок бестера: чем меньше количество лейкоцитов в крови самок в нагульный период, тем большее количество раз созревала рыба (r=0,79). Самки бестера, которые продуцировали несколько генераций ооцитов, имеют более низкий уровень лейкоцитов, что может свидетельствовать об устоявшемся иммунном ответе и адаптации к условиям окружающей среды. Повышенное содержание лейкоцитов в крови, возможно, указывает на наличие воспалительных процессов или инфекций, что, в свою очередь, негативно влияет на процессы созревания и размножения. Процесс созревания включает в себя не только развитие икры, но и гормональные изменения, которые могут быть связаны с уровнем иммунного ответа организма.

Исследования показали, что содержание эозинофилов в крови самок рыб обратно пропорционально количеству нерестов, в которых они участвовали. Это означает, что чем меньше у самки было созреваний, тем выше уровень эозинофилов в крови.

Возможная причина этой взаимосвязи в том, что каждое успешное созревание очередной генерации ооцитов сопровождается значительным истощением ресурсов организма и в ответ на такое напряжение может возникать воспалительная реакция, ведущая к увеличению уровня этих клеток. Кроме того, изменения уровня эозинофилов могут быть связаны с гормональными изменениями, накоплением стресса или повышенной иммунной нагрузкой у рыб.

В ходе исследований установили, что в нагульный период высокий уровень моноцитов у самок бестера положительно коррелирует с выживаемостью личинок будущего потомства (r=0,65). Высокий уровень моноцитов, являясь индикатором активной иммунной функции, может способствовать воспроизводству более жизнеспособных личинок в дальнейшем благодаря более эффективной защите организма самки от различных патогенов и стрессовых факторов. Однако у созревающих самок наблюдается обратная зависимость – снижение уровня моноцитов, также связанное с увеличением выживаемости личинок, полученных по итогам последующего нереста (r=0,6). Вероятно, в этот период организм самок сконцен-

трирован на минимизации стрессовой нагрузки и оптимизации ресурсов, необходимых для успешного размножения. Высокий уровень моноцитов в этом случае указывает на повышенную нагрузку на организм, что потенциально ослабляет общее состояние здоровья самок и снижает ее репродуктивную эффективность. Таким образом, снижение уровня моноцитов перед созреванием самок может свидетельствовать о более успешной адаптации и восстановлении организма, что способствует улучшению состояния рыб и, следовательно, повышению выживаемости потомства. Скорее всего, это связано с компенсаторными механизмами иммунной системы, которые регулируют стрессовую нагрузку и поддерживают баланс между иммунной активностью и репродуктивной функцией.

Состояние иммунной системы самки в период нагульного цикла влияет на выживаемость потомства. Известно, что более высокая концентрация лимфоцитов указывает на способность самки справляться с возможными патогенными микроорганизмами, увеличивая шансы на успешное развитие личинок в первую критическую неделю жизни. Проведенные исследования показали, что у самок бестера увеличение уровня лимфоцитов в нагульный период коррелируется с увеличением выживаемости личинок до начала активного питания ($r=0,54$). Также с увеличением продолжительности межнерестового интервала наблюдается рост уровня лимфоцитов в крови самок ($r=0,7$). Положительная корреляция между длительностью межнерестового интервала и уровнем лимфоцитов указывает на то, что самки с более длинным перерывом между нерестами способны лучше справляться со стрессом, это позволяет им производить более качественную икру с высоким уровнем выживания.

Таким образом, получены определенные закономерности между картиной крови самок бестера и их репродуктивным потенциалом. Изменения в лейкоцитарной формуле и концентрации гемоглобина могут служить индикаторами состояния самок и потенциальной выживаемости их потомства.

УДК 578.824

Методы инактивации вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани радужной форели in vitro: обзор и перспективы для вакцинопрофилактики

Е.А. Тюрина-Кузьмина, С.А. Рудакова

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
e-mail: sonina@vniro.ru

Вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHNV) – очень распространенное и опасное заболевание у лососевых рыб, в том числе у радужной форели, приводящее к гибели рыбы и экономическому ущербу в аквакультуре. В настоящее время нет эффективных мер борьбы с IHNV, кроме профилактики и контроля, включая дезинфекционную обработку привозной икры. Единственный способ для ликвидации болезни в бассейне с рыбой – его полное опустошение и последующая дезинфекция. Поэтому программы вакцинации и предотвращения этого заболевания имеют большую актуальность.

Заболевшие рыбы проявляют вялость, аномальные спиральные движения при плавании, часто наблюдаются потемнение цвета кожи, экзофтальмия, бледные жабры, вздутое брюшко и слизистые фекальные тяжи из ануса, на внутренних органах заметны петехиальные кровоизлияния. Первая вспышка инфекционного некроза гемопоэтической ткани была зафиксирована в 1948 г. в США у нерки (*Oncorhynchus nerka*) на рыбоводном заводе на Аляске. С тех пор этот вирус распространился по миру вследствие активной торговли рыбой и икрой. В России впервые IHNV был обнаружен в 2000 г. у молоди радужной форели в рыбоводном хозяйстве в Московской области, позже в 2001 г. – у половозрелой нерки в бассейне р. Большая на Камчатке.

Вирус IHNV – оболочечный РНК-вирус, который относится к семейству Rhabdoviridae и роду Novirhabdovirus. Имеет вирион пулевидной формы размером 150–190 нм по длине и 65–75 нм по ширине. Геном состоит из 11000 нуклеотидов, которые кодируют 6 белков в следующем порядке: нуклеопротеин (N), фосфопротеин (P), матричный белок (M), гликопротеин (G), неструктурный белок (NV) и РНК-зависимую полимеразу (L).

Начиная с 1989 г. многие исследователи пытались разработать разные виды вакцин от IHN. Г. Энгелькинг и Д. Леонг в 1989 г. впервые выделили белок G, играющий ключевую роль во взаимодействии вируса с рецептором клетки-хозяина, который обеспечивает проникновение вируса через мембрану и запускает защитный иммунный ответ на IHNV. С тех пор белок G стал объектом детального изучения для создания ДНК-вакцины против этого вируса. Е. Андерсон в 1996 г. впервые создал ДНК-вакцину для радужной форели от IHNV. В 2017 г. Л. Сюй впервые опубликовал данные о пробной вакцинации радужной форели бивалентной ДНК-вакциной IHNV/IPNV на основе китайских изолятов. Эта вакцина дала положительные результаты, но вызвала кратковременную иммуногенность. В 2016 г. Р. Руксел провел попытку разработать живую аттенуированную вакцину, модифицируя белки N и G, что позволяло регулировать взаимосвязь между

процессом аттенуации и иммуногенностью. На сегодняшний день существует единственная лицензированная ДНК-вакцина, одобренная в Канаде и США, с коммерческим названием Apex-IHN. Она предназначена для вакцинации крупной молоди перед ее пересадкой в соленую воду. Основные вспышки болезни с высокой смертностью происходят в пресноводный период выращивания от момента перехода личинок к активному плаванию и до 2–3-месячного возраста.

ДНК-вакцины обладают значительными преимуществами, такими как высокая масштабируемость производства и более низкая стоимость по сравнению с белковыми. Однако они пригодны к применению лишь при пероральном или внутримышечном введении рыбам от 50 г. Для глобального решения проблемы защиты от заражения IHNV более эффективен метод погружения. Он прост и подходит для массовой вакцинации мелкой молоди. Таким образом, в нашей работе мы ориентировались на предпочтительное изучение инактивированных вакцин, так как они считаются высокобезопасными с большим количеством антигена, стабильными и доступными для производства, а также пригодными для вакцинации методом погружения. Такие вакцины, разрушая вирулентность вируса химическими или физическими методами, сохраняют иммуногенность. Правильно выбранный инактиватор должен разрушать вирусные частицы, однако капсидные белки должны остаться сохранными для распознавания иммунной системой, чтобы сформировался иммунный ответ. Поэтому важным моментом при разработке вакцины является выбор инактиванта.

Из анализа изученных статей следует, что инактивацию вируса можно проводить химическими (формалин, β-пропиолактон, йодинол, димер этиленимина) и физическими (УФ-облучение или нагревание) методами. Формалин является одним из распространенных и эффективных агентов для инактивации IHNV. Считается, что вакцины на основе вируса, инактивированного формалином, обеспечивают наилучшую защиту радужной форели. Некоторые исследования свидетельствуют о более низком уровне выживаемости рыб при иммунизации формалин-инактивированными вакцинами по сравнению с β-пропиолактонными вакцинами. Однако β-пропиолактон считается канцерогеном для человека, согласно данным МАИР (Международному агентству по изучению рака).

В 1985 г. Т. Нишимура впервые успешно провел внутрибрюшную вакцинацию мальков радужной форели инактивированной формалином вакциной против IHNV. Лучшие результаты показала инактивация вируса 0,2 % раствором формалина в течении 6 дней при 4 °С. Полученный инактивированный вирус вводили рыбе, а через 21 день проводили контрольное внутрибрюшинное заражение рыбы живым вирусом, оценивая иммунный ответ по показателям выживаемости. Вследствие заражения рыбы наблюдалась частичная гибель. Однако снижение смертности рыбы прекратилось через неделю после вакцинации при температуре 5,2 °С и стабилизировалась до 56-х суток при 5,4 °С, до 70-х суток при 11,5 °С. Вакцинация методом погружения дала неудачные результаты.

В 2008 г. Е. Андерсон и С. Клутье провели эксперименты по вакцинации радужной форели вакцинами, инактивированными тремя различными инактиваторами (2,7 мМ β-пропиолактоном (BPL), 1,5 мМ бинарным этиленимином (BEI) и 50 мМ формальдегидом). Во всех случаях активность вируса подавлялась через 48 ч. При этом наиболее высокую эффективность показала вакцина, инактивированная BPL. Даже через 56 дней после иммунизации она вызывала стойкий

иммунный ответ. Инактивированная формальдегидом вакцина была эффективна до 11-х суток после вакцинации, позже она показывала нестабильные результаты. Этими же учеными проверено, что вирулентность вируса снижалась при нагревании до 50 и 100 °С, однако иммунный ответ на такую вакцину не был получен.

Исследования по разработке вакцины против IHNV продолжили в 2016 г. Л. Танг и Х. Канг. Они показали, что при использовании BEI полная инактивация вируса и снижение титра до нуля происходили при конечных концентрациях 0,01, 0,02 и 0,04 % в течение 96, 48 и 48 ч соответственно при 32 °С. BPL в конечных концентрациях 0,0025, 0,005 и 0,01 % снижал значение титра до нуля в течение 72, 48 и 24 ч соответственно при температуре 6 °С. Формальдегид в конечной концентрации 0,2 % при температуре 25 °С устранил активность вируса IHN в течение 24 ч, затем для прекращения инактивации добавляли пиросульфит натрия в конечной концентрации 0,05 %, но при вакцинации BPL-инактивированной вакциной происходила наибольшая выработка антител IgM по сравнению с формальдегидом и BEI, а также она требовала меньших доз для нейтрализации IHNV.

Нами в результате проведенных испытаний в 2025 г. была получена авирулентная суспензия вируса IHN при конечной концентрации инактиванта формалина 0,007–0,01 % от общего объема вирусной суспензии через 16–24 ч при температуре 15 °С.

Йодинол и физические методы инактивации, такие как УФ и нагревание, применяются в первую очередь для дезинфекции и инактивации вирусов вне организма или при обработке внешней флоры, а формалин и другие химические методы являются более предпочтительными для получения инактивированных вирусных вакцин.

Так как в России производственной вакцинацией рыб против IHNV никто не занимается, мы рассматривали в качестве примера методы инактивации других вирусов в уже действующих и эффективных вакцинах для животных.

Например, другой представитель РНК-вирусов семейства Rhabdoviridae, поражающий животных, это вирус бешенства. Во внешней среде он быстро инактивируется под действием солнечного света, УФ-лучей и высокой температуры. Так, при температуре 56 °С вирус инактивируется через 15 минут, при 60 °С – через 5 минут, при 80–100 °С – за 1–2 минуты. При 0 °С вирус сохраняется в течение нескольких недель. Согласно патенту RU № 2134590 от 1999 г., в качестве инактиванта был использован димер этиленимина (ДЭИ) в концентрации 0,2–0,3 % при инкубации 20–24 ч при 35–37 °С. Иммуногенность данной вакцины была подтверждена в течение 12 месяцев при 4–8 °С положительным результатом.

Другой патент RU594771C гласит, что вирус ящура инактивировали водным раствором в фосфатном буферном растворе димер этиленимина (ДЭИ) в конечной концентрации 1 % от общего объема при pH 7,0–7,6 и температуре 25–26 °С в течение 6–24 ч. Остаток ДЭИ после инактивации нейтрализовали раствором тиосульфата натрия в концентрации 15 мл/л объема вирусной суспензии с доведением pH до 7,0–7,3 раствором соляной кислоты. Такой способ обеспечивал эффективную инактивацию вируса с сохранением иммуногенности препарата и увеличением срока годности вакцины.

Согласно литературным источникам, для инактивации вируса Нипах, относящегося к роду Henipavirus семейства Paramyxoviridae, были успешно применены физические методы. Авирулентность вируса была достигнута совместным

использованием УФ-облучения при помощи трансиллюминатора в течение 30 минут (длина волны 312 нм, выходная мощность 2,5 мВт/см^2) и последующим нагреванием при температуре 56 °C в течение 30 минут в водяной бане. Для обеспечения воздействие УФ-излучения на всю поверхность пробирок с образцами их покрывали алюминиевой фольгой, отражающую УФ-излучение.

При производстве человеческой вакцины против гриппа УФ-облучение не всегда давало воспроизводимый результат, поскольку в случае высокоагрегированных вирусных концентратов не все вирусные частицы подвергались действию облучения. Соответственно средство обладало повышенным риском реактогенности у вакцинированных людей, а также опасностью остаточной инфекционности в готовой лекарственной форме вакцины.

В данном литературном обзоре мы рассмотрели различные пути инактивации вируса IHNV для дальнейшей разработки инактивированной вакцины против этого вируса. Показано, что вакцинация формалин-инактивированной вакциной может обеспечивать значительную защиту в течение нескольких месяцев после вакцинации. Формалин остается широко используемым и экономически эффективным средством для создания вакцин. На сегодняшний момент в России вакцинация рыб против IHNV не проводится. Вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани наносит значительный ущерб рыбоводству, средств лечения нет, а вакцинация позволит сократить гибель молоди от болезни.

УДК 639.2.081

Экспериментальные исследования по определению гидродинамического сопротивления орудий лова различной формы

В.И. Ухин, А.С. Шаратов

ФГБОУ ВО «КГМТУ», г. Керчь
e-mail: invkerch@yandex.ru

В современных условиях развития рыбохозяйственного комплекса России особую актуальность приобретает задача повышения эффективности добычи водных биоресурсов. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации до 2030 г. ставит перед отраслью амбициозные цели по обеспечению продовольственной безопасности страны. Ключевым аспектом достижения таковых является увеличение среднедушевого потребления рыбы и повышение доли отечественной продукции в сфере питания.

Одним из основных факторов, ограничивающих доступность рыбы для населения, является низкая эффективность использования энергетических ресурсов в процессе добычи. Значительные затраты мощности энергетических установок на буксировку активных орудий лова создают существенные экономические барьеры для конечного покупателя. В связи с этим возникает острая необходимость в совершенствовании конструкций орудий лова и разработке методов управления или снижения их гидродинамического сопротивления при буксировке.

Цель данного исследования заключается в определении гидродинамического сопротивления орудий лова при реализации динамического изменения их формы.

Оценка гидродинамических сил, действующих на орудия лова, базируется на фундаментальных принципах гидродинамики. Величина гидродинамического сопротивления тела определяется двумя основными факторами: интенсивностью вихре- и волнообразования вокруг тела и свойствами самой жидкости. Гидростатические силы, возникающие в результате плавучести и погружающего действия элементов оснастки, определяют положение орудия лова в толще воды.

Силы трения между поверхностью орудия и водой создают дополнительное сопротивление движению. Особого внимания заслуживают гидродинамические силы, включающие силы сопротивления, подъемные и распорные. Их возникновение обусловлено особенностями обтекания тел, буксируемых в воде, или неподвижных тел, на которые воздействует течение.

При экспериментальных исследованиях моделей орудий лова используются элементы различной геометрической формы, каждая из которых обладает уникальными характеристиками сопротивления потоку воды.

Сферические элементы оснастки, такие как траловые кухтыли и дрифтерные буи, демонстрируют специфические закономерности сопротивления. Расчет силы сопротивления для сферических тел проводится с учетом гидродинамического коэффициента, плотности жидкости, скорости движения и характерной площади тела.

Пластинчатые элементы, представленные траловыми распорными досками и подъемными щитками, создают сложный комплекс гидродинамических сил. При

их движении в воде формируются силы лобового сопротивления, подъемные (или распорные) и боковые.

Цилиндрические формы, применяемые в качестве поплавков и грузил, демонстрируют особые закономерности сопротивления. Гидродинамические характеристики таких элементов зависят от формы сечения, числа Рейнольдса, удлинения и угла атаки.

Экспериментальные исследования осуществляли в специально оборудованном гидродинамическом бассейне. Малый бассейн ФГБОУ ВО «КГМТУ» с размерами 10×1×1 м предоставляет необходимые условия для точных измерений.

Такие изучения требуют строгого соблюдения условий подобия между моделями и натурными объектами. Масштабный эффект, связанный с линейными размерами моделей и низкими числами Рейнольдса, существенно искажает результаты измерений. Особое внимание уделяется возможному влиянию стенок и дна бассейна на гидродинамическое сопротивление этих объектов. Геометрическое подобие достигается путем точного масштабирования всех элементов конструкции, кинематическое обеспечивается равенством чисел Фруда, а динамическое подобие определяется соответствием чисел Рейнольдса для модели и орудия лова.

Одним из перспективных направлений в этой области является внедрение струйных распорных устройств, способных значительно улучшить характеристики тралового лова. Как показывают выполненные исследования, «правильное» расположение пластинчатых элементов относительно вектора движения существенно влияет на эффективность работы орудия лова.

В ходе эксперимента установлена характерная зависимость гидродинамических сил от угла атаки устройства, выполнена оценка влияния параметров дополнительно подаваемой жидкости и скорости потока на эффективность работы струйных распорных устройств. Определены оптимальные параметры (давление, расход) струйной подачи дополнительной воды на элементы траловой доски для раскрытия входного отверстия трала.

Полученные в ходе эксперимента данные были сопоставлены с результатами прямого численного моделирования и использованы для уточнения математической модели и разработки рекомендации по эксплуатации струйных распорных устройств.

Проведенные исследования демонстрируют значительный потенциал для повышения эффективности рыболовства через оптимизацию конструкции и режимов работы орудий лова. Снижение гидродинамического сопротивления позволяет не только сократить эксплуатационные расходы, но и повысить экологическую безопасность промысла.

В дальнейшем запланировано провести серию экспериментов по оценке изменения гидродинамических параметров элементов орудий лова при дополнительном струйном обдуве воздухом. Управление гидродинамическими характеристиками элементов орудий лова позволит повысить энергоэффективность промысла.

УДК 639.4

Состояние и перспективы развития аквакультуры в Крыму

А.И. Федоренко

ФГБОУ ВО «КГМТУ», г. Керчь
e-mail:nastia.fedorenko.03@mail.ru

Аквакультура является одним из наиболее динамично развивающихся секторов мировой экономики, призванным компенсировать сокращающиеся уловы от промысловой добычи рыбы и удовлетворить растущий спрос на белковую продукцию. Для Российской Федерации, взявшей курс на импортозамещение и продовольственный суверенитет, развитие аквакультуры имеет стратегическое значение.

В настоящее время аквакультура воспринимается не только как способ удовлетворения потребностей в пище, но и как инструмент экономического развития, достижения различных социальных и экологических целей.

Республика Крым, обладающая уникальным географическим положением, протяженной береговой линией Черного и Азовского морей, а также ресурсами внутренних водоемов, обладает колоссальным, но еще не полностью раскрытым потенциалом для развития аквакультуры. Исторически полуостров был ориентирован на морской промысел, однако изменение правового статуса и экономических связей после 2014 г. потребовало пересмотра подходов к освоению водных биоресурсов. Исходя из этого развитие аквакультуры представляется наиболее логичным и перспективным направлением для устойчивого развития прибрежных территорий, создания новых рабочих мест и обеспечения населения высококачественной местной рыбной продукцией.

Анализ текущего состояния аквакультуры в Крыму позволил выявить системные проблемы и на основе этого сформулировать конкретные перспективы и рекомендации для устойчивого развития.

Аквакультурная продукция, производимая в Республике Крым, занимает значительную часть всероссийского рынка, что подтверждается данными Росрыболовства за 2025 г., согласно которым на полуостров приходится 60 % общего производства устриц и мидий в России.

В 2025 г. на полуострове было создано 55 новых участков для разведения аквакультурных видов, кроме 82 уже существующих. Более половины из этих участков предназначены для аквакультуры беспозвоночных.

Согласно официальной статистике, в Республике в 2025 г. вырастили 675 т устриц, что на 80 т больше, чем в прошлом году и 678 т мидий против 432 т в 2024 г.

Мидии в основном культивируются в Черноморском районе, особенно в бухтах Казачья и Стрелецкая в г. Севастополь и бухте Ласпи, а также в акватории пос. Кацивели. Устриц выращивают вдоль южного побережья Крыма и в зал. Донузлав. Важно отметить, что большая часть участков находится на западном берегу (можно предположить, что сдерживающим является вопрос неопределенности в правах собственности на водные объекты, находящихся на балансе Республики Крым.

Мидии и устрицы, будучи растительноядными, эффективно перерабатывают первичную продукцию, созданную растениями, и животные белки. Они питаются не только живыми микроводорослями, но и мертвым органическим веществом (детритом) с микроорганизмами.

Летом мидии получают необходимые белки и углеводы из микроводорослей, а осенью и зимой – из детрита. Короткая пищевая цепочка (растения – моллюски) минимизирует потери энергии при переработке пищи, позволяя на небольших фермерских площадях накапливать значительные запасы моллюсков, что приводит к высоким урожаям.

Несмотря на форсированное наращивание производства в крымской аквакультуре, полуостров сталкивается с рядом серьезных системных ограничений, к которым относятся:

1. Технологическая и инфраструктурная отсталость. Многие хозяйства используют устаревшее оборудование. Отсутствуют собственная кормовая база и посадочный материал (часто завозят из других регионов России).

2. Нормативно-правовые барьеры. В настоящее время процедура выделения водных акваторий для развития аквакультурных хозяйств остается сложной и длительной, многие собственники не хотят сталкиваться с оформлением земельных участков под береговую инфраструктуру.

3. Научное обеспечение. Данная проблема является наиболее выраженной, так как именно из-за нехватки научных исследований в сфере аквакультуры в 1970-х годах исчезла черноморская устрица. Сейчас естественное размножение этого моллюска в Черном море невозможно из-за утраты материнских популяций. На их месте начали выращивать гигантскую устрицу, акклиматизированную в начале 1980-х годов на аквафермах по настоящее время.

Тем не менее потенциал крымской аквакультуры огромен, существует несколько вариантов ее развития, с помощью которых можно решить все указанные проблемы, например:

– предложить применение современных коллекторных систем для выращивания моллюсков, такое нововведение позволит эффективно собирать, выращивать и обрабатывать моллюсков в естественной среде, а также ввести в работу автоматизированную систему мониторинга качества воды;

– совершенствовать законодательную базу в данной сфере; в развитии крымской аквакультуры это разработка целевой региональной программы, например, компенсация затрат на закупку оборудования и посадочного материала, а также упрощение административных процедур по предоставлению акваторий;

– также не стоит забывать, что Республика Крым располагает двумя водными акваториями (Черное и Азовское моря), что предполагает усиление прикладных научных исследований по адаптации технологий выращивания к специфике крымских акваторий, селекции и профилактике заболеваний.

Таким образом, аквакультура Крыма находится на грани между сложным настоящим и многообещающим будущим. Несмотря на объективные проблемы, такие как технологическое отставание и бюрократические преграды, полуостров имеет уникальные конкурентные преимущества для формирования высокопродуктивной и устойчивой отрасли.

УДК 664.951

Актуальные направления стандартизации пищевой рыбной продукции из икры рыб осетровых видов

Н.Н. Харченко

Волжско-Каспийский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»),
г. Астрахань
e-mail: kharchenkonn@kaspnirh.vniro.ru

По данным Международного союза охраны природы (МСОП), 85 % видов осетровых находятся под угрозой исчезновения. Такие страны, как США, Франция и Китай, инвестируют значительные средства в устойчивое развитие аквакультуры, способствуя конкуренции с традиционными производителями продукции из осетровых рыб в России и Иране.

Прогнозируется, что мировой рынок икры рыб осетровых видов будет увеличиваться на 7,2 % в год и к 2030 г. достигнет 500 млн дол., чему способствуют современные изменения в аквакультуре осетровых (селективное разведение, работы по криоконсервации, внедрение машинного интеллекта: алгоритмы отслеживания здоровья рыб, оптимизация и автоматизация графиков кормления, отслеживание качества воды, уровня содержания кислорода, температуры и солености воды в режиме реального времени, генетические исследования). Современные технологии переработки также способствуют повышению качества получаемой пищевой рыбной продукции, в том числе икры осетровых рыб.

Икра осетровых рыб относится к деликатесной продукции, отличается высокими вкусовыми и питательными свойствами, обладает полноценной композицией незаменимых аминокислот, содержит витамины, микроэлементы и другие вещества, ответственные за нормальную жизнедеятельность человека.

За последние годы в области переработки икры осетровых рыб произошли существенные перемены:

– расширение видов рыбы, направляемых в обработку, в том числе межвидовых гибридов осетровых, и увеличение объемов икры рыб семейства веслоносые (*Polyodontidae*);

– изменение технохимических характеристик сырья, направляемого в переработку (икра, полученная прижизненным методом, имеет IV стадию зрелости и требует дополнительных технологических подходов);

– модификация технологий переработки;

– расширение применяемых видов рыбы и способов упаковки;

– изменение требований качества и безопасности, предъявляемых к пищевой рыбной продукции из икры осетровых рыб.

Отмечаются также изменения в предпочтениях потребителей, которые в настоящее время выбирают пищевую рыбную продукцию с пониженным содержанием соли, минимальным количеством консервирующих веществ, расфасованную в мелкую потребительскую упаковку. Представители поколений Y (1981–1996 гг. рождения) и Z (1997–2012 гг. рождения) выбирают экологично полученные продукты питания: наличие на маркировке знаков «Эко», «БИО»,

«Органик» является для них дополнительным преимуществом при выборе продуктов.

Все вышеперечисленные особенности должны быть учтены при разработке нормативных документов, регламентирующих качество и безопасность икры осетровых рыб.

Целью данной работы являлся анализ действующих документов отраслевой стандартизации, устанавливающих требования к продукции из икры осетровых рыб на соответствие современному научно-техническому уровню.

В настоящее время для продукции из икры осетровых рыб действуют следующие нормативные документы:

– ГОСТ 7447-2017 «Икра зернистая осетровых рыб. Технические условия»;

– ГОСТ Р 55486-2013 «Икра зернистая осетровых рыб. Технические условия»;

– ГОСТ 7368-2013 «Икра паюсная осетровых рыб. Технические условия»;

– ГОСТ 32003-2014 «Икра ястычная осетровых видов рыб. Технические условия»;

– ГОСТ 6054-2004 «Икра зернистая осетровых рыб пастеризованная. Технические условия».

В результате анализа положений, приведенных в вышеуказанных нормативных документах, на соответствие требованиям технических регламентов ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» установлено:

– возможность применения в качестве сырья икры гибридов осетровых рыб в ГОСТ 6054-2004 «Икра зернистая осетровых рыб пастеризованная» не учтена;

– возможность изготовления продукции из икры рыб семейства веслоносые в наименовании документов не отражена;

– допуск применения консервирующих веществ в ГОСТ 7368-2013 «Икра паюсная осетровых рыб. Технические условия» и ГОСТ 32003-2014 «Икра ястычная осетровых видов рыб. Технические условия» не установлен;

– возможность применения в качестве сырья овулировавшей икры (V стадии зрелости), которая в настоящее время является основным источником сырья, в ГОСТ 7442- 2017 «Икра зернистая осетровых рыб. Технические условия» и ГОСТ 6054-2004 «Икра зернистая осетровых рыб пастеризованная» не учтена;

– во всех вышеперечисленных документах не полное соответствие требованиям к качеству и безопасности, установленным в технических регламентах.

Кроме того, в технологиях производства различных видов икры произошли изменения за счет внедрения в производство как жировых ястыков осетровых и веслоносых III стадии зрелости, так и овулировавшей икры (V стадии зрелости).

Неотъемлемым условием при пересмотре стандартов должно быть исключение избыточных требований по ограничению вместимости упаковки и массы продукции, не отвечающих современным тенденциям потребительского рынка.

Установленные несоответствия являются одной из причин того, что производители в основном руководствуются требованиями технических условий собственной разработки, в которых не всегда учтены современные научные данные, обеспечивающие высокое качество готовой продукции.

Обеспечить высокое качество возможно при изготовлении продукции, соответствующей требованиям государственных стандартов, в которых обобщены результаты науки, техники, технологии и практического передового опыта.

Проведенный анализ показал необходимость актуализации действующих в настоящее время стандартов на икру осетровых рыб и веслоносов, что будет способствовать повышению конкурентоспособности отечественной продукции, устранению технических барьеров в торговле, доведению до потребителя полной и объективной информации о происхождении продукта, защите от фальсификации, а также придаст новый импульс научно-исследовательским работам в области аквакультуры осетровых рыб и технологии изготовления икры, позволит объединить усилия всех заинтересованных сторон по сохранению и рациональному использованию уникальных представителей живой фауны.

В связи с этим в настоящее время межгосударственным техническим комитетом по стандартизации ТК 300 «Рыбные продукты пищевые, кормовые, технические и упаковка» в соответствии с планами по стандартизации проводится пересмотр положений ГОСТ 7368- 2013 «Икра паюсная осетровых рыб. Технические условия» и ГОСТ 32003-2014 «Икра ястычная осетровых видов рыб. Технические условия» с учетом современных изменений в технологиях и вышеуказанных несоответствий.

УДК 504.054

Современные подходы к очистке морского побережья после разлива нефти

А.М. Хачатрян, Д.Д. Нагорный, А.В. Ивановская

ФГБОУ ВО «КГМТУ», г. Керчь
e-mail: invkerch@yandex.ru

Нефтяные разливы в морских и прибрежных зонах остаются одной из наиболее серьезных экологических проблем современности. По данным Международной морской организации, ежегодно в Мировой океан попадает около 1,3 млн т нефти и нефтепродуктов. Прибрежные экосистемы особенно уязвимы к нефтяному загрязнению из-за их высокого биоразнообразия и сложных трофических связей. Воздействие нефтепродуктов на береговые сообщества проявляется на различных уровнях организации живого: от молекулярных нарушений в клетках до изменений в структуре популяций и сообществ.

Эффективность ликвидации последствий нефтяных разливов во многом зависит от скорости реагирования и правильного выбора методов очистки, при этом сам процесс очистки может оказывать значительное воздействие на экосистему, иногда превышающее ущерб от первоначального загрязнения. Данное обстоятельство создает необходимость быстрого реагирования и может противоречить принципу минимизации долгосрочного ущерба.

Цель исследования заключается в проведении комплексного анализа существующих методов очистки морского побережья после разливов нефтепродуктов и разработке научно обоснованных рекомендаций по их применению на различных этапах ликвидации загрязнения.

Поведение нефтепродуктов в морской среде определяется их физико-химическими свойствами, среди которых наиболее значимыми являются плотность, вязкость, растворимость в воде и летучесть. Легкие нефтепродукты характеризуются плотностью менее 0,85 г/см^3, обладают высокой летучестью и способностью к естественному испарению, что приводит к быстрому снижению концентрации углеводородов в поверхностном слое. Однако растворенные компоненты легких нефтепродуктов могут оказывать токсическое воздействие на морские организмы даже в низких концентрациях. Средние нефтепродукты с плотностью от 0,85 до 0,95 г/см^3 отличаются умеренной стойкостью к разложению и промежуточными свойствами между легкими и тяжелыми фракциями. У тяжелых нефтепродуктов, имеющих плотность выше 0,95 г/см^3, высокая вязкость и исключительная стойкость к биологической деградации. Они способны сохраняться в окружающей среде 10-летиями, постепенно трансформируясь в асфальтоподобные вещества.

Процессы трансформации нефтепродуктов в морской среде включают в себя испарение летучих компонентов, фотоокисление под действием ультрафиолетового излучения, эмульгирование с образованием водонефтяных эмульсий и биодеградацию микроорганизмами. Скорость этих процессов зависит от температуры, прозрачности, солености воды, интенсивности волнения и наличия диспергирующих агентов.

Оптимальный выбор метода очистки определяется сложным взаимодействием множества факторов, что может быть формализовано в виде многомерной функции эффективности. Тип нефтепродукта влияет на применимость различных технологий: легкие фракции результативно удаляются физическими методами и быстро разлагаются биологическими процессами, в то время как тяжелые – требуют механического удаления или длительной биоремедиации.

Физические способы очистки предполагают механическое удаление нефтепродуктов с поверхности и из верхних слоев береговых отложений. Они позволяют быстро устранить видимые следы загрязнения, однако могут нарушать структуру грунта и негативно влиять на живые организмы, обитающие в нем.

Химические методы основаны на применении специальных реагентов, которые изменяют свойства нефти – например, делают ее более подвижной или ускоряют распад. Такие способы часто оказываются эффективными и относительно недорогими, но требуют осторожного подхода: важно заранее оценить, как используемые вещества могут повлиять на окружающую среду.

Биологические методы имеют способность природных микроорганизмов перерабатывать нефтяные углеводороды в безопасные соединения. Это самый экологичный подход, поскольку не вносит в среду посторонних веществ, однако процесс занимает значительно больше времени – результаты становятся заметны лишь спустя недели или даже месяцы. Для объективного сравнения этих методов необходимо учитывать несколько ключевых параметров:

– скорость очистки – это доля удаленной нефти за определенный период. Она важна не только с технической точки зрения, но и для общества: быстрые видимые результаты помогают снизить тревожность населения и повысить доверие к проводимым работам;

– полнота очистки определяется по остаточному содержанию нефтепродуктов после завершения работ. Этот показатель отражает, насколько качественно удалось устранить загрязнение, и напрямую влияет на возможность восстановления экосистемы;

– экономическая эффективность включает в себя не только прямые расходы на проведение работ, но и затраты на утилизацию отходов, мониторинг состояния территории, а также потенциальные долгосрочные издержки, связанные с экологическим ущербом. Важно учитывать полную стоимость жизненного цикла технологии, в том числе выгоду от предотвращенного вреда и упущенную пользу от временно утраченных природных функций (например, фильтрации воды или поддержания биоразнообразия);

– экологическое воздействие самого процесса очистки оценивается по таким критериям, как изменение структуры почвы или донных отложений, гибель живых организмов, нарушение пищевых цепочек и темпы восстановления биоценозов. Особенно тщательно этот аспект анализируют при работе на территориях с высокой природоохранной ценностью, здесь выбор метода часто определяется именно минимальным вмешательством в экосистему.

Наиболее эффективные стратегии ликвидации нефтяных разливов основываются на интеграции различных методов и технологий в рамках единого скоординированного плана действий. Интегрированный подход позволяет использовать преимущества различных методов на соответствующих этапах ликвидационных работ и компенсировать недостатки одних технологий возможностями других.

Этап первичного реагирования продолжительностью от 0 до 48 ч направлен на локализацию источника загрязнения, предотвращение дальнейшего распространения нефтепродуктов и удаление основной массы загрязнителя с поверхности воды. Здесь применяют боновые заграждения, скиммеры, сорбенты и другие технические средства для механического сбора нефти.

Этап активной очистки продолжительностью от 2 дней до 1 мес. включает в себя применение специализированных методов очистки береговой линии в соответствии с результатами зонирования территории. На участках первого приоритета применяют ручную очистку или биостимуляцию, на участках второго могут осуществлять методы промывки водой, на участках третьего допустима механическая очистка.

Этап биологического доведения продолжительностью от нескольких месяцев до нескольких лет направлен на полную ликвидацию остаточного загрязнения с использованием естественных и стимулированных биологических процессов. Здесь применяют технологии биоремедиации, включающие оптимизацию питательного режима, аэрацию загрязненных участков и мониторинг активности микроорганизмов.

Этап долгосрочного мониторинга продолжительностью от нескольких лет до нескольких 10-летий обеспечивает контроль полноты восстановления экосистемы, выявление отдаленных последствий загрязнения и оценку эффективности примененных технологий. Результаты долгосрочного мониторинга используют для совершенствования методов ликвидации будущих разливов.

В Керченском государственном морском технологическом университете (КГМТУ) в научно-технической лаборатории «Природоподобные технологии» проводятся научные исследования по применимости алюмосиликатов при ликвидации последствий разлива нефтепродуктов. Особую актуальность данное направление приобрело после аварий в Керченском проливе в декабре 2024 г., когда произошел разлив тяжелых нефтепродуктов. Современная экспериментальная база КГМТУ включает оборудование для анализа морской воды и микробиологический комплекс для исследования морских экосистем. Такая комплексная техническая оснащенность позволяет изучать без имитации природные факторы в условиях, максимально приближенных к естественным.

Инновационные решения предполагают использование алюмосиликатов как экономически доступного сырья, адаптацию микробных консорциумов к специфическим условиям Азово-Черноморского бассейна и разработку технологий подводного внесения биосорбентов. Такой подход может не только снизить стоимость технологий, но и обеспечить экологическую совместимость с региональными экосистемами. Преимущества алюмосиликатных систем проявляются в высокой химической стабильности в морской воде, возможности регенерации и многократного использования, а также в совместимости с существующими судовыми очистными системами. Это особенно важно для модернизации действующего флота без существенных капитальных затрат на переоборудование. Исследования показывают, что алюмосиликаты обладают высокой химической стабильностью, что критически важно для морских применений. Они демонстрируют устойчивость к воздействию морской воды при pH 7,5–8,5, сохраняют структурную целостность при циклах замораживания–оттаивания и проявляют биостойкость к воздействию морских микроорганизмов.

Алюмосиликаты как природные минералы демонстрируют высокую экологическую безопасность. Отсутствие токсичности обусловлено тем, что природные алюмосиликаты являются важнейшими породообразующими минералами, составляющими свыше 50 % объема земной коры, что определяет их биосовместимость. Продукты биодеградации и выветривания алюмосиликатов естественным образом включаются в геохимические циклы морских экосистем, а крупные размеры частиц сорбентов исключают их поглощение морскими организмами, предотвращая биоаккумуляцию.

При лабораторных испытаниях выявлено, что модифицированные алюмосиликаты демонстрируют адсорбционную емкость по нефтепродуктам, превышая показатели коммерческих сорбентов в 2–3 раза. Коэффициент селективности по отношению к углеводородам в присутствии морской воды составляет более 10, что обеспечивает эффективную работу в условиях высокой солености. Время достижения равновесной адсорбции составляет 15–20 мин, что критически важно для оперативного реагирования при разливах. Полевые испытания проводили в акватории Керченского пролива в различные сезоны года при температуре от −2 до +25 °C. Результаты показали эффективность сбора нефтепродуктов в натурных условиях на уровне 78–85 %, сохранение плавучести сорбентов в течение 72 ч, что свидетельствует о возможности применения алюмосиликатов при ликвидации разливов тяжелых нефтепродуктов.

УДК 581.524.12 (28)

Развитие зоопланктона реки Северная Сосьва (приток нижней Оби)

Н.А. Шулика, О.В. Чувакова, Г.Х. Абдуллина

Тюменский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр») г. Тюмень
e-mail: ecology@gosrc.vniro.ru

Северная Сосьва – одна из пяти самых многоводных рек Тюменской области (после Оби, Иртыша, Таза и Пура). Образуется слиянием рек Большая и Малая Сосьва, берущих начало на восточном склоне Северного Урала, впадает в левый рукав Оби – Малую Обь. Длина основного водотока свыше 750 км, площадь водосбора около 100 тыс. км². Ширина русла колеблется от 8 до 500 м, глубина – от 2 до 8 м, скорость течения – от 0,2 м/с на плесах до 2 м/с на перекатах. Температура воды в августе, самом теплом месяце, не превышает 21 °С, в сентябре понижается до 6 °С. Вода гидрокарбонатно-кальциевая, очень мягкая и мягкая, слабокислая или нейтральная. Содержание растворенных в воде органических и некоторых минеральных веществ в целом высокое.

При растущем загрязнении водоемов Обского Севера становится актуальным проведение экологического контроля для сохранения природного качества воды нерестового притока нижней Оби – р. Северная Сосьва. Здесь, как и на других уральских притоках Оби, происходит размножение большей части ценных видов сиговых рыб Обского бассейна, закладываются основы уловов крупнейших в мире стад пеляди, тугуна, чира и сига-пыжьяна. Пищевые потребности всех видов рыб на ранних этапах развития, а также взрослых планктофагов обеспечиваются за счет использования зоопланктона. Целью работы является изучение сезонной динамики зоопланктона р. Северная Сосьва.

Отбор проб зоопланктона проводили в среднем течении р. Северная Сосьва (от 140 до 225 км) на двух разрезах с трех станций (левый, правый берег и русло) в период открытой воды (с мая по сентябрь) 2020–2024 гг. Пробы отбирали путем слива 100 л воды с поверхностного горизонта через сеть Апштейна (из газа с размером ячеи 106 мкм). Обработку проводили по стандартным методикам. Видовой состав устанавливали по отечественным определителям. При камеральной обработке учитывали размерно-возрастной состав зоопланктона. Биомассу видов находили с применением индивидуальных весов организмов, рассчитанных по формуле зависимости массы тела от его длины.

За период наблюдений в составе зоопланктона р. Северная Сосьва обнаружено 112 видов и разновидностей, в том числе коловраток – 65, ветвистоусых рачков – 34, веслоногих ракообразных 12 и отмечен 1 представитель листоногих рачков.

Для зоопланктона реки характерна сезонная динамика видового состава, численности и биомассы, заключающаяся в нарастании их от весны к лету и уменьшении в осенний период, что обусловлено в основном термическим режимом и световыми условиями в водотоке. В весенний период в пробах зоопланктона найдено 25 видов и разновидностей коловраток, 19 видов ветвистоусых рачков, 7 веслоногих ракообразных. Только в весенних пробах встречались листоногие

рачки на разных стадиях развития. Количество видов в разные годы по станциям отбора проб изменялось от 4 до 25.

Плотность планктонных организмов варьировала в широком диапазоне – от 170 до 9150 экз./м³, в среднем составляя 2121 экз./м³. По численности в основном доминировали коловратки. Их доля изменялась от 23 до 84 %, а в среднем равнялась 50 % от общей численности зоопланктона. Наиболее массового развития достигали *Synchaeta pectinata* Ehrenberg, *Synchaeta tremula* (Muller), *Conochilus unicornis* Rousselet и виды рода *Keratella*. Веслоногие ракообразные составляли от 15 до 51 %, только на русловых станциях их доля достигала 69 %, а в среднем была равна 45 %. В этой группе преобладали неполовозрелые копеподитные и науплиальные стадии веслоногих ракообразных. Доля ветвистоусых рачков в весеннем планктоне составляла 1–15 %, в среднем они обеспечивали всего 5 % от общей численности зоопланктона. Заметный вклад в численность вносили *Ceriodaphnia quadrangula* (O.F. Müller) и виды рода *Bosmina*.

Биомасса весеннего зоопланктона по годам изменялась от 0,89 до 31,95 мг/м³, в среднем составляя 7,92 мг/м³. Величину общей биомассы сообщества, как правило, определяли веслоногие ракообразные при доминировании молоди (науплиальные и копеподитные стадии). Их относительная доля варьировала по отдельным станциям и годам от 32 до 86 %, в среднем составила 54 %. Ветвистоусые рачки на отдельных станциях обеспечивали от 11 до 50 %, в среднем – 29 % от общей биомассы зоопланктона. Наибольший вклад в биомассу вносили *Polyphemus pediculus* (Linne), *C. quadrangula* и виды рода *Bosmina*. Биомасса коловраток повсеместно была невысокой, их относительная доля колебалась от 4 до 38 %, в среднем составляя 17 %. Листоногие рачки встречались единично, их вклад в численность и биомассу был незначительным.

В летнем планктоне отмечается увеличение видового разнообразия и количественных показателей. В составе зоопланктона определено 83 вида и разновидностей, в том числе 50 видов и разновидностей коловраток, 26 видов ветвистоусых рачков и 7 видов веслоногих ракообразных. Количество видов в разные годы по станциям отбора проб изменялось от 23 до 41. Численность и биомасса планктонных организмов варьировала в широких пределах – от 4740 до 71150 экз./м³ и от 31,55 до 646,16 мг/м³ соответственно. По численности (70–91 %) и биомассе (73–95 %) доминировали коловратки. Наибольший вклад в численность и биомассу вносили коловратки: крупные *Asplanchna henrietta* Langhans, *Asplanchna priodonta priodonta* Goss; панцирные *Ploesoma truncatum* (Levander), *Brachionus angularis angularis* Goss, *Keratella cochlearis* (Gosse); колониальные *C. unicornis* и мелкие виды родов *Polyarthra, Synchaeta* и *Trichocerca.* Ветвистоусые и веслоногие ракообразные были малочисленны. На долю ветвистоусых рачков приходилось 6–20 % от общей численности и 4–25 % от общей биомассы зоопланктона, заметную роль в данной группе играли *Bosmina (Bosmina) longirostris* (O.F. Müller), *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller), *C. quadrangula* и *Daphnia cristata* Sars. Доля веслоногих ракообразных в численности (2–21 %, в среднем 5 %) и биомассе (1–13 %, в среднем 2 %) незначительна. В популяциях массовых видов этой группы преобладала мелкоразмерная фракция, т.е. неполовозрелые копеподитные и науплиальные стадии веслоногих ракообразных.

С понижением температуры в осенний период отмечается незначительное снижение качественных и количественных показателей зоопланктонного сообще-

ства. Видовой состав зоопланктона в целом не отличался от летнего. В осеннем планктоне найдено 74 вида и разновидностей, из них коловраток 48, ветвистоусых рачков 20, веслоногих ракообразных 6. Количество видов изменялось от 18 до 25. Плотность планктонных организмов в разные годы по станциям отбора проб изменялась от 970 до 48060 экз./м³, биомасса – от 5,54 до 227,06 мг/м³. Ведущей группой, как и в летнем планктоне, были коловратки. Они составляли 62–99 % от общей численности и 51–96 % от общей биомассы зоопланктона. Продолжала доминировать *A. p. priodonta*, на долю которой приходилось до 32 % от общей численности и до 79 % от общей биомассы зоопланктона. В отдельно взятые годы преобладали по численности *Synchaeta grandis* Zacharias и *S. pectinata*.

Ветвистоусые рачки составляли от 1 до 26 %, в среднем 3 % от общей численности и от 3 до 30 %, в среднем 7 % от общей биомассы зоопланктона, в этой группе наиболее многочисленными были виды рода *Bosmina.* На долю веслоногих ракообразных приходилось 1–19 %, в среднем 2 % от общей численности и биомассы зоопланктона. В популяциях веслоногих ракообразных превалировали науплиальные и копеподитные стадии. На отдельно взятых станциях существенную роль играли мелкие циклопы *Thermocyclops crassus* (Fischer) и *Thermocyclops oithonoides* Sars.

Таким образом, многолетний ряд наблюдений выявил значительные колебания качественных и количественных показателей зоопланктона в р. Северная Сосьва, его сравнительно быстрое развитие от весны к лету. Показатели обилия зоопланктона в период исследований увеличивались в теплые годы (2022 и 2024 гг.), создавая благоприятные условия для роста молоди рыб. Присутствие весеннего зоопланктона важно для выживания личинок сиговых при переходе на экзогенное питание, особенно в годы позднего затопления поймы.

УДК 597.423, 575.17

Идентификация стерляди бассейна реки Северная Двина по генетическим маркерам

В.Д. Щербакова, А.Е. Барминцева, Н.С. Мюге

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
e-mail: shcherbakovavd@vniro.ru

Стерлядь (*Acipenser ruthenus L.*, 1758) – представитель семейства осетровых, обитающий в крупных реках Европы и Сибири. Ее естественный ареал охватывает реки, впадающие в Черное, Азовское, Каспийское и Белое моря, а также бассейны крупных сибирских рек: Обь и Енисей. По размерным характеристикам стерлядь является наиболее мелкой осетровой рыбой России. Для данного вида характерны небольшие по протяженности потамодромные миграции в пределах места обитания. Стерлядь – редкий охраняемый вид, популяции рр. Днепр, Дон, Кубань, Сура, Урал, а также верхней и средней Камы включены в Красную книгу России.

Для рек беломорского бассейна стерлядь не является нативным видом ихтиофауны. В XIX в. произошло вселение стерляди через Северо-Екатерининский канал из р. Кама (Волжский бассейн) в р. Вычегда (Северо-Двинский бассейн). В дальнейшем произошло расселение вида по р. Северная Двина и ее притокам. Необходимо отметить, что миграции стерляди по каналу были непродолжительными, после закрытия шлюзов и судоходства миграции вида прекратились. Однако вселение большого числа особей привело к формированию устойчивой самовоспроизводящейся популяции в Беломорском бассейне.

Промысел стерляди в бассейне р. Северная Двина начался через несколько лет после вселения. В начале XX в. средний ежегодный объем вылова составлял 10 т, достигая в р. Сухона максимального значения – 30 т. Такой интенсивный промысел привел к стремительному падению численности вида в бассейне: в середине XX в. вылов не превышал 4 т, в 70-е годы – 2 т. В 90-е годы XX в. численность стерляди в бассейне возросла до 8 т, однако в начале XXI в. вылов упал до минимального исторического значения – 1 т, из-за чего вид в 2006 г. был внесен в Красную книгу Вологодской области. Численность стерляди в бассейне р. Северная Двина в настоящее время сокращается. Популяция вида, как и у большинства осетровых, испытывает давление из-за множества факторов, включающих браконьерство и загрязнение рек. Несмотря на меры охраны, северодвинская популяция продолжает оставаться в угнетенном состоянии и требует постоянного мониторинга и восстановительных мероприятий. Выпуск молоди стерляди в р. Сухона и другие притоки р. Северная Двина в настоящее время является одной из мер по поддержанию численности вида.

Благодаря раннему наступлению половой зрелости (4–5 лет самцы, 7–8 лет самки), а также разработанной технологии получения половых продуктов на осетровых рыбоводных заводах, стерлядь – ценный объект аквакультуры во многих странах. Содержание ремонтно-маточных стад стерляди, используемых для осуществления восстановительных мероприятий, отмечено практически во всех

регионах России, где проводятся выпуски молоди. На осетровых рыбоводных заводах осуществляется получение половых продуктов с последующим оплодотворением и инкубацией икры. Объем выпуска подрощенной молоди стерляди в р. Северная Двина в 2000–2010 гг. составил 2 тыс. экз., р. Сухона в 2010–2020 гг. – 500 тыс. экз. С 2020 г. в р. Сухона происходит стабильный ежегодный выпуск десятка тысяч особей, а в р. Северная Двина – несколько сотен тысяч особей в год.

Для грамотного проведения мероприятий, направленных на поддержание численности вида, необходимо учитывать локальную принадлежность производителей к восстанавливаемой популяции стерляди. Искусственное воспроизводство также требует контроля генетического разнообразия выпускаемой молоди для предотвращения инбридинга, повышения гетерозиготности и, как следствие, адаптивного потенциала восстанавливаемых популяций. Генетическая структура стерляди в европейской части России изучена достаточно хорошо, максимальное разнообразие характерно для популяций Волжского бассейна. В бассейне р. Северная Двина до настоящего времени были изучены лишь небольшие выборки, которые отличались менее выраженным генетическим разнообразием. Это может быть объяснено присутствием «эффекта основателя» в эволюционном прошлом северодвинской популяции. Цель настоящего исследования – изучить генетические особенности выборок беломорской стерляди и определить маркеры, по которым возможна идентификация происхождения особей данной популяции.

В работе использован генетический материал, полученный прижизненным способом. Изученная выборка включала 960 особей стерляди природного происхождения, 212 из которых являются представителями Беломорского бассейна, а 748 относятся к крупнейшим рекам (Волга, Кама, Вятка, Ока, Молога, Шексна, Урал) и водохранилищам Волжско-Каспийского бассейна. Все использованные образцы состоят на учете в УНУ «Биоресурсная коллекция ВБР» (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО») (рег. номер 3990221, https://ckp-rf.ru/catalog/usu/3990221/). Проводилось изучение полиморфизма 11 наиболее часто используемых для анализа популяционного разнообразия осетровых рыб микросателлитных локусов ядерной ДНК: AoxD161, Afug41, An20, Afug51, AoxD165, Afug174, AoxD234, Afug63, Afug67, LS19 и Aox45. Определение длин аллелей проводилось в программе GeneMarker v 1.2, статистическая обработка данных – в кроссплатформенном пакете для популяционно-генетического анализа GenAlex, кластерный анализ – в программе STRUCTURE. Изучен полиморфизм участка контрольного региона мтДНК – Д-петли – размером 547 п.н. с использованием праймеров для ПЦР DL651, M13AHR3, секвенирование с праймером M13(-22). Выравнивание нуклеотидных последовательностей проведено в программе Geneious, построение гаплотипической сети – в программном обеспечении PopART. Все перечисленные этапы лабораторной работы выполнялись с использованием оборудования ЦКП «Рыбохозяйственная геномика» (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО») (рег. номер 3579654, https://ckp-rf.ru/catalog/ckp/3579654/).

В анализе мтДНК беломорской стерляди определено 17 гаплотипов, 5 из них являются специфическими, остальные – общими с волжско-каспийской популяцией. Все гаплотипы, встреченные у особей из р. Северная Двина, характерны также и для рыб из р. Сухона. Относительное гаплотипическое разнообразие северодвинской популяции Ho = 0,05 значительно ниже данного показателя сухонской популяции, где Ho = 0,16. Вероятнее всего, это связано с более массовыми

выпусками молоди в бассейн р. Сухона, во время которых в водоток попали особи с наиболее распространенными в Волжско-Каспийском бассейне гаплотипами. Рыбы с такими последовательностями, возможно, были вселены в Беломорский бассейн как при миграции особей через канал, так и при проведении восстановительных мероприятий. Каспийская выборка более разнородна по мтДНК, ее относительное гаплотипическое разнообразие Но = 0,17, в то время как у беломорской Но = 0,11. Это связано с «эффектом основателя», произошедшим при интродукции стерляди.

Наличие специфических гаплотипов может указывать на то, что при интродукции стерляди произошло вселение особей с редкими нуклеотидными последовательностями, скорее всего, имеющими волжско-каспийское происхождение, однако еще не отмеченными нами в природных популяциях. Именно благодаря специфическим гаплотипам возможно точно идентифицировать стерлядь сухонской и северодвинской популяций. За двухсотлетний период существования беломорской популяции четкой дифференциации от волжско-каспийской стерляди по митохондриальному маркеру не произошло. Это может быть связано с недостаточным для образования гаплотипов временем, прошедшим после вселения стерляди в бассейн р. Северной Двины, а также с бесконтрольными перевозками особей между бассейнами, которые могли иметь место при организации товарной аквакультуры, и отсутствием надежных методов контроля происхождения вселяемой стерляди.

В анализе ядерной ДНК локусы характеризуются различной степенью полиморфизма. Полученные значения среднего числа аллелей по всем выборкам для наиболее мономорфных локусов составляют: 3,35 аллеля (локус Afug63) и 3,78 аллеля (локусы Afug174, LS19). Наиболее полиморфным локусом оказался Aoxd234 со средним числом аллелей среди всех выборок 19,9. Северодвинская выборка (одна из более крупных по числу представителей) оказалась наименее полиморфной по количеству аллелей, сухонская выборка при этом является одной из самых разнообразных. Для изученных групп Волжско-Каспийского и Беломорского бассейнов практически не характерно наличие уникальных аллелей. С высокой частотой встречаемости (10 %) отмечен только аллель размером 152 п.н. локуса LS19 для популяции из р. Шексна. Достоверное отклонение от равновесия Харди–Вайнберга наблюдается во всех популяциях, кроме уральской, а также выборок из Чебоксарского и Нижнекамского водохранилищ. Наличие подобного отклонения от равновесия может указывать на присутствие большого числа инбредных особей в популяции (возникающего при выпусках молоди), а также в реинтродуцированных популяциях, где основную часть стада составляют еще неполовозрелые особи и отсутствует панмиксия. Наибольшее число локусов, находящихся вне равновесия, отмечено в популяции р. Молога – 7.

При кластеризации особей наблюдается деление на три группы: р. Северная Двина, рр. Молога и Шексна, представители всех других рек и водохранилищ Волжско-Каспийского бассейна. Отличие рыб из рр. Молога и Шексна от волжско-каспийской группы связано с реакклиматизацией. В начале XXI в. численность рыб в этих реках Вологодской области была практически равна нулю, но благодаря усиленным мерам по восстановлению популяций, проводимым в регионе с 2014 г., в настоящее время сформирована значительная природная группировка. Отличие реинтродуцированной популяции от волжско-каспийской

выборки по генетической структуре объясняется тем, что в рр. Молога и Шексна были осуществлены выпуски молоди, полученной от нескольких семейных групп на осетровых рыбоводных заводах, расположенных в Вологодской и Костромской областях. Сухонская выборка стерляди является смешанной, относится не только к «северодвинскому» кластеру, но и к кластеру рр. Молога и Шексна. Это объясняется тем, что сухонская группа включает как изначально природных беломорских особей, так и имеющих более инбредное происхождение – молодь, выпущенную из различных осетровых рыбоводных заводов. Результаты кластерного анализа подтверждаются результатами анализа главных координат. По первой координате (вклад 54,25 %) от всех других выборок происходит отделение волжско-каспийской группы. Вторая координата (вклад 14,54 %) влияет на разделение выборки р. Северная Двина и реинтродуцированных популяций рр. Молога и Шексна. Выборка стерляди из р. Сухона занимает промежуточное положение между ними.

Полученные значения индекса фиксации Райта (Fst) указывают на отсутствие в настоящее время миграции особей между Беломорским и Волжско-Каспийским бассейнами. Образовавшаяся в XIX в. популяция стерляди р. Северная Двина уникальна, ее дифференциация осуществляется за счет вклада частот аллелей всех использованных в работе локусов, а также специфических гаплотипов мтДНК.

Благодаря проведенному исследованию с большой долей вероятности возможно определение северодвинского происхождения производителей стерляди, применяемых для искусственного воспроизводства беломорских популяций. При выпуске молоди в бассейн реки необходимо учитывать локальное происхождение производителей, чтобы исключить вселение рыб, относящихся к другим популяциям вида, и сохранить генофонд беломорской стерляди.

УДК 595.341.1

Разработка оптимальных режимов кормления копепод *Arctodiaptomus salinus* микроводорослями для получения качественного стартового корма в морской аквакультуре

А.Р. Яховская, А.С. Бобова, Е.А. Заиченко

Отдел «Керченский», Азово-Черноморского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Керчь
e-mail: yahovskayaar@azniirkh.vniro.ru

Проведен эксперимент по разработке оптимальных режимов кормления морских копепод вида *Arctodiaptomus salinus* (E. Daday, 1885) микроводорослями *Nannochloropsis oceanica Suda* (Miyashita, 2002) и *Tetraselmis viridis* ((Rouchijajnen) R.E.Norris, Hori & Chihara, 1980). Полученные данные позволят оптимизировать процессы массового культивирования копепод и повысить эффективность их производства.

По типу питания копеподы являются полифагами, успешно потребляют и растительную, и животную пищу соответствующих форм и размеров. Кормят копепод питательными смесями различных рецептур на основе органических и неорганических удобрений с добавлением микроводорослей, микроэлементов, витаминов, пищевых добавок. Традиционно в качестве питательной среды широко применяются микроводоросли рода *Nannochloropsis*.

Целью настоящего исследования стала разработка оптимального режима кормления копепод *Arctodiaptomus salinus* с использованием микроводорослей *Nannochloropsis oceanica* и *Tetraselmis viridis.* Разработка эффективных режимов кормления *Arctodiaptomus salinus* имеет важное значение для создания промышленных технологий массового разведения солоноватоводных копепод, которые представляют особую ценность как живой корм для молоди морских рыб и ракообразных.

Эксперимент проводили в условиях контролируемой среды в течение 48 сут. Культура копепод *A. salinus* содержалась в стеклопластиковых бассейнах объемом 80 л при температуре 24 ± 1 °С, солености 18 и постоянной аэрации. Культуру микроводорослей выращивали в полиэтиленовых мешках объемом 40 л при питании модифицированной по железу среде f/2, температуре воды 24 °С с постоянной аэрацией. Питательную смесь в выростные емкости вносили по трем схемам:

1. Ежедневное кормление.
2. Кормление 1 раз в 2 дня.
3. Кормление 1 раз в 3 дня.

В качестве корма для *A. salinus* использовали культуру микроводорослей *Nannochloropsis oceanica* и *Tetraselmis viridis*. Плотность клеток фитопланктона на 1 мл культуральной среды составляла от 35 до 76 млн кл./мл, а объем внесения микроводорослей в бассейны с копеподами – 0,3–0,5 л. Плотность посадки копепод в начале эксперимента составила 0,1 экз./мл в каждом бассейне.

В ходе работ были определены такие ключевые параметры, как оптимальный объем культуральной среды фитопланктона, необходимый для поддержания фазы

роста популяции копепод без негативного воздействия на качество воды, и периодичность внесения. Численность культуры микроводорослей рассчитывалась с использованием камеры Горяева по стандартной методике расчета численности фитопланктона. Определение численности зоопланктона проводили 2 раза в неделю с помощью стереоскопических микроскопов МБС-9, 10; камеры Богорова и штемпель-пипетки объемом 1 $см^3$.

Сравнительный анализ динамики численности копепод между тремя режимами кормления выявил значительные различия численности *A. salinus*: наибольшая отмечалась при режиме кормления № 2 (1 раз в 2 дня) – 9 экз./мл, наименьшая – в режиме кормления № 3 (1 раз в 3 дня) – 5 экз./мл. В экспериментальных емкостях с применением схемы № 1 (ежедневное кормление) численность копепод составила 6 экз./мл.

Изучение динамики численности копепод при различных схемах кормления показало, что наибольший прирост популяции происходит при схеме кормления № 2 (1 раз в два дня). Объем вносимой культуральной среды *N. oceanica* и *T. viridis*, обеспечивающий стабильный рост и развитие популяции *A. salinus*, составляет не менее 0,3 л на бассейн при средней концентрации клеток микроводорослей 55 млн кл./мл. Данный объем позволяет поддерживать оптимальную плотность кормовых объектов, предотвращая их дефицит и ухудшение гидрохимических показателей.

Динамика возрастной структуры популяций копепод продемонстрировала следующую закономерность: к середине эксперимента произошло существенное увеличение количества науплий на фоне уменьшения количества яиц и взрослых особей. Это явление связано с периодом массового вылупления науплиев, которые еще не достигли репродуктивного возраста. В условиях постоянного температурного режима водной среды был зафиксирован рост плотности копепод. Пик прироста популяции зоопланктона пришелся на первую половину эксперимента, когда численность увеличилась с 0,1 до 9 экз./мл, во второй половине отмечались лишь незначительные колебания численности организмов.

Проведенные исследования позволили выявить важные закономерности влияния частоты кормления на динамику популяции и возрастную структуру культивируемых копепод *Arctodiaptomus salinus*.

Выявленная закономерность имеет четкое биологическое обоснование. Несмотря на постоянную доступность корма при режиме № 1 (ежедневное кормление), относительно низкая конечная численность может объясняться тем, что частое внесение культуры микроводорослей с высокой концентрацией клеток могло приводить к быстрому потреблению ими кислорода в ночные часы, накоплению метаболитов как от самих копепод, так и от разлагающихся остатков микроводорослей. Это создавало хронический стресс, который ограничивал репродуктивный потенциал и выживаемость популяции копепод.

Схема кормления № 2 (кормление 1 раз в 2 дня) оказалась оптимальным компромиссом между доступностью питательных веществ и поддержанием стабильных гидрохимических условий. Периода в 48 ч было достаточно для того, чтобы копеподы эффективно усвоили внесенный корм. Это предотвращало критическое ухудшение условий среды и обеспечивало высокую выживаемость и плодовитость копепод.

Наименьшая численность при режиме кормления № 3 (1 раз в 3 дня) явно указывает на алиментарный стресс (недостаток корма). Интервала в 72 ч было достаточно для полного выедания корма, после чего популяция голодала. Это привело к снижению темпов размножения и высокой смертности, особенно среди молоди.

Для копепод *Arctodiaptomus salinus* оптимальным режимом кормления является схема № 2 с интервалом кормления 48 ч. Ключевыми факторами успеха являются не только количество, но и режим внесения корма, который позволяет балансировать между эффективностью питания и качеством воды в бассейнах. Объем и концентрация вносимых микроводорослей доказали эффективность для поддержания роста популяции копепод в условиях эксперимента.

Содержание

Analysis of the Impact of Microplastic Pollution on the Virus-Mediated Toxicological Responses in Bivalve Mollusks
Haiping Ma, Xiangli Dong 9

The Influence of Signaling Pathways on the Growth Cycle of *Mytilus coruscus*
Xinyu Zhao, Xiangli Dong 10

Выращивание клариевого сома в УЗВ как перспективного объекта аквакультуры Мурманской области
А.В. Абрашкина, А.В. Абрашкин, П.П. Кравец 12

Получение и использование структурированного гидролизата из субпродуктов обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)
Н.К. Александров, Д.Л. Альшевский, Ю.Н. Коржавина, М.П. Белова 14

Некоторые особенности распределения донной фауны бухты Восточная острова Рикорда (залив Петра Великого, Японское море)
А.Д. Андрюшина 16

Межгодовая изменчивость метаболома *Nuphar lutea* (L.) Sm. (Nymphaeaceae) в озере Кузнечное
В.В. Аникина 19

Распределение массовых видов медуз летом 2025 г. в северо-западной части Тихого океана
Е.Д. Антоненко 20

Некоторые результаты микробиологических исследований внутренних водоемов Мурманской области в 2025 г.
Д.Д. Басангова, М.Н. Харламова 23

Сравнение методов растворения желудочно-кишечного тракта рыб для выявления полимеров и микропластика
П.С. Беляев, А.В. Согрина 27

Комплексный подход к оценке распределения камчатского краба в Баренцевом море
Д.Ю. Блинова, С.В. Баканев, Н.Н. Лукин 29

Зообентос мелководий полуострова Канин
Д.Ю. Блинова, К.С. Рольская, И.Е. Манушин, В.С. Вязникова, А.С. Кудряшова 32

Продукционные характеристики популяций раков в озерах Тюменской области в 2022–2024 гг.
Е.В. Бражников, К.В. Куцанов, А.Г. Герасимов, Л.Ф. Разова 35

Особенности биологии и учета численности ряпушки в Ладожском озере в осенний период 2024 г.
М.А. Бурова, И.А. Тыркин 37

Микробиологические исследования озера Ильмень в 2025 г.
А.А. Быстрова, М.С. Исаченко, С.А. Дьякова 39

Гаплотипическое разнообразие корейской востробрюшки *Hemiculter leucisculus* (Basilewsky, 1855) на юге Дальнего Востока России по данным гена cox1 мтДНК
К.С. Вайнутис, М.Е. Шаповалов, А.Н. Воронова, Р.А. Максимов, Н.Е. Зюмченко 42

Показатели крови судака *Sander lucioperca* в аквакультуре при выращивании с разной плотностью посадки и на разных кормах
М.М. Вылка, А.А. Лютиков 44

Количественные характеристики планктонных и донных беспозвоночных Тетюшинского плеса Куйбышевского водохранилища (Республика Татарстан)
М.А. Гвоздарева, А.В. Мельникова 46

Трихоптерофауна водоема-охладителя Тюменской ТЭЦ – 1
А.Г. Герасимов, А.А. Герасимова, Т.А. Шарапова 50

Особенности гидрохимических условий северо-западной части Тихого океана в летний период 2025 г.
Е.Н. Голубева, Е.Ю. Малыгин 52

Становление китайского промышленного рыболовства с момента образования Китайской Народной Республики и его влияние на мировой промысел
П.А. Демчук 54

Зообентос нижнего течения реки Малиновка (бассейн реки Уссури, Приморский край) в весенне-летний период 2025 г.
Т.В. Ермакова, Е.И. Барабанщиков 57

Развитие поверхностного фитопланктона Среднего Каспия в летний период 2025 г.
Т.Н. Зимина, А.Г. Ардабьева 59

Подбор кормов для выращивания австралийского красноклешневого рака совместно с фитокультурами в УЗВ
А.В. Иванова, П.П. Кравец, Е.С. Шерстюк 61

Влияние климатических факторов на термохалинные параметры в прибрежной зоне Амурского залива
И.С. Карбаинов 63

Особенности разлива тяжелого мазута в Керченском проливе в 2024 г.
М.Э. Киселевич, Д.В. Сухоленцев, В.В. Ениватов 66

Вакцинация как метод контроля вибриоза: обзор существующих вакцин и перспективы разработки новых препаратов
Т.С. Комогорцева, С.Л. Рудакова, Л.К. Плакун 69

Паразиты рыб Москвы-реки и других водоемов в 2025 г.
К.Г. Котова, М.С. Тарасова, Е.С. Ламекина, А.А. Гневашева, Е.А. Лебедева, И.К. Рявкин, М.К. Нерсесов, И.И. Гордеев 72

Получение и выращивание молоди гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* в условиях юга России
В.К. Кузнецов, А.А. Полин 75

Преднерестовое выдерживание и нерест длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 в искусственных условиях
В.К. Кузнецов, Т.Д. Шрамко, А.А. Полин 78

Биотехника разведения и выращивания стерляди (*Acipencer ruthenus*) в условиях ООО «Кубанский институт осетроводства»
А.А. Лебедев, В.А. Омельченко 81

Фронтальные зоны и промысловые скопления скумбрии в Южно-Курильской промысловой зоне
М.А. Лебедева, Т.В. Белоненко, М.В. Будянский, П.А. Файман, А.А. Дидов, М.Ю. Улейский 82

Влияние количества параметров в модели на эффективность прогнозирования роста судака *Sander lucioperca* в аквакультуре (в первый год выращивания)
Н.А. Лютикова 86

Доминантный комплекс видов фитопланктона озера Белое (Вологодская область) в период «цветения» воды в 2016–2023 гг.
Н.Н. Макарёнкова 88

Характеристика фенологии весеннего «цветения» фитопланктона в Беринговом море
А.С. Малышева, К.К. Киввa 92

Изучение изменений структуры мышечной ткани форели и семги в процессе хранения
А.И. Машкина, В.А. Пчелкина 94

Влияние формы орудий лова различных видов на энергоэффективность рыбопромыслового судна
В.Д. Мельник, А.Н. Ивановский, А.В. Ивановская 97

Гистологическое исследование гонад азиатского стрелозубого палтуса восточной Камчатки
Ф.А. Мельникова, А.В. Согрина, Н.Ю. Терпугова 101

Патогистологическая характеристика органов пищеварительного тракта азиатского стрелозубого палтуса восточной Камчатки
Ф.А. Мельникова, А.В. Согрина, Н.Ю. Терпугова 103

Некоторые биологические характеристики азиатского стрелозубого палтуса *Atheresthes evermanni* тихоокеанских вод Камчатки в 2024 г.
Ф.А. Мельникова, А.О. Трофимова 105

Содержание меди и хрома в донных отложениях Баренцева моря
А.Н. Мещерякова, М.А. Новиков, М.Н. Харламова 107

Динамика численности инвазивных полихет рода *Marenzelleria* (Polychaeta, Spionidae) в Северном Каспии
Е.В. Минакова, О.В. Жаткина, Р.Д. Кашин 110

Исследование микропластикового загрязнения прибрежной зоны г. Санкт-Петербург: связь с морским микромусором и атмосферными осадками
Г.А. Муратов, А.П. Педченко 112

Особенности пространственно-временной динамики пигментных характеристик фитопланктона в зоне слияния Оки и Волги
Д.В. Мушаков *115*

Математическое моделирование физико-механических свойств нитевидных рыболовных материалов
П.В. Насенков *119*

Об обеспечении единства измерений: важность в обыденной жизни и рыбохозяйственной науке
А.Н. Окатова, Д.А. Окатов, М.А. Салов *122*

Сообщество сахарины японской *Saccharina japonica* и серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в заливе Невельского (о-в Сахалин)
А.А. Парфентьев, Н.Ю. Прохорова *124*

Проектирование траловых досок
А.В. Пивоваров, А.А. Недоступ *126*

Продукционные характеристики популяции артемии в озере Медвежье Курганской области в 2021–2025 гг.
Л.Ф. Разова, Е.В. Бражников, К.В. Куцанов, А.Г. Герасимов *129*

Альтернативный способ консервирования *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*: их использование в качестве пищевых продуктов
А.Н. Рощина, А.В. Подкорытова *131*

Проектирование 3D-модели катамарана на основе лодки Wyatboat – 430
Е.И. Сергеев, А.А. Недоступ *134*

Роль молодежи и экосистемного подхода в развитии человеческого капитала рыбохозяйственного комплекса России
Е.Н. Серомаха *136*

Генетические характеристики европейской горбуши четных и нечетных лет нереста: сходства и различия
В.А. Сошнина, Д.А. Зеленина, И.И. Гордеев, Н.С. Мюге *139*

Взаимодействие моря и атмосферы: влияние теплообмена и адвекции на климатические условия Баренцева моря
А.А. Сумкина, В.В. Иванов, К.К. Кивва *141*

Особенности картины крови при повторном созревании зрелых самок бестера
Н.Ю. Терпугова, А.С. Сафронов, К.В. Суховер, В.В. Попов *143*

Методы инактивации вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани радужной форели in vitro: обзор и перспективы для вакцинопрофилактики
Е.А. Тюрина-Кузьмина, С.А. Рудакова *146*

Экспериментальные исследования по определению гидродинамического сопротивления орудий лова различной формы
В.И. Ухин, А.С. Шаратов *150*

Состояние и перспективы развития аквакультуры в Крыму
А.И. Федоренко *152*

Актуальные направления стандартизации пищевой рыбной продукции из икры рыб осетровых видов
Н.Н. Харченко *154*

Современные подходы к очистке морского побережья после разлива нефти
А.М. Хачатрян, Д.Д. Нагорный, А.В. Ивановская *157*

Развитие зоопланктона реки Северная Сосьва (приток нижней Оби)
Н.А. Шулика, О.В. Чувакова, Г.Х. Абдуллина *161*

Идентификация стерляди бассейна реки Северная Двина по генетическим маркерам
В.Д. Щербакова, А.Е. Барминцева, Н.С. Мюге *164*

Разработка оптимальных режимов кормления копепод *Arctodiaptomus salinus* микроводорослями для получения качественного стартового корма в морской аквакультуре
А.Р. Яховская, А.С. Бобова, Е.А. Заиченко *168*

Ответственный редактор Соколов Константин Михайлович

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Материалы XIII Международной научно-практической
конференции молодых ученых и специалистов

Подписано в печать 4.12.2025
Формат 70x100/16. Печ. л.11,0.